

Malá škola praktické elektroniky

I. díl



Vladimír Havlíček
Jiří Zuska

Obsah

1. Seznámení se seriálem	1
2. Základní pojmy elektrotechniky	2
3. Pro páječe a nepáječe	6
4. Jak a s čím se co dělá – co budete potřebovat	8
5. Červené světýlko – LED , zapojení, výpočet předřadného rezistoru, barevný kód odporů	8
6. Barevná světýlka – řazení LED paralelně, základní katalogové údaje, barvy, zvláštní LED	10
7. Tranzistor – princip, vzhled. Kondenzátor – kapacita, polarita, použití. Multivibrátor bliká a pípá	12
8. Blikač na kolo – LED paralelně, označování kondenzátorů, základní typy tranzistorů	13
9. Integrované obvody- časovač 555, číslování vývodů, funkce, logické kreslení schématu, zem je minus, trimr, nastavení rychlosti blikání a výšku tónu pípání, řada rezistorů	14
10. časový spínač s 555, připojení LED a přes spínací tranzistor žárovka, motorek, sirénka.	17
11. Pájení, odizolování vodičů, osazování plošných spojů, měřicí přístroj	19
12. Zesilovač, stínění, mikrofon	21
13. Měřicí přístroje a měření napětí, odporů, zkoušení diod a tranzistorů	23
14. Napájecí zdroje, návrh plošného spoje	26
15. Stabilizace napětí, stabilizátory pevného napětí, stabilizovaný zdroj.	28
16. Regulovatelný stabilizovaný zdroj, LM317	31
17. Síť nebo baterie?	32
18. Ručkový měřicí přístroj	35
19. Kde se berou plošné spoje?	37
20. Laděné obvody, jednoduchý přijímač pro SV s IO 1083 (A283)	40
21. Ještě trochu ladění a provedení cívky	43
22. Ještě trochu VF techniky – přímo zesilující přijímač AM	45
23. Laděné obvody pro VKV, přijímač s TDA7000	47
24. K přijímači patří anténa	50
25. Decibely?	52
26. K anténě patří kabel	55
27. Kouzelné krabičky – slučovač, rozbočovač, zesilovač	57
28. Příjem ze satelitů	60
29. Jaký satelit? Směrování antény	62
30. Měřicí přístroje – nf generátor, miivoltmetr, osciloskop	66
31. Měření nf zesilovače	68
32. Takový šikovný zesilovač (TDA 2822M a LM386)	71
33. Stereofonie	73
34. Koupená stavebnice – čteme a chápeme cizojazyčné návody	75
35. Co je v reprobedně? Výhybky, kmitočtová charakteristika	77
36. Reprosoustava vlastníma rukama? – vinutí tlumivek	79
37. Autorádio	81
38. Síťový transformátor	84
39. Zhodnocení a úprava síťového transformátoru	86
40. Návrh transformátoru	89
41. Co se starou CD-ROM?	90
42. Údržba a oprava mikropáječky	92
43. Dnes poznáme tyristor a triak	94
44. Regulátor výkonu s tyristorem a triakem	96
45. Bezkontaktní spínání	99
46. Optočlen, optotriak	100
47. Rozvod TV signálu v bytě	103
48. Anténní zesilovače	105
49. Připojení zesilovače k předzesilovači, přizpůsobení, zesílení	107
50. Zvláštnosti měření koncového zesilovače	109
51. Kombinované napájení akumulátor/síť, stabilizátor, elektronická pojistka	111
52. Princip stabilizovaného zdroje, řízení výstupního napětí	114
53. Oprava stabilizovaného zdroje	116
54. Stavba stabilizovaného zdroje	118
55. Konstrukce stabilizovaného zdroje - provedení	120
56. Spínání s relé	122
57. Použití relé	125
58. Napájení operačních zesilovačů, operační zesilovač, symetrický zdroj	128
59. Zdroje pro operační zesilovače, předzesilovač s OZ	130
60. Základní zapojení zesilovače s OZ	132
61. Vstupní impedance zesilovače	134
62. Lineární ohmmetr	136

63. Jiná verze lineárního ohmmetru	139
64. Mikrofon, druhy	141
65. Mikrofon, připojení	143
66. Mikrofon - parametry a vlastnosti, směrovost	145
67. Mikrofon - parametry a vlastnosti, citlivost, dB	148
68. Komparátor, připojení odporového čidla, termistor	150
69. Odporové čidlo, hystereze	152
70. Fotorezistor, fotodioda, fototranzistor	154
71. Fotorezistor, fotodioda, fototranzistor - aplikace čidel	157
72. Kandela - svítivost	159
73. Ještě se trochu vrátíme k zajímavým tématům	162
74. Napájení anténního zesilovače	164
75. Logické integrované obvody	167
76. Základní zapojení logických obvodů	170
77. Blikač s logickými obvody	173
78. Logické funkce NAND, NOR	176
79. Čítač, dělička	179
80. Vyhodnocení načítaného stavu	181

- každý měsíc nové konstrukce a stavebnice
- novinky ze světa elektroniky a elektrotechniky
- pravidelné rubriky a seriály
- veletržní zprávy
- soutěže

Seznámení se seriálem

Úvodem

Ačkoliv o elektronice bylo vydáno již mnoho publikací, domníváme se, že odborná literatura našim nejmladším čtenářům a studentům středních škol stále hodně dluží. Není sporu o tom, že elektronika je obor, který se rozvíjí nesmírně rychle. Přitom většina učebnic pro střední školy byla napsána již před mnoha lety. Dá se říci, že tyto učebnice popisují přesně a důkladně tehdejší stav techniky v tomto oboru, ten se ovšem od současného podstatně liší. Začátečník se při jejich studiu dost těžko orientuje v množství někdy okrajových a málo významných informací, vzorců a definic, takže těžko rozpozná, které z nich jsou důležité a pro další studium podstatné.

Bouřlivý rozvoj elektroniky, jehož jsme svědky, se netýká jen výpočetní techniky, kde jsou změny nejvíce vidět, ale i audio a videotechniky, radiotechniky či techniky telekomunikační. Ve všech těchto odvětvích a ještě v mnohých dalších se stále více uplatňuje digitální technika. Během života jedné generace prošla elektronika několika technologickými revolucemi, od elektronek přes tranzistory až k integrovaným obvodům. Popis některých nových technologií se podobá spíše „science fiction“ než technické informaci.

Jak tedy na to chceme jít my

Domníváme se, že při poznávání tohoto oboru je nutné zvládnout jeho základy ve stručné formě a tyto znalosti prů-

běžně rozšiřovat a prohlubovat. Budeme se snažit tímto kurzem vytvořit přehlednou učebnici, která začátečníkům umožní pestrou a přitažlivou formou vniknout do světa elektroniky. Ti, kteří tento obor studují, si mohou již získané znalosti zopakovat a své schopnosti uplatnit a prohloubit při realizaci praktických zapojení, která budou výklad doprovázet.

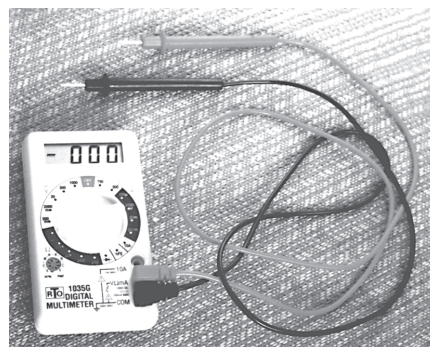
Naším společným cílem bude zvládnutí základních pojmů a zákonů elektroniky. Zvláštní pozornost přitom budeme věnovat zejména těm poznatkům, které jsou významné pro praktickou činnost. Nejdříve se seznámíme se základními pojmy a veličinami jako je proud, napětí, odpor, kapacita, indukčnost. Dále probereme základní vlastnosti stejnosměrného a střídavého proudu. Seznámíme se s vlastnostmi nejpoužívanějších pasivních součástek – rezistorů, kondenzátorů a induktorů. Získané poznatky uplatníme při popisu základních RCL obvodů (sériový a paralelní RC obvod, obvody RL, sériový a paralelní LC rezonanční obvod, Wienův článek, T články). Další výklad bude zaměřen na polovodičové součástky, kde se přes diody dostaneme k prvním aktivním součástkám, tranzistorům. A opět: tyto znalosti použijeme při popisu činnosti nejjednodušších elektronických obvodů, jako je stabilizátor napětí a jiné jednodušší obvody s tranzistory. A to už budeme v elektronice jako doma.

A jak chceme udržet váš zájem?

Teorii a praxi je nutné dělat současně. Bez teoretických znalostí nelze dosáhnout úspěchu v praxi, a naopak hodně poznatků a dovedností nelze získat jinak než praktickou činností. Proto se budeme snažit obojí spojit do jednoho harmonického celku.

Výběr námětů na vlastní konstrukce bude orientován na taková zapojení, která mají pro začínající radioamatéry praktický význam. Tak třeba hned z počátku si postavíme praktický univerzální napájecí zdroj, který budeme moci používat pro napájení dalších zařízení, realizovaných později.

1. díl



V moderních zapojeních se ve stále větší míře uplatňují integrované obvody (IO). Důvodem není jen nižší cena a menší rozměry obvodů s IO oproti tranzistorovým zapojením. Snižuje se i jejich spotřeba a výrobní náklady, zvyšuje spolehlivost a výsledné produkty zpravidla mají mnohem lepší technické parametry. Proto se v praktické části školy zaměříme na vlastnosti a základní aplikace moderních integrovaných obvodů jako jsou např. operační zesilovače, monolitické stabilizátory napětí, různé sdružené obvody (generátory, časovače) a další. Zapojení, které dříve nebylo možné vytvořit jinak než s použitím většího počtu tranzistorů, můžeme nyní realizovat jen s jedním, nebo několika málo integrovanými obvody a často v mnohem vyšší kvalitě. Proto je nutné neustále sledovat odbornou literaturu, zejména s ohledem na zavádění nových součástek a technologií.

Platí již nyní a bude to stále naléhavější, že technici musí studovat odbornou literaturu v originále, nejčastěji v angličtině. Naučit se cizí jazyk a zejména odbornou terminologii je časově náročné a namáhavé. Kdo to již alespoň částečně umí, je ve výhodě. Těm ostatním to chceme alespoň z počátku trochu usnadnit. U všech důležitých pojmů (napětí, proud, rezistor, kondenzátor, zesilovač, zdroj, zpětná vazba, zesílení, zkreslení, atd.) budou v závorce uvedeny anglické ekvivalenty. Čtenáři našeho časopisu tak mají možnost se bez větší námahy naučit odborné anglické terminologii, postačující k orientaci v odborných



člancích, katalogových listech apod., což jim vytváří lepší podmínky pro další studium a práci v tomto oboru.

Co budete potřebovat

Všechny mladé zájemce o elektroniku a zejména jejich rodiče upozorňuji, že k této činnosti je nutné vytvořit určité podmínky. Je třeba mít vyhrazený pracovní prostor, abychom nemuseli rozdělané věci a nářadí každý den uklízet. V kuchyni na jídelním stole se tato činnost dlouhodobě dělat nedá.

Základní vybavení začínajícího elektronika je poměrně skromné. Patří sem především dobrá páječka, pistolová nebo mikropájka. Nejlepší je mít obě. Mikropájku potřebujeme na pájení jemných spojů, integrovaných obvodů apod., pro připájení součástek se silnými vývody nebo při pájení na větších plochách měděné folie plošného spoje její výkon někdy nestačí, protože dochází k velkému odvodu tepla. Dále potřebujeme sadu menších šroubováků, malé stranové štípací kleště a kleště ploché, pinsetu, malou vrtačku, sadu menších pilníků a pilku. Někdy se neobejdeme bez „třetí ruky“, nahradí ji malý svěráček. Část těchto věcí už možná máte ve vybavení domácnosti.

Kromě nářadí budeme potřebovat univerzální měřicí přístroj, který měří napětí, proud a odpor, s ručkovým měřidlem nebo digitální. Takový přístroj je nyní již možné pořídit velmi levně, i za méně než 300 Kč.

S čím můžete počítat

Postupem času se sami vybavíte měřicími přístroji a přípravky, které budeme publikovat jako návody na stavbu. Výhoda tohoto postupu je zjevná. Nejen že si levně pořídíte potřebné vybavení, ale navíc se při tom v elektronice dále zdokonalíte. Budeme se také zabývat stavbou jednoduchých elektronických zařízení, použitelných v domácnosti, jako např. časový spínač, nabíječka akumulátorů a jiné „hračky“.

Později se začneme orientovat na elektroakustiku. Seznámíme se s vlastnostmi, principem činnosti a s parametry různých zdrojů nf signálu, zesilovačů a reproduktorových soustav. Postavíme si jednoduchý, ale kvalitní nf zesilovač s ekvalizerem a indikátorem vybuzení a případně i malý mixážní pult. Tato zařízení je v mnoha případech možné pořídit vlastními silami výrazně levněji, než při nákupu hotových výrobků.

Všechny teoretické články na sebe budou navazovat a při studiu každé ka-

pitoly budou k pochopení stačit znalosti, obsažené v kapitolách předcházejících. Rovněž konstrukční návody budou logicky seřazeny. Napájecí zdroj bude možné bez dalších úprav využít např. k napájení generátoru. Ten zase bude užitečný při oživování nf zesilovače, atd. Proto našim „žákům“ doporučujeme, aby si časopis kupovali pravidelně, nebo aby si zajistili jeho předplacení.

A nakonec to nejdůležitější

Při práci v oboru elektro nesmíme zapomínat na bezpečnost, protože úraz elektrickým proudem může mít velmi vážné následky. Proto budeme v této rubrice uveřejňovat návody na konstrukci přístrojů, které je možné napájet bezpečným napětím, buď z baterie nebo ze síťového adaptéru. Nákupu síťových napáječů bychom však měli věnovat velkou pozornost. Na trhu se stále (zejména ve stánkovém prodeji) vyskytují adaptéry pochybného původu, postrádající jakoukoliv dokumentaci, která by osvědčovala jejich kvalitu a hlavně bezpečnost. Doporučuji proto, nenechte se lákat nízkou cenou a kupujte jen výrobky, u kterých vám může prodejce předložit rozhodnutí o schválení od státní zkušebny (homologační protokol).

Základní pojmy elektrotechniky

Vážení přátelé, milí „žáci“,

vítáme vás všechny na první hodině praktické elektroniky a doufáme, že se vám náš způsob vyučování bude líbit. Proti běžným školám jsou jeho pravidla trochu jiná, vaše účast a aktivita je zcela dobrovolná. Tato okolnost může být vý-

hodou, jestliže se nám podaří přitažlivým obsahem a poutavou formou udržet vaši pozornost. Je totiž všeobecně známo, že to, co člověka baví, dělá obvykle nejlépe. Pokud se nám třeba některé věci nepodaří dostatečně a jasně vysvětlit, nebo pokud budete mít vlastní náměty na oži-

vení výuky, napište nám to. Alespoň částečně tak nahradíme chybějící přímý kontakt učitele se žáky.

Náplň jednotlivých kapitol koncipujeme tak, aby škola byla „stravitelná“ i pro začátečníky, zejména pak z řad mládeže. Při zavádění základních pojmů tedy dáváme přednost zjednodušeným, ale srozumitelnějším formulacím před přesnými definicemi, jejichž pochopení by vyžadovalo hlubší teoretické znalosti.

A teď, prosím, dávejte pozor, právě začínáme!

Základní pojmy elektrotechniky

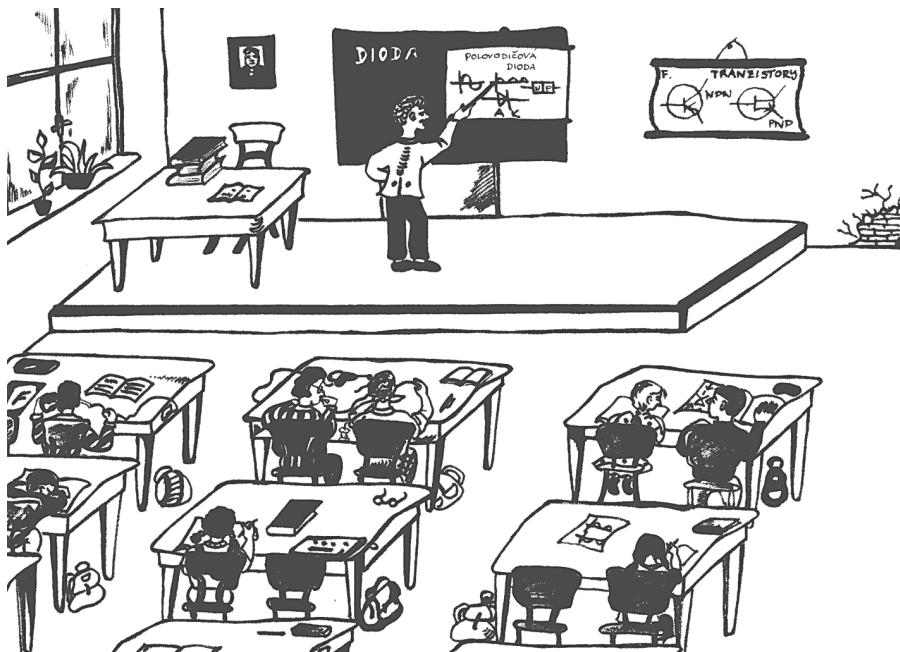
Základní veličiny, se kterými se v elektronice budeme setkávat doslova na každém kroku, jsou:

Elektrické napětí
Elektrický proud
Elektrický odpor
Elektrický náboj a kapacita

V praxi se slovo „elektrický“ běžně vynechává, protože věcná souvislost je vždy jasná a je to kratší. Pokud to z jiných důvodů nebude na závadu, budeme to dělat také.

Elektrické napětí

Elektrické napětí je rozdíl elektrických potenciálů mezi dvěma elektrodami



Důležitá poznámka:

Pamatujte si pro pořádek, odpor je vlastnost (vodičů, součástek, sepnutého kanálu tranzistoru MOS apod.), nikoliv název součástky. Na toto téma se vedou diskuse již řadu let, zatím bezvýsledně. Označení „odpor“ pro součástku, která se správně nazývá rezistor, je pouze slangové a jako takové je nelze používat ve veřejném písemném projevu. Ostatně nikoho nenapadne při popisu zapojení použít slovo „kondík“ nebo „trandák“, ačkoliv tyto výrazy jsou v radioamatérské hantýrce téměř stejně frekvencované.

nebo mezi dvěma místy v elektrickém obvodu.

Napětí (voltage) se označuje písmenem U . K vyjádření velikosti napětí používáme jednotku, která se nazývá volt a označuje se písmenem V .

K měření napětí používáme přístroje, jež se nazývají voltmetry.

V praxi se běžně říká, že v nějakém bodě obvodu (třeba na kolektoru tranzistoru) je nějaké napětí (třeba 6 V). Definice je to nesmysl, ale všichni tomu rozumí. Řekneme-li např., že plochá baterie má napětí 4,5 V, každý ví, že je to napětí mezi jejími vývody. Když tedy říkáme, že v určitém bodě elektrického obvodu je napětí 6 V, pak je to zpravidla vztaheno vůči nějakému společnému bodu který se obvykle nazývá „zemí“. V rozvodné síti elektrické energie je také napětí (střídavé), dokonce několik. Mezi dvěma fázovými vodiči je to např. 380 V, mezi některým z fázových vodičů a zemí (tou skutečnou, na které stojíme) je napětí 220 V. Právě odtud hrozí nebezpečí při manipulaci se zařízeními, která jsou napájena ze síťového rozvodu. Tím, že jsme prakticky stále „uzemnění“, jsme spojeni s jedním bodem síťového okruhu. Proto se také v okamžiku, kdy se dotkneme bodu druhého (některého z fázových vodičů) začne naším tělem protékat proud. Tím se vlastně staneme spotřebičem elektrické energie se všemi (často velmi tragickými) následky.

Otázky bezpečnosti jsou všeobecně podceňovány a opomíjeny. Přitom právě začátečníci a laici jsou ohroženi nejvíce. Proto se k tomuto tématu budeme vracet vždycky, když to bude vzhledem k náplni praktické části seriálu aktuální.

Elektrický proud

Elektrický proud je uspořádaný tok elektronů. Vzniká tehdy, pokud dvě místa uzavřeného elektrického okruhu, mezi kterými je napětí, propojíme nějakým vodičem.

Proud (current) označujeme písmenem I . K vyjádření velikosti (intenzity) proudu používáme jednotku, která se nazývá Ampér a označuje se písmenem A .

K měření proudu používáme přístroje, které se nazývají ampérmetry.

Elektrický odpor

Elektrický odpor je vlastnost materiálů (případně součástek), která se projevuje tím, že brání průtoku elektrického proudu.

Odpor (resistance) značíme písmenem R . K vyjádření velikosti odporu používáme jednotku, která se nazývá Ohm a označuje se řeckým písmenem Ω /omega/.

K měření odporu používáme přístroje, které se nazývají ohmmetry.

Elektronické součástky, jejichž charakteristickou vlastností je odpor, se nazývají rezistory.

Vzájemný vztah tří uvedených základních elektrických veličin je vyjádřen takzvaným Ohmovým zákonem, ke kterému se brzy dostaneme.

Elektrický náboj a kapacita

Kapacita (capacity) je schopnost skladovat (akumulovat) elektrický náboj (charge).

K vyjádření velikosti kapacity používáme jednotku, která se nazývá Farad.

Kapacitu jeden farad má takový kondenzátor, který při napětí 1 V akumuluje náboj o velikosti 1 C (jeden Coulomb). Je to stejný náboj, jaký proteče vodičem za jednu sekundu při proudu 1 A.

Elektronické součástky, jejichž charakteristickou vlastností je kapacita se nazývají kondenzátory.

Je všeobecně známo, že schopnost skladovat elektrickou energii mají také akumulátory, které jsou běžnou součástí života každého z nás. U nich však dochází k akumulaci náboje na základě úplně jiného (elektrochemického) principu.

Ohmův zákon

Věnujte mu náležitou pozornost, protože je to patrně nejdůležitější zákon v elektronice. Bez jeho dokonalé znalosti se neobejdeme, protože ho budeme používat velmi často, prakticky na každém kroku. Komu přejde jakoby „úplně sám“ do krve a mozku, má talent pro elektroniku.

Tento zákon nám říká, že velikost proudu, protékajícího vodičem, je přímo úměrná velikosti napětí na tomto vodiči a nepřímo úměrná odporu vodiče. Velmi snadno pak můžeme vyjádřit Ohmův zákon jednoduchou rovnicí:

$$I = U / R$$

Úpravou rovnice, kterou snadno zvládne každý školák, získáme vztah:

$$U = I \times R$$

S jeho použitím můžeme vypočítat velikost napětí na vodiči se známým odporem, pokud jím protéká proud známé velikosti.

Třetí tvar rovnice, rovněž vycházející z Ohmova zákona je tento:

$$R = U / I$$

Použijeme jej tehdy, když budeme chtít vypočítat odpor vodiče, kterým protéká proud o známé velikosti, jestliže známe současně i velikost napětí mezi oběma konci vodiče.

Velmi dobrou pomůckou pro zapamatování správného tvaru výrazu, vyjadřujícího Ohmův zákon, je jeho grafické vyjádření v podobě trojúhelníku (viz obr.).



Potom si stačí zapamatovat, že značka napětí (U) je nahoře, zvýrazněná příčká pod U má význam jako zlomková čára a tečka mezi spodními symboly je znaménko násobení. Jak sami vidíte, všechny tři uvedené tvary Ohmova zákona jsou z obrázku dobře odečitelné.

Na závěr teoretické části ještě jednu poznámku. Při definici proudu a při slovním vyjádření významu jednotlivých tvarů Ohmova zákona byl několikrát použit termín „vodič“. Je třeba jej chápat nejen jako kousek drátu, propojujícího elektrický obvod, ale obecně jako součástku, schopnou (lépe či hůře) vést elektrický proud. Může to tedy být skutečně jen kus drátu (pak může být jeho odpor malý), nebo třeba vlákno žárovky či spirála u vařiče. Může to ovšem být také rezistor, jehož odpor může být v rozsahu od desetin ohmu až po miliony ohmů. Pokud platí, že odpor daného vodiče je stálý, pak také platí i Ohmův zákon. Později uvidíme, že to zdaleka není vždy tak jednoduché. Jak to opravdu funguje, to si už brzy sami zkusíte.

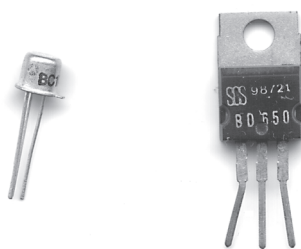
A teď už konečně něco praktického

Ne, páječku ještě do ruky neberte. Než začneme něco stavět, musíme se alespoň trochu vyznat v součástkách. Jinak by místo radosti nad fungujícím zařízením mohlo přijít zklamání. Kromě toho, někteří z vás ještě ani nepájeli a to se také budeme muset naučit. Takže pěkně popořádku, nejdříve ty součástky.

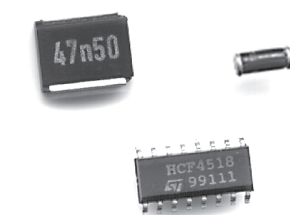
Součástky a jejich třídění

Přehledná kategorizace součástek (component, device) je při jejich dnešní rozmanitosti dosti složitá a obtížná. Pro naši potřebu a základní orientaci nám zatím musí stačit jen hrubé rozdělení. Podle něho budeme rozlišovat součást-

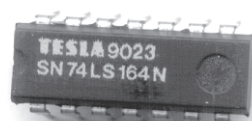
Ukázky různých typů součástek



Tranzistory



SMD součástky jsou opravdu miniaturní (2x zvětšeno)



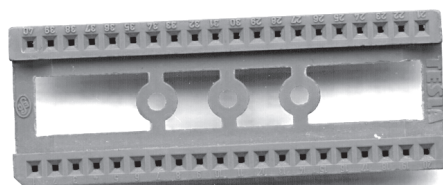
Integrované obvody



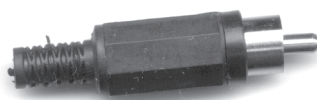
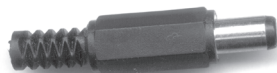
Trimry



Potenciometry



Patice



Konektorů existuje obrovské množství nejrůznějších druhů

ky aktivní a pasivní. K aktivním součástkám počítáme skoro všechny součástky polovodičové (snad kromě diod a některých dalších speciálních prvků), nejznámější představitelé této skupiny jsou tranzistory (transistor) a integrované obvody (integrated circuit). Mezi pasivní součástky patří rezistory (resistor), kondenzátory (capacitor), indukty (inductor – často označované jako cívky nebo indukčnosti), různé druhy diod (diode) a další. Samostatnou skupinu pak tvoří tzv. konstrukční prvky. K nim patří přepínače (switch) otočné, páčkové, tlačítkové, potenciometry (potentiometer), transformátory (transformer), konektory (conector), pojistky (fuse), patice (socket) a další. Jednotlivé vyjmenované položky můžeme dělit dál. Tak třeba diody – mohou být usměrňovací (rectifier), svítivé (light emitting diode, zkratkou LED), spínací, Zenerovy, kapacitní, Schottkyho a ještě mnoho dalších. A aby toho nebylo málo, v době poměrně nedávné ke klasickým součástkám přibyla ještě rodina součástek pro technologii povrchové montáže (surface mountage technology, zkratkou SMT). Tyto součástky, mezi nimiž se znovu opakují všechny druhy součástek klasických (tedy rezistory, kondenzátory, diody, tranzistory, integrované obvody atd.) se označují zkratkou SMD (surface mountage device).

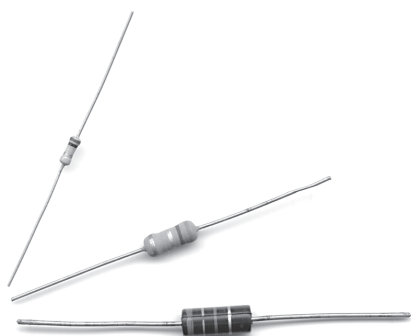
Takhle bychom mohli pokračovat ještě několik stránek, to by teď ovšem bylo předčasné. Dobrá orientace v součástkách je ale pro elektroniku velmi důležitá a proto doporučujeme ke studiu velmi vhodnou a docela poutavou (i když trochu netradiční) literaturu, což jsou katalogy elektronických součástek příslušných prodejen a firem.

Základní elektronické součástky

1. Rezistory

Rezistor je jedna ze základních a nejrozšířenějších součástek v elektronice. Vlastností rezistorů je jejich elektrický odpor, který kladou průtoku elektrického proudu. Velikost odporu rezistorů se běžně pohybuje v rozmezí od desetin ohmu až do milionů ohmů. Aby bylo možné zápis označení odporu rezistoru zkrátit, používá se systém násobících předpon kilo (krát tisíc) a mega (krát milion). Např. rezistor s odporem 10 000 ohmů se označuje jako 10 kW (čteme deset kiloohmů), podobně místo 1 000 000 ohmů napíšeme jen 1 MW a čteme jeden megaohm.

Rezistory se podle velikosti odporu vyrábí v tak zvaných řadách. Většinou se používá řada E12, u které je v roz-



**Ukázka rezistorů
(ve skutečné velikosti)**

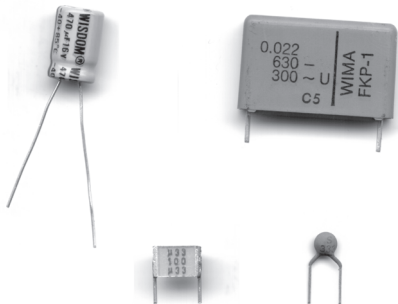
mezí jedné dekády k dispozici dvanáct hodnot. Začíná se u hodnoty 1 a každá další je přibližně 1,2 násobek předcházející – viz výše zmíněné katalogy součástek.

Velikost odporu je na každém rezistoru vyznačena. Dříve to bylo na jeho tělísku přímo vypsáno s použitím uvedených násobících předpon, přičemž písmeno předpony zároveň nahrazovalo desetinnou čárku (např. rezistor s označením 4k7 měl 4,7 kiloohmů). V současné době již všichni výrobci používají barevný kód, kde je velikost vyznačena na každém rezistoru sadou barevných proužků.

Kromě velikosti odporu je důležitým parametrem rezistoru také jeho výkonová zatížitelnost, která se udává ve watttech (o výkonu elektrického proudu si budeme si povídat příště, teď jenom tolik, že tato veličina se označuje písmenem W). V praxi vystačíme ve většině případů s rezistory, dimenzovanými pro výkon 0,25 W, ale běžně dostupné jsou rezistory pro výkon až několik W.

2. Kondenzátory

Vedle rezistorů patří kondenzátory k nejpoužívanějším pasivním součástkám. Požadavky elektronické praxe jsou takové, že rozsah velikosti kapacity vyráběných kondenzátorů je obrovský, je rozložen přes 10 řádů (dekád). Protože základní jednotka kapacity farad je pro praxi příliš velká, používají se pouze jednotky menší (milifarad, mikrofarad, na-



**Různé typy kondenzátorů
(skutečná velikost)**

nofarad a pikofarad). Vedle velikosti kapacity je důležitým parametrem kondenzátorů napětí, které můžeme na kondenzátor přivést, aniž by došlo k elektrickému průrazu dielektrika. Podle druhu materiálu dielektrika jsou k dispozici kondenzátory elektrolytické, keramické, papírové a kondenzátory s dielektrikem z umělých hmot. Použití dielektrikum je zpravidla hlavním faktorem, jež určuje oblast použitelnosti daného typu kondenzátoru.

Velikost kapacity a provozního napětí bývá většinou na kondenzátorech vyznačena číselně-písmenným kódem. Tak jako rezistory se i kondenzátory vyrábí z hlediska velikosti kapacity v řadě E12, kondenzátory elektrolytické v řadě E6. Elektrolytické kondenzátory mají na pouzdrů vyznačenou polaritu, jakou může mít napětí, jež je na ně připojeno. Přepólování kondenzátoru vede zpravidla k jeho zničení. Také zde odkazujeme čtenáře na katalogy prodejen elektronických součástek jako na dobrý zdroj dalších, pro praxi důležitých informací.

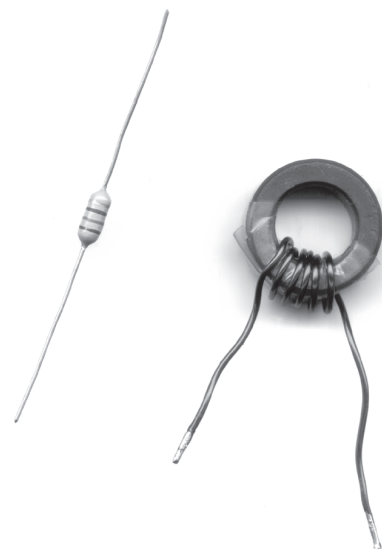
3. Induktory

Induktory (dříve označované jako cívky či indukčnosti) jsou součástky, jejichž charakteristickou vlastností je indukčnost. Používají se především ve vysokofrekvenčních obvodech a v poslední době také ve spínacích zdrojích. Protože se k jejich využití zatím nechystáme a indukčnost jako elektrickou veličinu jsme též neprobírali, vrátíme se k těmto součástkám později.

4. Diody

Jak už jsme uvedli v úvodu pojednání o součástkách, výrobci polovodičových součástek nabízí nepřeberné množství druhů diod pro různá použití. My se zatím soustředíme na diody pro dva účely použití, které také budeme brzy potřebovat. Jsou to diody usměrňovací a diody svítivé. Jejich názvy již předem určují i jejich použití. Usměrňovací diody většinou používáme k usměrnění střídavého proudu, nejčastěji v napájecích zdrojích, nabíječkách apod. Diody svítivé se používají k optické signalizaci, jako kontrolky zapnutí, indikátory vybuzení nebo jako výstupní prvky efektových zařízení a hraček.

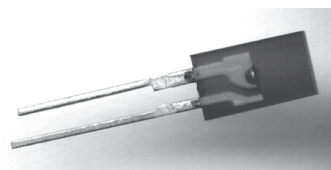
Všechny diody mají dva vývody (anodu a katodu), které nesmíme v zapojení zaměnit, protože to v lepším případě způsobí jeho nefunkčnost, v případě horším zničení diody nebo i dalších součástek. Diody vedou elektrický proud pouze jedním směrem a sice tehdy, když je anoda diody kladnější než katoda. Jsou tedy schopné řídit směr protékajícího proudu, tedy jej usměrňovat. To je



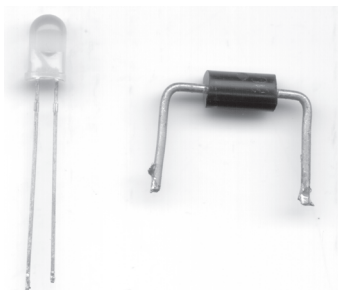
Dva různé induktry

jejich základní vlastnost, která se pak využívá v jednotlivých typech elektronických obvodů, ať už se jedná o napájecí zdroje, detektory, spínače ochranné obvody a další.

Zvláštní skupinu diod tvoří tzv. svítivé, svítivé nebo také světlo emitující diody. Označují se všeobecně zkratkou LED podle anglického názvu „light emitting diode“, v elektronické hantýrce jsou to prostě jen „ledky“. Jak je již v jejich názvu obsaženo, tyto diody při průchodu proudem svítí. Chceme-li se vyjádřit odborněji, řekneme, že generují elektromagnetické vlnění o kmitočtu, na který je citlivé lidské oko. Vyrábí se v mnoha typech a provedeních, která se liší barvou vyzařovaného světla (žluté, červené, zelené a v poslední době i modré), tvarem (kulaté, čtvercové, trojúhelníkové, obdélníkové), rozměry, způsobem montáže a dalšími znaky. V poslední době dostaneme také LED, které samy blikají nebo takové, které jsou schopné svítit dvěma barvami. Svítivé diody jsou dnes nepostradatelnou součástkou prakticky ve všech oblastech elektroniky, od spotřební až po průmyslovou. Nejen že jako součást displejů zvládly celou novou oblast součástkové základny pro elektroniku, ale jako indikační prvek úplně vytlačily dříve používané žárovky a doutnavky. Různá zapojení se svítivými diodami vždy byla a patrně ještě nějakou dobu budou oblíbeným a vděčným námětem pro amatérskou tvořivost.



Svítivá dioda (2x zvětšeno)



Diody (skutečná velikost)

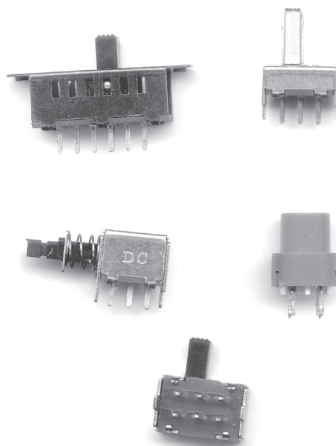
Hlavní parametry diod jsou závěrné napětí a propustný proud. Tyto hodnoty jsou pro daný typ diody předepsány výrobcem a nesmějí se překračovat. Překročíme-li velikost dovoleného závěrného napětí nebo propustného proudu, může dojít k nevratným změnám na polovodičovém přechodu diody, znemožňujícím její další použitelnost.

5. Vypínače a přepínače

Vypínačem (switch) můžeme propojit nebo naopak přerušit cestu (tok) elektrického proudu v určitém obvodu, jednoduše vypnout nebo zapnout. Často je využíváme jako hlavní vypínače v přívodech napájecího napětí u různých zapojení nebo zařízení. Mívají tedy dvě polohy, v jedné poloze jsou jejich vnitřní kontakty sepnuty, tím jsou jejich vývody zkratovány a proud může procházet z jednoho vývodu ke druhému. Ve druhé poloze jsou kontakty rozpojeny a proud pochopitelně neprochází. Vyrábí se jako jednoduché, dvojité i více-

násobné. Konstrukce vypínače je vytvořena tak, aby snesl určité napětí mezi rozpojenými kontakty, aniž by došlo k nežádoucímu průchodu proudu (přeskokům). Tyto vlastnosti u vypínače musíme „hlídat“ zejména tehdy, použijeme-li jej v okruhu síťového rozvodu.

Přepínačem můžeme zvolit pro průchod elektrického proudu některou z několika možných cest. Používá se spí-

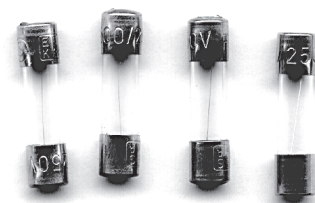


Diody (skutečná velikost)

še pro přepínání slaboproudých signálových okruhů, může být rovněž jedno či vícenásobný, počet poloh bývá až 12 i více.

6. Pojistky

Pojistka (fuse) je úmyslně zeslabené místo v elektrickém okruhu. Jejím úko-



Pojistky

lem je chránit další součástky v elektronickém obvodu nebo celé zařízení před zničením, pokud by došlo v důsledku jiné poruchy nebo naší chyby k přílišnému nárůstu protékajícího proudu. Pokud velikost proudu přestoupí hodnotu, na kterou je pojistka dimenzována, dojde k přepálení vodiče v pojistce a tok proudu je přerušen. Pojistky pro elektroniku mají tvar malé skleněné trubičky, uzavřené z obou stran kovovými čepičkami, jež jsou vnitřkem trubičky propojeny tenkým vodičem.

7. Transformátory

Transformátory (transformer) slouží k přeměně (transformaci) napětí v obvodech střídavého proudu. Velmi často je používáme u napájecích zdrojů, kde snižují napětí elektrovedné sítě z 220 V na velikost, potřebnou pro napájení elektronických obvodů, např. na 12 V. Významné je i to, že zároveň také oddělují napájené okruhy od síťového rozvodu, což je z hlediska bezpečnosti velmi důležité.

Pro páječe a nepáječe

Z důvodu nemoci našeho kolegy, který pro vás připravuje seriál Malá škola praktické elektroniky, uděláme v tomto čísle malé intermezzo a věnujeme dnešní díl trochu jinému pojetí školy. Kdybychom byli v autoškolě, řekl bych, že se přestaneme učit značky, vyjdeme ze třídy a půjdeme si trochu zajezdit. A omlouvám se předem panu učiteli, jestliže někdy řeknu rezistoru odpor.

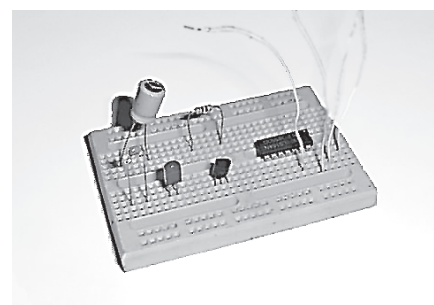
Základní věc – spojování součástek. Úplný začátečník má v podstatě dvě možnosti – pájet či nepájet. Osobně bych se přimlouval za pájecí variantu, protože každý, kdo elektroniku neopustí po pár měsících, dříve nebo později pájku do ruky vezme. Kdo ještě neví, jak to s ním bude, nebo má doma krásné nevyužité kontaktní pole a nemá pájku (nebo na pájku :-), budiž zařazen do skupiny nepáječe.

Pro nepáječe

Začneme od úplného začátku. Dráty jsou z kovu. Může to být měď, hliník, železo a určitě spousta dalších kovů. Drá-

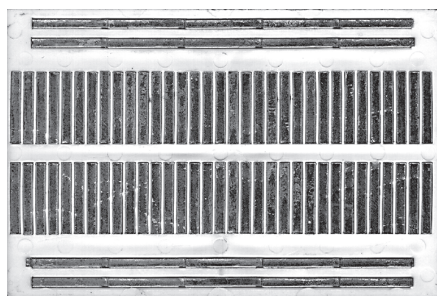
ty, které používá průměrný bastlíř, jsou obvykle z mědi. Dráty používáme většinou proto, aby jimi tekla proud a aby napětí mezi věcmi, které drátem spojíme, bylo zanedbatelné. Podle Ohmova zákona (chválabohu, že už známe aspoň ten Ohmův zákon) napětí na vodiči se rovná proud krát odpor. Říká se, že kovy jsou dobré vodiče – to je totéž, jako když řekneme, že mají malý odpor. Pro představu – odpor obyčejného obuškového (to neříkám proto, že by bužírka měla vliv na odpor drátu, ale aby bylo jasno o jaký drát jde – i s bužírkou je tlustý asi tak 1 mm) drátu dlouhého asi 15 m je ... moment, musím to změřit ... 1,5 Ω. To je „relativně“ malý odpor. Když vezmeme dva dráty, oholíme jim konce a tyto přiložíme k sobě, musíme proud, který má v drátu ke svému „tečení“ celý průřez (plochu, kterou má měď, když drát přerážneme), procházet v místě dotyku malinkatou ploškou, která má průřez větší než žádný jen díky tomu, že měď je měkká. Čím víc dráty k sobě přitlačíme, tím větší je tato ploška. Odpor, který toto úzké mís-

3. díl



Nepájivé kontaktní pole

to pro proud představuje, může být třeba jen setina ohmu, ale také několik desítek ohmů a pokud je drát zoxidovaný, špinavý nebo zapomeneme oholit bužírku, může být až tak velký, že nejde změřit. Když strčíme drát do kontaktního pole, mezi pružinkou v poli a drátem je právě takové úzké místo pro proud. Nikdo neví, jak je ta pružinka zoxidovaná a tak si nikdy nemůžu být jistý, že mezi drátem a pružinkou je dobrý kontakt (že kontakt má malý odpor – to je totéž). Zatím to vypadá, že chci zase nepáječe přetahovat



**Nepájivé kontaktní pole
(pohled zespodu)**

do tábora páječů, ale je to úplně jinak. Sám kontaktní pole používám, například i konstrukce z obálky tohoto čísla ve svém embryonálním stádiu sídlila na několika kontaktních polích. Chtěl jsem jen upozornit na jev, který by měl mít každý, kdo se na jakékoliv úrovni zabývá elektřinou, stále na paměti. Žádný kontakt není dokonalý, nikdy se nedá stoprocentně spoolehnot ani na ten nejlepší a nejdražší kontakt, i kdyby byl ze zlata. Když je v nějakém zapojení najednou z neznámých důvodů něco špatně, ze všeho nejdřív zkontroluji kontakty. Ale přesně totéž, co o kontaktech, se vlastně dá říci o všech součástkách. A vlastně o všech věcech a lidech na světě.

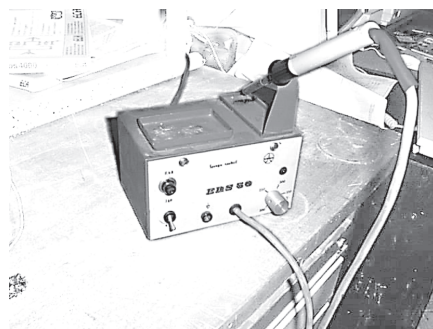
Pro páječe

Začneme od úplného začátku. Dráty jsou z kovu ... dále viz odstavec Pro nepáječe.

Páječka je věc, která má hrot tak horký, že se s ním dá roztavit cín. Páječce se normálně říká pájka, protože je to kratší. Cín vlastně není cín, ale slitina cínu, olova a ještě něčeho dalšího – to už bývá různé. Proto se také cínu nemá říkat cín, oficiální název je pájka. První věta tohoto

odstavce je tedy úplně špatně. Správně se páječkou taví pájka. My ale budeme pájkou tavit cín (aspoň v dnešním díle školy). Pájka může být buď pistolová (foto v letošním čísle 1), nebo mikropájka (foto dnes). Už z názvu vyplývá, že mikropájka je spíš na menší věci. Můžu ale uklidnit potenciální silnoprůdače vlastní mikropájku i mikroelektroniky vlastní pistolí. Zkušenosti potvrzují, že pájet se dá cokoli čímkoli, hlavní je, na co je člověk zvyklý, co mu přirostlo k ruce.

Při pájení nestačí obalit spojované dráty tak mohutně cínem, aby držely u sebe. Nejde nám o mechanické spojení, ale o dobrý elektrický kontakt (viz opět Pro nepáječe). Cín se musí do povrchu kovu vsáknout, stejně jako se voda vsáknou do látky. Když ale látku podchlazenou na mínus 180 °C jen tak polijeme a vodu necháme okamžitě zmraznout, nevsáknou se nic. Cín mrzne při zhruba 200 °C. Hrotem pájky musíme roztavit nejen cín, ale i pořádně nahřát pájený kov, jinak vznikne takzvaný studený spoj čili studeňák. Nejzákeřnější studeňáky jsou ty, které hezky vypadají. Proto: horší, než ten, kdo neumí pájet, je ten, kdo umí pájet hezky a neví, že musí spoj důkladně prohřát. Je to opravdu velmi důležité. Stejně důležité je, aby cín nebyl přepálený. To je, když cín nabrání na hrot pájky delší dobu prohříváme, až najednou zmatní a změnu jeho fyzikální konzistence poznáme po prvním pokusu něco připájet. K tomu, aby byl cín stále lesklý a krásný, nám dopomáhá časté používání kalafuny. Existují určitě i jiné věci pro tento účel, ale z vlastní zkušenosti mohu mluvit jen o kalafuně a jen v tom nejlepším. Vzpomínám ovšem na pájecí pastu Eumetol, jejíž slitina s kalafunou (získaná jednoduše nahřátím pájkou v nádobce k tomu určené) měla vlastnosti ještě znamenitější než samotná kalafuna. Eumetol sám o sobě nebyl nic moc, hlavně proto, že kvůli své řídkosti za vyšších teplot málo ulpíval na hrotu. Ve směsi se ale jeho antioxidové vlastnosti zřejmě projevovaly stejně a kalafuna ztratila svou velice nepříjemnou pukavost a roztržitelnost. Jestli je Eumetol k dostání i dnes, nevím. Většina bastlířů používá k pájení trubičkový cín, který ve své průběžné dutině obsahuje určité množství nějaké náhražky za kalafunu. Toto množství stačí za předpokladu, že pájíme samé dokonale čisté nebo už pocínované věci. Nikdo se ale nevyhne potřebě čas od času připájet nebo pocínovat špinavý, mastný kov. V těchto chvílích je nádobka s kalafunou na stole bastlíře naprosto nepostradatelná. Když už jsem se zmínil o špině a mastnotě – zde zase výborně sedí přirovnání s vo-



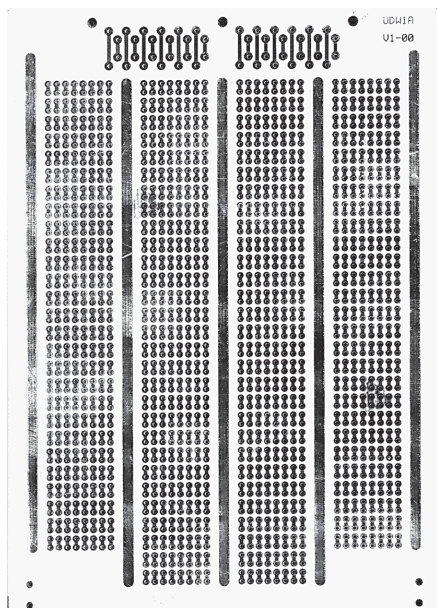
dou a látkou. Promaštěná látka se namáčí určitě hůř, než čistá a suchá. Některé kovy (např. hliník) jsou dokonce z tohoto pohledu rovny igelitu, pájet se prostě nedají. I když – všechno jde, když se chce. Stačí prolisovat pár starších ročníků Amatérského radia, kolik vyšlo různých rad a návodů, jak pájet hliník. Takže spíše než k igelitu můžeme nakonec hliník přirovnat ke stanovému plátnu.

Opět musím použít to přirovnání. Nejlépe se určitě namáčí mokrá látka. Když chceme spájet dva předem pocínované dráty, máme mnohem jednodušší situaci, protože už je „vsáknuto“. Zásada – nejdřív pocínovat každý díl zvlášť a pak teprve spájet – může připadat začátečníkovi jako školní teorie a sotva se to trochu naučí, už si myslí, že může pájet rovnou nepocínované dráty. Omyl. Praxe ukazuje, že čím zkušenější páječ, tím důsledněji uvedenou zásadu dodržuje, pokud je to možné. Důvod je prostý – o zákeřnosti studeňáků už byla řeč.

Když pájíme na plošné spoje, čili plošňáky, platí zásada o pocínování sice také, ale mnohdy se nedá dodržet. Na pocínovaném pájecím bodu totiž cín zakryje i otvor pro nožičku součástky a to by značně zkomplikovalo osazení, pokud je vývodů víc. Profesionálně vyráběné desky mají měď už pocínovanou, nebo jinak upravenou, desky zhotovené doma místo cínování nejprve přebrousíme jemným smirkovým papírem a pak natřeme roztokem kalafuny v lihu. Funguje to výborně, dokonce líp než pocínování, pokud bylo provedeno před lety.

Páječi vlastní pistolovou pájku musí dávat pozor, aby teplota měděné vrstvy na desce nebyla zbytečně vysoká, protože by došlo k odloupení mědi od podkladu. Mikropáječi musí dávat také pozor, ale menší, protože hrot mikropájky má stabilizovanou teplotu, která je mnohem menší, než maximální teplota očka pistole, když zapomene vypnout.

Na plošňáky lze pájet i „amatérskou SMT“, čili bez vrtání otvorů. Doporučuji to zejména těm, kdo mají k dispozici např. pouze tatínkovu vrtačku určenou k provrtávání zdi. Součástky se umísťují ze strany mědi a je nutné s tím počítat už od začátku, když plošňák navrhujeme, ale



Deska univerzálního plošného spoje

hlavně když potom obrazec přenášíme na měď. Zapomětlivost má v tomto případě za následek nepříjemné úkony, jako „obracení švábů naruby“ – ohýbání nožiček integrovaného obvodu směrem nahoru.

Extrémně líným bastlířům doporučuji technologii „hnízdo“ čili „do vzduchu“. Název je dost výstižný, není třeba vysvětlovat o co jde. Sám jsem kdysi „vyrobil“ dvourozsaňový sinusový generátor 10 Hz až 20 kHz, který spolehlivě sloužil několik let

a jehož jedinou „kastlí“ byl polystyrénový tácek od párku, na kterém hnízdo leželo.

Tak. Moc jsme si sice nezaježdili, ale co můžeme chtít, když zatím o autech víme jenom to, že mají dvě až tři kola, podle úhlu pohledu.

Jak a s čím se co dělá – co budete potřebovat

Zůstaneme dnes ještě chvilku u tématu „jak a s čím se co dělá“. Jak si možná vzpomenete, v první kapitole našeho seriálu byl mimo jiné též odstavec s názvem Co budete potřebovat. Jeho obsah, věnovaný přehledu základního vybavení, si dnes trochu rozvedeme a doplníme.

Z hlediska vybavení mohou být výchozí podmínky jednotlivých čtenářů velmi rozdílné – někdo třeba nemá z uvedeného nářadí k dispozici vůbec nic, jiného zas třeba řemeslnicky orientovaný otec rád pustí do vlastní dílničky. Každý tedy bude muset při vybavování své radioamatérské laboratoře vyjít ze své konkrétní situace. Předem bychom se však měli rozhodnout, zda si vybavení pořídíme postupným dokupováním jednotlivých kusů nářadí nebo zda koupíme rovnou celou sadu. Při této úvaze je důležitou okolností především velikost prostoru, ve kterém si chceme svoji laboratoř zřídit. Pokud máme k dispozici malou místnost (třeba jen komůrku), nebo alespoň její část, kterou můžeme pro svého koníčka plně vyhradit, je patrně výhodnější pořízovat vybavení postupně ve shodě s rozvojem vlastních dovedností, potřeb a zkušeností. Potom můžeme nářadí rozvěsit přehledně a dosažitelně kolem pracovního místa a některé jeho části případně ponechat trvale na pracovním stole. Pokud ale žijete v malém městském bytě, kde není možné jeho část trvale obětovat, pak se asi musíme spokojit třeba se sdílením času se sourozenci u psacího stolu apod. V takovém případě bude vhodnější pořídit si sadu nářadí v kufríku nebo kazetě. Velmi se tím zjednoduší úklid nářadí po skončení práce.

Abychom čtenářům mohli poskytnout o tomto sortimentu alespoň základní informace, udělali jsme si orientační průzkum trhu. Můžeme říci, že v současné době má v prodeji nejširší sortiment nářadí pro naši potřebu firma GM electronic. Její nabídka obsahuje nejen jednotlivé kusy nářadí (kleště, šroubováky, páječky apod.), ale také asi 25 typů sad nářadí, lišících se svým obsahem a samozřejmě i cenou. Dá se říci, že většina z nich je (více či méně) vhodná pro elektronika. Při výběru sady bychom neměli na její cenu hledět jen jako na cifru. Nej důležitější je poměr mezi cenou na jedné straně a vybaveností a kvalitou jednotlivých kusů nářadí na straně druhé. Podle mého názoru je z tohoto hlediska nejlepší kufríková sada s označením N-BST-178, i když její cena mírně přesahuje 6 tisíc korun. Platí totiž takové takové pravidlo: když nejsem bohatý, nemohu si dovolit kupovat levné věci (rozuměj – šmejdy na jedno použití). Konečné rozhodnutí o výši této investice ale nakonec musí každý udělat sám. Hlavně se ale sami sebe nejdříve zeptejte, do jaké míry to s elektronikou myslíte vážně.

Samostatná záležitost je volba páječky. Domnívám se, že pro amatérské účely je alespoň zpočátku nejvhodnější traťopájka, tak zvaná „pistola“. Je pravda, že práce s ní vyžaduje větší šikovnost (zejména při pájení plošných spojů s větší „hustotou“), tato vlastnost však je radioamatérům vrozená. Při nákupu nás traťopájka potěší přijatelnou cenou, při práci pak oceníme její univerzálnost. Pro pájení součástek do jemnějších plošných spojů je sice ideální mikropájka s regulací teploty hrotu, ale její cena se pohybuje od

dvou tisíc korun výše a alespoň ze začátku se bez ní určitě obejdeme. Levné elektrické páječky bez regulace a páječky plynové nejsou pro amatérské „bastlení“ vhodné. Proto se nedejte zlákat jejich poměrně nízkou cenou. Hroty těchto pájek jsou stále v důsledku trvalého přehřívání „opálené“, mají malou životnost a pájka je nesmačí. Tyto páječky jsou vhodné spíše „do terénu“, pro jednorázové použití (jako například pro opraváře, který po nalezení závady ve vašem televizoru pouze zapájí vadný spoj).

Další velmi užitečnou pomůckou je odsávačka. Využijeme ji nejen při změnách zkušebních zapojení a výměnách vadných součástek, ale také při rozebírání obvodů na deskách s plošnými spoji. Tímto způsobem se můžeme levně dostat ke kvalitním součástkám, takže odsávačka se nám časem sama zaplatí. Existuje mnoho bazarů, kde je možné za pár korun koupit nefunkční desky z počítačů nebo jiných elektronických zařízení, někdy takový „šrot“ dostaneme třeba jen za odvoz. Tímto způsobem se můžeme levně zásobovat zejména kondenzátory, diodami či tranzistory, potenciometrickými trimry a v případě nouze snad i rezistory. Tyto součástky totiž lze vyjmout poměrně snadno a také můžeme velmi jednoduchými prostředky prověřit jejich kvalitu. Získávat touto metodou integrované obvody je problematické, asi to vypadá poněkud paradoxně, ale prostě se to nevyplatí. Nejde totiž jenom o to, že jejich vyjímání je bez speciálních pomůcek dosti obtížné. Před jejich dalším použitím bychom měli ověřit, že jsou plně funkční, což je nejen velmi pracné, ale někdy i náročné na přístrojové vybavení.

5. díl

Červené světýlko

V mnoha přístrojích je funce indikována barevným světýlkem. Je menší než žárovka, má menší odběr proudu a může být barevné. Zopakujeme si, že součástka se jmenuje LED a mezi techniky se jí říká „ledka“, aby se to lépe vyslovovalo. Tato zkratka znamená Light Emitting Diode, tedy světlo emitující dioda. Zase cizí slovo. Emitující = vyzařující, vydávající světlo. Prostě je to SVÍTIVÁ DIODA.

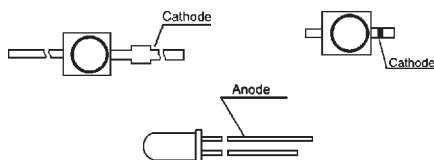


Schematická značka naznačuje, že součástka má dva přívoody, proud teče ve směru naznačeném hrotem trojúhelníčku a malé špičky naznačují, že dioda vyzařuje světlo. Jsou totiž i jiné diody. Slovo dioda znamená, že tato součástka má dvě elektrody – kladnou anodu a zápornou katodu. Pamatuje se to snadno: ANO – souhlas, DA – je rusky

také ano, a katoda je to druhé. Na rozdíl od žárovky, kde je jedno, jak je zapojena, má LED plus a minus, jako většina spotřebičů na baterie. Aby dioda svítila, připojuje se anodou směrem ke kladnému pólu zdroje.

Kupujeme LED

Svítlivá dioda ve skutečnosti vypadá jako barevná součástka se dvěma vývody. Můžeme si vybrat:



– podle barvy – červenou (red), zelenou (green), žlutou (yellow)
 – podle tvaru – kulatou, hranatou
 – podle velikosti – malou, velkou, prostřední a také podle toho, co na první pohled na diodě není vidět. Je to její svítivost – normální, vysoce svítivá, nebo supersvítivá; její směr vyzařování – bodová, v plastu svítí jen malý bod, nebo plošná – svítí celou plochou. To, co nás bude zajímat až při zapojování je proud potřebný pro svit. Obvykle všechny údaje je najdeme v katalogu. Tam si také všimneme obrázku a zjistíme kde je katoda. Proč zrovna ta? Na schematu je katoda označena čárkou a na diodě je někde označena proužkem, kratším vývodem, ploškou na krytu nebo jinak.

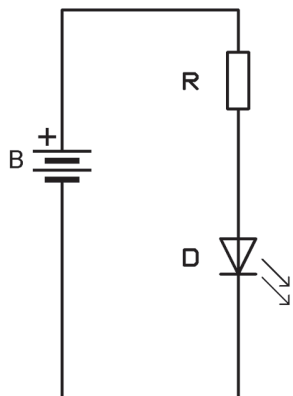
Připojení LED

Na jak velké napětí mohou LED připojit? Na žárovkách je napsáno, na jak velké napětí jsou. U žárovky je jedno, jestli je připojená na střídavé (~), nebo stejnosměrné napětí (=). Ale musí se dodržet velikost napětí. Žárovky v bytě jsou připojené na 230 V, žárovky v autě jsou na 12 V, žárovka v baterce je na 3,5 nebo 2,5 V. Žárovka do auta na plochu baterii 4,5 V svítit nebude, napětí je malé a při připojení na větší napětí by se rychle přepálila. U LED je potřebné napětí pro rozsvícení asi 2 V.

Jak tedy svítivou diodu připojíme třeba na plochu baterii? Plochá baterie má napětí 4,5 V a pro rozsvícení LED stačí napětí asi 2 V. Přebývajícím napětím zadržíme na rezistoru.

Na schematu vidíme baterii B, rezistor R (protože součástka, která klade odpor se jmenuje rezistor) a LED D.

Do schematu doplníme napětí U a proud I, šipka ukazuje uvažovaný směr proudu. Vidíme, že napětí baterie je 4,5 V



Nejjednodušší zapojení diody

a napětí na diodě je asi 2 V. Jak velké napětí musí zůstat na odporu? Je to vidět z obrázku a snadno vypočítáme, že to je 4,5 – 2 a to je 2,5 V.

Abychom mohli provést zápis, označíme si napětí na diodě U_F , kde nám písmenko F označuje, že to je napětí na diodě propustným směrem, F znamená frontální. Napětí na rezistoru si označíme U_R , kde R znamená že to je napětí na rezistoru. A pro úplnost napětí na baterii označíme U_Z kde Z znamená zdroj.

Podle obrázku můžeme napsat že $U_Z = U_F + U_R$ a matematicky si můžeme také napsat to, co jsme uhodli, že napětí na rezistoru je $U_R = U_Z - U_F$. Když do vzorečku dosadíme, $U_R = 4,5 - 2 = 2,5$ a doplníme jednotky. Pro napětí to jsou volty. Napětí na rezistoru je asi 2,5 V.

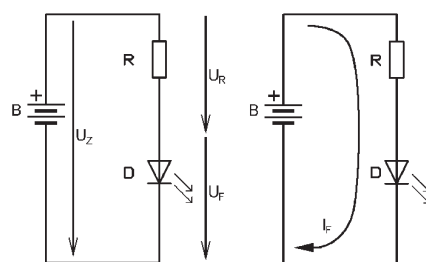
Kdybychom chtěli použít 9 V baterii, museli bychom zadržet napětí $U_R = 9 - 2 = 7$ [V]

Proč se to tak zdlouhavě vysvětluje? Nestačí říct, jaký tam má být odpor? Ten kdo spěchá, připojí zkusmo jakýkoliv odpor, zřejmě nějaký vhodný najde, ale také zřejmě svou LED zničí a pak se stejně vrátí k popisu výpočtu. Je to snadné, potřebujeme vypočítat hodnotu rezistoru. Zopakujeme si, že podle ohmova zákona $R = U/I$. Napětí na srážecím rezistoru už víme, teď jen dosadit proud. Proud potřebný pro rozsvícení LED je v katalogu označen I_F . K rozsvícení LED obvykle stačí proud asi 10 mA (čteme miliampér). Pro jednoduchost budeme zatím počítat s tímto proudem. Většina LED mívá pro svůj obvyklý jas proud 20 mA, který bývá maximální a neměl by se překročit. Větším proudem se LED podobně jako žárovka rozžárí víc, nebo se velkým proudem přepálí a už se nikdy nerozsvítí. Ale jako jsou i maličké nebo velké diody, jsou i diody s potřebným proudem jenom 5 mA nebo i jen 2 mA a naopak i diody s maximálním proudem 30, 40 a některé i s proudem 70 mA. Tento údaj najdeme v katalogu.

Vraťme se k předchozímu schematu. K výpočtu použijeme napětí na rezistoru R, tedy napětí U_R a velikost proudu. Aby proud mohl rozsvítit LED, musí protéct rezistorem i diodou, je to tedy proud I_F . Po doplnění označení vypadá vzoreček takto: $R = U_R/I_F$. Víme, že $U_R = U_Z - U_F$ a tak si tento vzoreček dosadíme do prvního a máme

$$R = (U_Z - U_F)/I_F$$

Když budeme chtít do vzorečku dosadit, budeme muset proud převést také na základní jednotky. Vzpomeneme si na převody jednotek, kde mili znamená tisícinu, tedy 0,001. Pro jednoduchost budeme chtít proud 10 mA, který LED rozsvítí a nepřetíží ji; 10 mA = 0,010 A a ve výpočtu tedy místo 10 mA napíšeme že $I_F = 0,01$ [A].



Schématické naznačení velikosti napětí a směru proudu

A teď budeme počítat: použijeme plochu baterii s $U_Z = 4,5$ [V], napětí na svítící LED je asi $U_F = 2$ [V]. LED necháme téci proud $I_F = 10$ mA, tedy 0,01 [A]. Dosadíme do vzorečku: $R = (U_Z - U_F)/I_F$ $I_F = (4,5 - 2)/0,01 = 2,5/0,01 = 250$. Potřebný rezistor má hodnotu 250 Ω . Prodávač nám nabídne rezistor 240 nebo 270 Ω . Proč ne přesně 250 Ω ? Stejně jako jsou šrouby odstupňovány M3, M4, M5, M6, M8, M10 atd., jsou i rezistory vyráběné v určité číselné řadě. Řada rezistorů je také uvedena v katalogu součástek.

Teď můžeme vypočítat rezistor pro jakékoliv napětí jakékoliv diody! Vyzkoušíme si to: stejnou LED chceme připojit na 9 V baterii.

$$R = (9 - 2)/0,01 = 7/0,01 = 700 \Omega$$

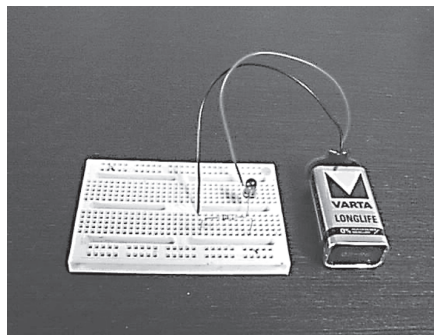
A teď obráceně. Máme LED připojenou přes rezistor 680 ohmů na 9V baterii. Jak velký proud poteče? Nebude LED svítit moc? Nezničí se? Podle ohmova zákona $I = U/R$. Opět vzoreček upřesníme: $I_F = (U_Z - U_F)/R$. A počítáme $I_F = (9 - 2)/680 = 7/680$ a na kalkulačce vypočítáme proud 0,010294 A, což je asi 10,2 mA. LED tedy bude svítit.

A co když se baterie vybijí na polovinu? Jak velký bude proud, bude LED ještě svítit? Opět dosadíme do vzorečku: $I_F = (4,5 - 2)/680 = 2,5/680 = 0,0037$. Proud tedy bude asi 3,7 mA. Bude svítit? Dost teorie, tohle si už musíme zkusit prakticky.

Co budeme potřebovat

K pokusům si koupíme svítivou diodu, nebo pro radost červenou, žlutou i zelenou a rezistory s hodnotami

0	černá	
1	hnědá	
2	červená	
3	oranžová	
4	žlutá	
5	zelená	
6	modrá	
7	fialová	
8	šedá	
9	bílá	



S výhodou lze použít nepájivé kontaktní pole

240 ohmů, 330 ohmů a 680 ohmů. Budou stačit tak zvané „miniaturní“. Dříve se rezistory označovaly čísly, nověji barevným kódem. Jak se tedy pozná jakou mají hodnotu? Máme dvě možnosti – buď si hodnoty změřit ohmmetrem nebo si je přečíst. Tabulku hodnot pro čárový kód si můžete udělat sami a vybarvit fixkami. Vypadá takto:

Docela dobře se to pamatuje. Na počátku byla tma – ČERNÁ. Pak Bůh stvořil zemi – HNĚDÁ a pak se objevila duha. Barvy duhy naučil učitel fyziky Čihák své žáky vzkazem, který nechal na tabuli: Čihák Oznamuje Že Zítřka Máme Fyziku. A abychom měli celý barevný kód odporů, doplníme, že v Šesté Bě. Čihák – Č – Červená Oznamuje – O – Oranžová a tak dále.

První dva proužky na rezistorech označují dvě číslice hodnoty a třetí proužek počet nul. Hodnota 390 ohmů je tedy označena: oranžová-bílá a hnědá. Kdybychom se na rezistor dívali z druhé strany, znamenalo by to číslo 19000, což je nepravděpodobné.

Pozor! Některé přesné rezistory mají pro označení hodnot tři proužky a čtvrtý proužek pro počet dalších nul. Hodnota 390 ohmů je tedy oranžová-bílá-černá a černá (žádná další nula už za hodnotou není). Teď si sami zkuste zjistit barvy vašich rezistorů 240 Ω, 390 Ω a 680 Ω.

Také budeme potřebovat asi půl metru tenkého izolovaného drátu, čepičku na kontakty 9V baterie, označovanou v katalogu jako klip, nebo dvě kovové kancelářské svorky a plochou baterii.

Tak, součástky bychom měli, teď si povíme něco o mechanickém provedení.

Mechanické provedení

Na pokusné propojení součástek je nejvodnější nepájivé kontaktní pole, kde jsou dírký s kontakty uvnitř v řádcích nebo sloupcích propojené. Není třeba nic pájet, stačí vývody spojovaných součástek zasunout do sousedních dírek v jednom sloupci. Vývody součástek není třeba zkracovat, je to zbytečné, rychleji se pracuje a až si vyzkoušíte jedno zapojení, můžete ho velmi rychle doplnit, upravit, změnit nebo rozpojit.

Nebo je místo nepájivého kontaktního pole možno použít elektrikařské lámací „lustr svorky“, kterým se proto, že dřív bývaly jenom hnědé a daly se odlamovat, říká „čokoláda“. Pro nás jsou lepší ty menší, aby šroubek v dutince udržel i tenký drátek, nebo vývody součástek.

Kdo má páječku, může pájet, zatím jen tak „ve vzduchu“, pouhým přiložením pájených přívodů k sobě a zakápnutím pájkou. Pro začátek úplně postačí pistolová páječka. Hřeje jen v okamžiku, kdy je stisknuté tlačítko spínače. Během ně-



kolika vteřin se hrot rozežře, můžeme jím roztavit kousek trubičkové pájky a horkou kapičku přenést na pájené místo. Po prohřátí a rozlité pájky na pájeném spoji stačí páječku vzdálit, povolit stisk spínače a během krátké chvíle přestane pájený spoj i hrot pálit. Při pájení si můžeme pomoci pinzetou, nebo kleštěmi s tenkými čelistmi. Napoprvé to nejde nikomu, chce to zkoušet znovu. Zatím stačí, že je spoj aspoň vodivý a drží. Dokonalé spoje se dají naučit jenom trpělivým opakováním.

Také budeme potřebovat štípací kleště. Nejlépe elektrikařské stranové (viz obrázek), pro začátek by stačily i „štípačky“ na vytahování hřebíků. Ať vás ani nenapadne zkoušet použít nůžky! Ty byste zničili a nakonec byste si stejně dobré stranové kleště koupili. Izolaci můžeme z vodičů stáhnout.

Teď již stačí jen pospojovat vývody dle schématu a připojit napájení...

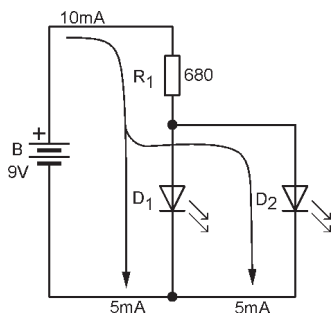
Svítil? Určitě ano.

Tím pro dnešek skončíme. Příště si ukážeme o trochu složitější zapojení a povíme si ještě něco málo o diodách.

6. díl

Barevná světýlka

Už víme, jak se rozsvítí svítivá dioda. Zopakujeme si, že svítivá dioda při průchodu proudem I_F asi 10 až 20 mA svítí a že přitom je na diodě napětí U_F asi 2 V. Sami jste si spočítali, že pro připojení LED na $U_Z = 12$ V a proudem $I_F = 10$ mA je třeba připojit do série s LED rezistor $R = (U_Z - U_F) / I_F$ a po dosazení vyjde $R = (12 - 2) / 0,01 = 1000 / 0,01 = 1000$ ohmů.



Z fyziky víme že 1000 m je 1 km a podobně 1000 ohmů je 1 kilohm, píšeme že $1000 \Omega = 1 \text{ k}\Omega$.

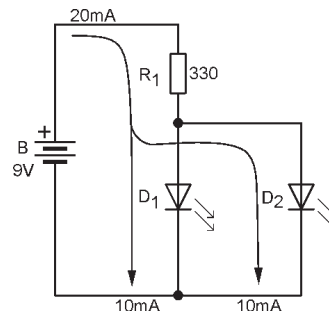
Co kdybychom zkusili použít rezistor 680 ohmů, který máme z předchozího pokusu?

$$I_F = (U_Z - U_F) / R$$

$I_F = (12 - 2) / 680 = 0,0147058824$, tedy asi 15 mA. Běžná LED má svůj obvyklý jas definovaný při proudě 20 mA, takže je všechno v pořádku. Takhle například je zapojené světýlko v autorádiu nebo přehrávači, nebo indikátor zatažené ruční brzdy.

2. Pokus

K LED podle minulého pokusu připojíme paralelně ještě jednu LED. Na nepájivém poli je to během okamžiku. Svítí obě? Pokud jsou stejné, asi ano, ale proud se musí rozdělit do dvou diod, takže svítí asi polovičním jasnem.

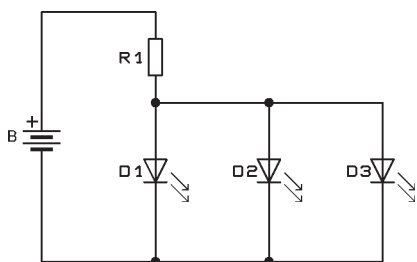


Podle Kirchhoffova zákona se proud tekoucí do uzlu rovná součtu proudů tekoucí z uzlu do obou větví. Napětí na obou diodách bude stejné, ale proud tekoucí rezistorem bude muset být dvojnásobný.

$$R = (U_Z - U_F) / 2 \times I_F$$

$R = (9 - 2) / 0,02 = 7 / 0,02 = 350$ ohmů. Použijeme například rezistor 330 ohmů.

Pokud bychom diody připojili k ploché baterii s napětím 4,5 V, použijeme rezistor 120 ohmů.



3. Pokus

Podobně můžeme připojit ještě třetí LED. Pokud je i na ní při svitu stejné napětí, budou opět svítit všechny.

Pokud ale některá hladovější LED sežere proud těm, kteří potřebují pro proud na rozsvícení větší napětí, ty svítí málo nebo vůbec ne. Nejsou vadné, jenom trochu jiné. Když chceme, aby současně svítily různé LED s jiným napětím U_F při svitu, budeme každou napájet přes vlastní rezistor.

Stejná kofátka mohou jíst ze stejné misky. Různé velcí psi mají každý svou misku.

Jak to, že jsou některé LED jiné?

Stačí se podívat do katalogového listu. Katalog je další věc, která je často zapotřebí a je dobré ho mít.

U některých LED se u různých barev napětí U_F liší, například:

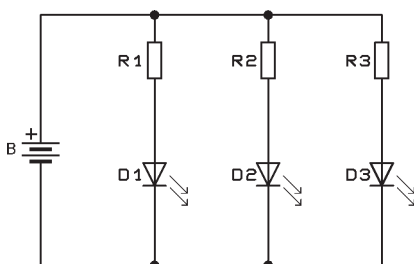
typ	barva	I_F [mA]	U_F [V]
LQ1112	červená	20	$1,65 \leq$
LQ1412	žlutá	20	$2,5 \leq 3$
LQ1717	zelená	20	$3 \leq 3,5$
u jiného typu se liší málo, například:			
L-HLMP-3300	červená	10	2,2
L-HLMP-3502	zelená	10	2,3
L-HLMP-3400	žlutá	10	2,2

Když už se díváme do katalogu, vidíme, že v označování barev jsou používány cizí slova nebo zkratky.

barva	anglicky	německy
červená	red	rot
zelená	green	grün
žlutá	yellow	gelb

4. pokus

Co se stane, když LED zapojím obráceně, nezničí ji? LED je dioda, proud prochází jen ve směru od anody ke katodě, přitom LED svítí. Při obrácené polaritě proud neteče, LED nesvítí. Takhle můžete proti sobě zapojit dvě různobarevné LED. Vždy svítí jenom ta, kterou protéká proud. K čemu je to dobré? Například jako indikátor polarity napětí, indikátor přepnutí nějakého stavu, například klidového a poplašného atd.



* v době psaní článku

barevné LED. Vždy svítí jenom ta, kterou protéká proud. K čemu je to dobré? Například jako indikátor polarity napětí, indikátor přepnutí nějakého stavu, například klidového a poplašného atd.

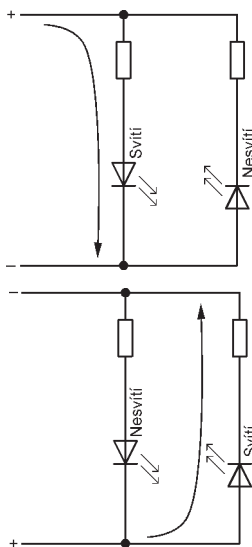
Zase mohou mít každá svůj rezistor, nebo mohou mít jeden společný.

5. pokus

Stále pro jednoduchost počítáme s proudem 10 mA, který stačí k rozsvícení LED, ale v katalogu bývá u běžných LED pro plný jas uveden proud $I_F = 20$ mA.

Vrátíme se k 1. pokusu a k baterii připojíme přes rezistor jednu LED:

Při napětí 9 V a s rezistorem 680 ohmů je proud asi 10 mA



a s rezistorem 390 ohmů je proud asi 18 mA

nebo při napětí 4,5 V a s rezistorem 240 ohmů je proud asi 10 mA

a s rezistorem 150 ohmů je proud asi 18 mA.

Jaký je rozdíl ve svitu? O tom se přesvědčte sami.

Zvláštní svítivé diody

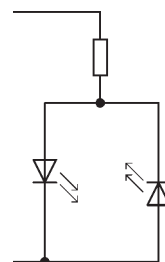
- vysoce svítivé
- samoblikající
- modré
- dvojbarevné

Vysoce svítivé LED

Už jste jistě viděli cyklistu s výrazným blikajícím zadním světlem. Nově to bývá i vysoce svítivé LED. Údaj, který budeme hledat v katalogu, je svítivost, proud I_F a cena.

Svítivost

Svítivost LED se uvádí v mcd – milikandelách. Obvykle bývá 1 až 5 mcd. Vysoce svítivé mají svítivost až 3000 mcd. Proud pro rozsvícení takovéto diody je také asi 20 mA, u některých je to ale až 70 mA. To vše bývá uvedeno v katalogu.



Velkou svítivost mohou mít LED s průměrem 10 mm, ale i menší.

Čísla nám asi moc neřeknou, zase si to můžeme zkusit sami.

V létě venku večer si můžete zkusit, na jakou vzdálenost uvidíte různé LED svítit. Zkuste si i vysoce svítivou LED.

Praktický pokus pro úplné začátečníky:

Na prkénko široké asi 6 cm a dlouhé asi 10 cm přišroubujeme lustrsvorku, zvonkové tlačítko a plochou gumou do trenýrek přivážeme plochou baterii. Do lustrsvorky připojíme LED s vysokou svítivostí a rezistor a propojíme přes tlačítko s baterií. A můžeme si ve tmě vysílat s kamarádem Morseovou abecedou.

Samoblikající LED

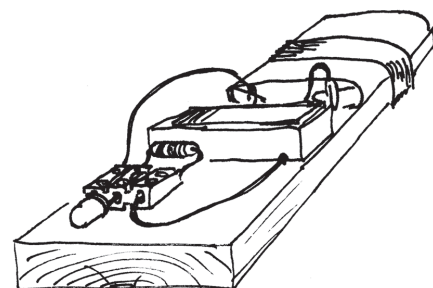
Samoblikající LED stačí připojit na stejnosměrné napětí a pak sama bliká. V katalogu bývá uvedeno potřebné napětí, u některých je to 3 až 15 V. K čemu to je dobré? Například k indikaci, že v autě je zapnuté zabezpečovací zařízení, k různým výstrahám a podobně.

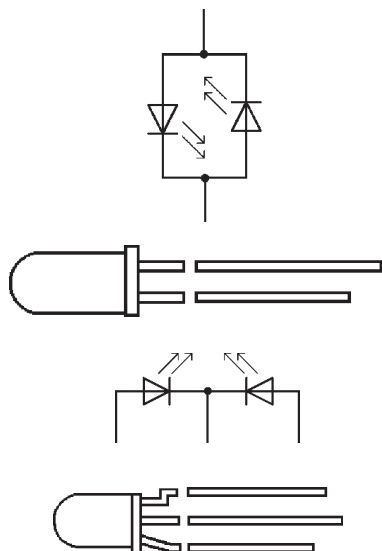
Modré LED

Kromě červené, zelené a žluté jsou i jiné barvy – oranžová (orange), jantarová (amber) i modrá (blue). Modré jsou vzácné* jako modré růže, protože jejich výroba je náročnější, než u jiných barev. V katalogu bývá barva uvedena slovně, nebo její vlnová délka v nm (nanometrech), ale to je spíš pro úplnost údajů.

Dvojbarevné LED

Sloučením dvou svítivých diod do jednoho pouzdra nabízejí výrobci dvojbarevnou svítivou diodu. Některé mají dvě diody zapojené antiparalelně, tedy paralelně ale proti sobě, nebo mají dvě diody se společnou katodou, nebo (méně často) anodou. K čemu je to dobré?





Například v televizi vám červené světélko na předním panelu signalizuje, že televize je v pohotovostním (stand by – čti stend baj) stavu, odebírá jen malý proud (spí) a jen přijímač dálkového ovládání čeká na spuštění. Po něm se svít též LED změni z červené barvy na zelenou.

Shrnutí

aneb co všechno k pokusům potřebujeme

náradí:

- stranové elektrikařské štípací kleště
- pinzetu
- kapesní nůž na odizolování konců vodičů
- nepájivé kontaktní pole nebo (kdo ho nemá)

- elektrikařskou lustrsvorku nebo
- pájecí lištu s pájecími očky, páječku a pájku.

součástky:

- LED červená, zelená, žlutá a vysoce svítivá
- Baterii 9 V s kontaktní čepičkou a přívody a rezistory 680, 390 a 330 Ω nebo
- Plochou baterii 4,5 V s přívodními dráty a kontakty a rezistory 240, 150 a 120 Ω
- asi půl metru měděného izolovaného drátu o průměru 0,6 mm (nejvhodnější)

a také

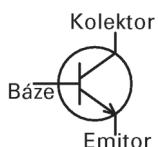
- sešit na poznámky
- katalog, nebo katalogové listy z časopisu
- kalkulačku.

7. díl

V tomto čísle si zkusíme zapojit tranzistor jako blikáč a poznáme nové součástky: tranzistor, kondenzátor a slučátko.

Tranzistor

Tranzistoru už bude 50 let, bylo o něm napsáno mnoho. Ve škole by začali od fyzikálního principu, pro začátečníka, který chce tranzistor umět použít už při čtení tohoto článku, stačí tyto základní informace.



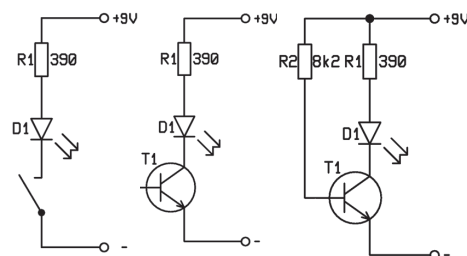
Obr.1 – Schématická značka tranzistoru

Tranzistor je součástka se třemi vývody, které se jmenují KOLEKTOR, BÁZE a EMITOR. Schématická značka je na obrázku 1. Tranzistory se vyrábějí v různém provedení. Většinou jsou v plastovém pouzdru nebo kovovém, obyčejné a výkonové - ty poznáme podle toho, že jsou větší a obvykle mívají otvory pro přišroubování na nějakou chladicí desku, k tomu také někdy dojdeme.

Už umíme rozsvítit LED. A nyní do zapojení vložíme tranzistor. Ten si pro tento případ můžeme představit jako ventil na potrubí, ve kterém může voda téci jenom jedním směrem. Když je uzavřený, voda neprotéká, když ho otevřeme, voda může protékat. Viz obrázek 2.



Obr.2 – Princip tranzistoru



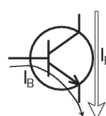
Obr.3 – Zapojení LED s tranzistorem

Zkusíme si to. Opět si LED rozsvítíme podle zapojení na obrázku 3.

Když je obvod uzavřený, proud protéká, LED svítí.

Když obvod rozpojíme, LED nesvítí.

Když místo rozpojování do obvodu zapojíme tranzistor, LED nesvítí. Protože tranzistor není otevřený.



Obr.4 – Tok proudu tranzistorem

Takovým kolečkem na otevření krouhu je u tranzistoru báze. Stačí malý proud do báze, tranzistor se otevře a LED bude svítit. Proto se také tranzistoru říká zesilovač - malý proud do báze způsobí průtok silnějšího proudu. Viz obrázek 4.

Odborníkům a učitelům, kteří se k podobnému poznání prokousávali teorií polovodičů a principem tranzistoru, se nad tímto výkladem ježí vlasy, ale pro nejjednodušší výklad by to mohlo být přijatelné.

Než tranzistor zapojíme, musíme si určit vývody. Obrázky bývají v katalogu. Na tranzistor se díváme stejně jako na obrázek, natočíme si ho stejně a zjistíme například, že vlevo je emitor, uprostřed báze a vpravo je kolektor. U tranzistorů

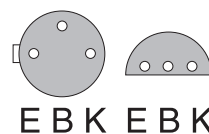
v kovovém pouzdru se řídíme výstupkem na okraji, u toho bývá emitor. U tranzistoru v plastovém pouzdru se orientujeme podle plošky pouzdra, na kterém je napsaný typ tranzistoru. Otočíme-li si tranzistor jako na obrázku vývody směrem k sobě a ploškou dolů, je zase emitor vlevo. U většiny tranzistorů je to stejné, ale některé mají bázi na kraji a ne uprostřed. To zjistíme v katalogu. Viz obrázek 5.

Povedlo se? Pokud ne, zkontrolujte si celé zapojení, hlavně zapojení tranzistoru. Ten, kdo má voltmetr, může změřit napětí mezi bází a emitorem. Mělo by být asi 0,6V. To je znamení, že tranzistor je otevřený a může vést proud. Měření tohoto napětí se mnohdy používá při opravách, při hledání závady k zjištění, jestli je tranzistor dobrý.

Pamatujeme si: Otevřený tranzistor má napětí mezi bází a emitorem $U_{BE} = 0,65V$.

(xxxx Poznámka pro sazbu. U_{BE} je asi 0,65 V. Má být = s tečkou nahoře.xxxx)

Když se napětí U_{BE} nějak sníží, tranzistor se zavře a nebude vést, zavře se.

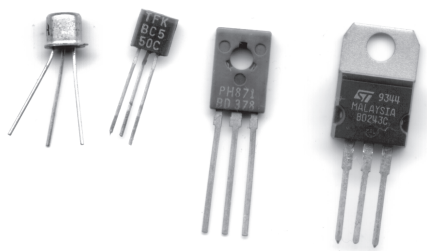


Obr.5 – Napětí mezi bází a emitorem je přibližně 0,65 V

To by šlo udělat například spojením báze s emitorem. Zkusíme něco jiného.

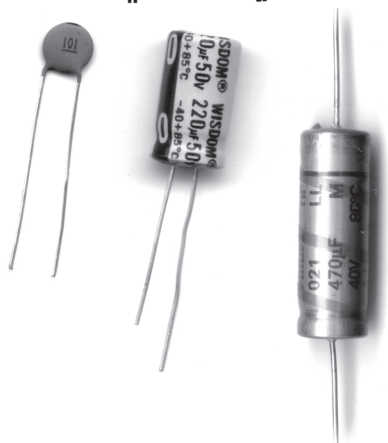
Kondenzátor

Kondenzátor je něco jako nádržka, kterou lze naplňovat nebo vyprazdňovat.



Obr.6 – Ukázky některých typů tranzistorů

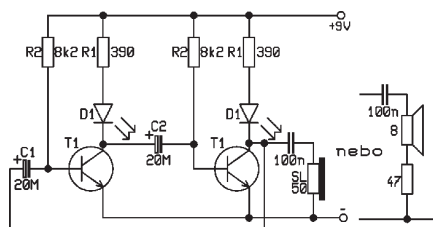
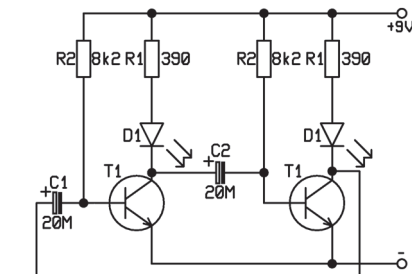
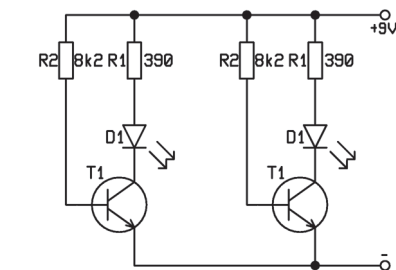
Kondenzátor Kondenzátor elektrolytický



Obr.7 – Schématické značka kondenzátoru a několik ukávek

Má určitý objem - kapacitu. Naplňování velkého sudu s velkou kapacitou trvá dlouho, naplnění malé sklenice s malou kapacitou je rychlé. Také záleží na tom, jestli proud vody nebude brzděn, poteče tlustou hadicí s malým odporem, nebo jenom tenkou hadičkou, která má velký odpor, víc vody jí téci nemůže. Totéž je při vyprazdňování.

Schema kondenzátoru je na obrázku 7. Kondenzátor má dva vývody. Kondenzátory se vyrábějí různé, pro nás je na první pohled viditelný rozdíl ve vývodech. Jsou buď jednostranné, nebo oboustranné. Některé kondenzátory mají vyznačenou polaritu pro připojení. Na schématu bývá značka + a na pouzdru kondenzátoru značka některé typy vyznačeno + a některé -. Polaritu je třeba dodržet.



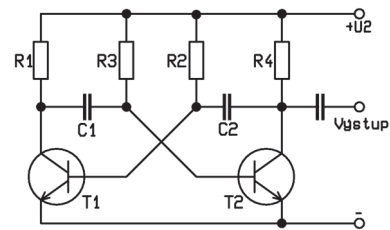
Obr.8 – Zapojení LEDkového blikáče.
Pro $U_2 = 4,5 \text{ V}$ je $R_1 = R_4 = 150 \Omega$
a $R_2 = R_3 = 4 \text{ k}\Omega$

Druhý dnešní pokus:

Rozsvítíme si obě LED jako na obrázku 8. A teď přidáme kondenzátory. LED začnou střídavě blikat. Jak dlouho svítí, nebo se znovu nabíjí kondenzátor, záleží na velikosti kondenzátorů i rezistorů, přes které se nabíjejí a vybíjejí.

Nejdříve zkusíme dát oba kondenzátory stejné. Doba bliknutí jedné i druhé LED bude stejná.

Bude-li jeden kondenzátor větší než druhý, bude blikání „kulhat“. Jedna LED svítí déle a druhá kratší dobu. Oba kondenzátory budou například $20 \mu\text{F}$. Pak k jednomu z nich přidáme paralelně ještě nějaký. Třeba ještě jeden $20 \mu\text{F}$. Kapacita se zvětšila a prodloužila se doba vybíjení a nabíjení.



Obr.9 – Multivibrátor

Pamatujeme si: Při zapojení kondenzátorů vedle sebe se jejich kapacity sčítají.

Budou-li oba kondenzátory například $100 \mu\text{F}$, bude blikání pomalé.

Budou-li oba kondenzátory například $10 \mu\text{F}$, bude blikání velmi rychlé.

Budou-li oba kondenzátory například $2 \mu\text{F}$, bude blikání velice rychlé. A když na kolektor jednoho tranzistoru zapojíme přes kondenzátor 100 nF , aby nám neutíkal stejnosměrný proud, telefonní sluchátko 50 ohmů , uslyšíme rychlý prdívý tón.

Budou-li oba kondenzátory například 100 nF , uslyšíme ve sluchátku nízký tón, blikání LED není vidět, oko ho vnímá jako trvalý svit.

Budou-li oba kondenzátory například 47 nF , uslyšíme ve sluchátku vysoký tón.

Při ještě menší kapacitě bychom slyšeli vysoký pištivý tón a ještě vyšší tóny již lidské ucho neslyší.

Pokud nemáme telefonní sluchátko, můžeme použít reproduktor 8 ohmů a spojený do serie, tedy za sebou, s rezistorem asi 47 ohmů , ale zvuk bude slabší, protože jenom asi jedna sedmina napětí bude rozkmitávat membránu reproduktoru a zbytek se bude ztrácet na rezistoru.

Obvykle se toto zapojení kreslí jako na obrázku 10 a říká se mu multivibrátor.

K čemu to je dobré? Například:

a) jako zdroj zvuku - pískání na plašení myši nebo komárů, bzuchák, pípátkovou zkoušečku nebo klapavý zvuk jako metronom;

b) blikáč pro cokoliv. Přidáním dalšího tranzistoru nebo jiného spínacího prvku můžete nechat blikat diskotéková světla, výstražná světla, rozsvěcovat dva různé obrazce atd. Zkusíme si třeba blikáč na kolo.

Blikáč na kolo

Můžeme použít zapojení například z obrázku 10, s kondenzátory $100 \mu\text{F}$ a místo běžných LED použít LED s vysokou svítivostí. Budou střídavě blikat, ale z dálky to bude vypadat jenom jako jedno světýlko a teprve zblízka je vidět, že blikají střídavě dvě. Vylepšené

zapojení pro přerušovaný svit je na obrázku 11.

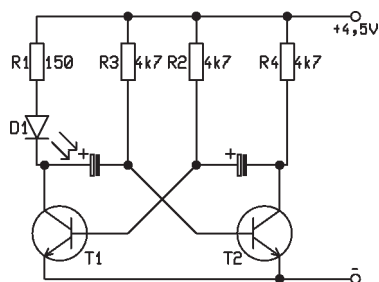
Hodnoty součástek platí pro napájení z ploché baterie $4,5 \text{ V}$. Aby nám zbytečně netekl proud pro LED do tranzistoru, ve kterém LED není zapojena, použijeme rezistor $4 \text{ k}\Omega$. Místo 20 mA , který teče svítící LED, bude při zhasnuté LED proud druhým tranzistorem asi jenom 1 mA

a ušetříme si baterii. Střídání svitu a tmy bude stejné, střída bude asi 1:1.

Pokud dáme rezistor R_3 s hodnotou $6 \text{ k}\Omega$, bude střída asi 1,5:1

Pokud dáme rezistor R_3 s hodnotou $8 \text{ k}\Omega$, bude střída asi 2:1

Při R_3 s hodnotou $22 \text{ k}\Omega$ nebo větší bude střída ještě větší nebo i blikání přestane.

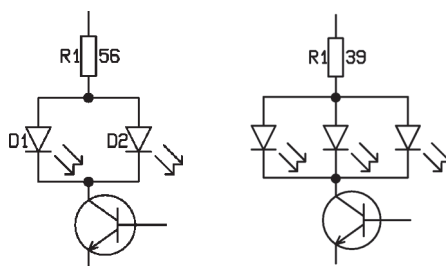


Obr.1 – Schéma zapojení blikáče na kolo

Chceme-li aby svit byl ještě větší, použijeme 2 LED a protože proud bude dvojnásobný, změníme hodnotu rezistoru R1 na 56 ohmů.

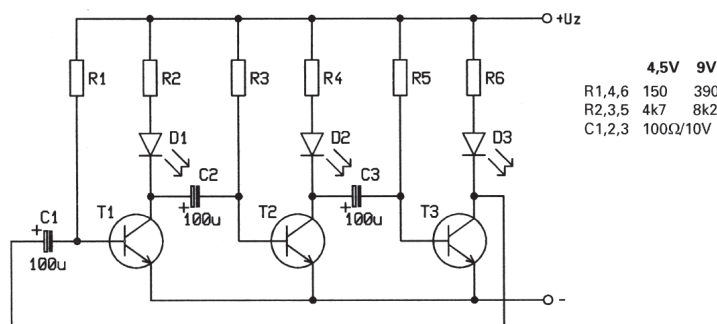
Chceme-li aby svit byl ještě větší, použijeme 3 LED a protože proud bude trojnásobný, změníme hodnotu rezistoru R1 na 39 ohmů.

Zkuste si to sami přepočítat.



Zase trochu teorie

Rezistor má hodnotu 22k, znamená to, že má hodnotu 22k, čteme 22 kiloohmů. Stejně jako 22 km má 22 000 m, má 22 k rezistor 22 000 (ohmů). Rezistor 8k2 má hodnotu 8,2k, tedy 8200. Rezistor 6k8 má hodnotu 6,8k, tedy 6800. U hodnoty 4k7 už to víte sami.



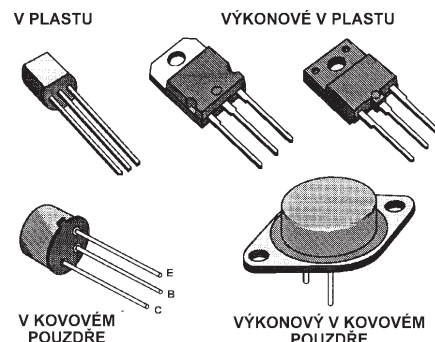
Obr.2 – Schéma zapojení „běžícího světla“

Kdybychom chtěli blikáč na kolo napájet 3V například ze dvou tužkových baterií, byly by rezistory R2, R3 a R4 asi 3k3 a R1 pro jednu LED 47 ohmů, pro dvě LED 24 ohmů nebo pro tři LED 15 ohmů. Záleží ale na použitých typech LED. Chce to vyzkoušet.

Běžící světlo.

Co když zapojení na obrázku 8 doplníme ještě o jeden člen? Zkusili jste si to? Vidíte běžící světlo. Neběží světlo, jenom střídavě jedna ze tří LED nesvítí. Kdybychom do každého tranzistoru místo jedné LED dali několik a rozmístili je střídavě, uviděli bychom zajímavý efekt, jakoby běžícího světla. Kdybychom LED rozmístili do kroužku, běhalo by světlo dokola. Například na náramku, efektné hadici atd.

Písmenko k se klade do místa, kde je desetinná čárka pro kiloohmy. Barevný kód již znáte. Kondenzátor se označuje písmenem C (capacitance) Základní jednotka je Farad se značkou F. Kondenzátory se v praxi označují: F - mikrofarady - řecké písmeno (mí) znamená mikro, menší jsou nF - nanofarady - n znamená nano a ještě menší jsou pF - pikofarady - p znamená piko. zopakujeme si, že m - mili je tisícina - mikro je ještě tisíckrát menší, 1000 μF je 1mF n - nano je ještě tisíckrát menší než , 1000nF je 1F p - piko je ještě tisíckrát menší než n, 1000pF je 1nF



Obr.3 – Různá provedení tranzistorů

Elektrolytické kondenzátory snesou jen určité napětí. Nemají se připojovat na vyšší. Ty které budeme používat my, stačí koupit na 10V, například 100/10V znamená kondenzátor 100μF na 10V.

Otázka na příště. Prodávač nám místo 20μF nabídl 22μF. Můžeme je použít? Součástky které budeme potřebovat: (některé již máme z předchozích pokusů) 2 nebo 3 tranzistory typu KC507, 508, 509 nebo KC237, 238, 239 nebo s jiným značením (K i B znamenají křemík) BC237, 238, 239, nebo BC337, 338 nebo i jiné typy. Ale musí být typu NPN. Tranzistory PNP mají obrácenou polaritu, tím se zatím nenecháme plést, na to také dojde.

LED

3 ks LED pro blikáč na kolo ještě 1 vysoce svítivou LED nebo 2 vysoce svítivé LED a rezistor 56 nebo 3 vysoce svítivé LED a rezistor 39 . ostatní součástky: 1 ks baterie 4,5V nebo 9V 2 ks rezistor 150 nebo 390 2 ks rezistor 4k7 nebo 8k2 2 ks kondenzátor 20F/10V 2 ks kondenzátor 100F/10V (pro běžící světlo po třech kusech) 2 ks kondenzátor 47nF 3 ks kondenzátor 100nF a na pokusy s rychlostí blikání: 2 ks kondenzátor 10F, 2F, 50F/10V 1 ks rezistor 6k8, 22k telefonní sluchátková vložka 50 , nebo reproduktor 8 v serii s rezistorem 47 . A odpověď na otázku z minulého čísla. Čirá LED je průsvitná a barvu svitu má různou, podle vyzařované vlnové délky.

9. díl

O tranzistorech by se dalo pokračovat dál, bylo by to na tlustou knihu, ale elektronika má spoustu zajímavých záležitostí a tato školička pro úplné začátečníky má hlavně vysvětlit potřebné začátky jako pomoc k rozjezdu, a tak skočíme rov-

nou k jednomu zajímavému integrovanému obvodu.

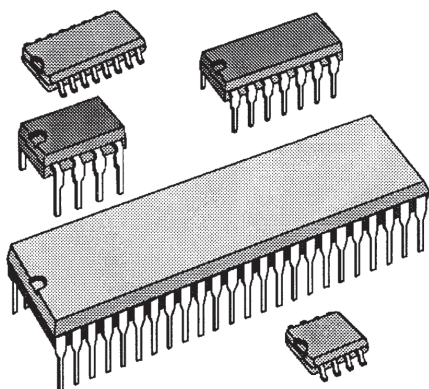
Integrované obvody

Integrované obvody mají různé provedení. Na obrázku obr.1 jsou obvody

v pouzdře DIL - Dual In Line - s vývody ve dvou řadách.

Pamatujeme si: Na integrované obvody se díváme shora.

Na každém integrovaném obvodu je nějaká značka, podle níž se obvod ori-

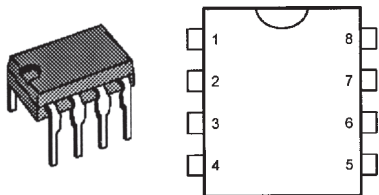


Obr. 1 – Integrované obvody v různém provedení. Každý má značku odkud se začíná číslování vývodů

entu - tečka, výstupek, žlábek, důlek atd. Nožičky se číslují popořadě od značky proti směru hodinových ručiček.

555

Tento obvod je ČASOVAČ - TIMER a běžně se mu říká pětsetpadesátpětka. Umí dělat různé dlouhé impulzy. Doba trvání je opět daná dobounabíjení a vybíjení kondenzátoru přes rezistor. To už známe. Zopakujeme si, že doba nabíjení

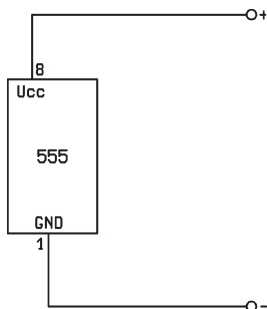


Obr. 2 – Ukázka provedení obvodu typu 555 a číslování vývodů

nebo vybíjení kondenzátoru záleží na velikosti jeho kapacity a rezistoru, přes který se nabíjí nebo vybíjí. Doba je tím delší, čím je větší kapacita nebo rezistivita - odpor.

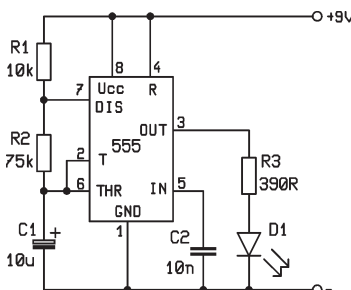
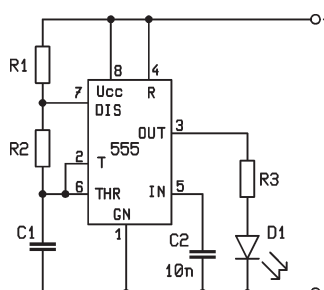
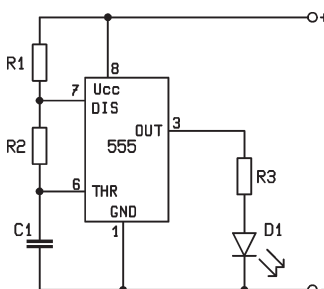
Jednoduchý blikáč

Proč zase blikáč? Jednoduše si ověříme činnost obvodu, použijeme součástky, které už známe a máme a další vhodné obvody pro další pokusy si již můžete najít a vybrat sami.



Bylo by jednoduché se jenom dívat na schéma, ale pokud se chcete něco naučit, překreslete si schéma do vašeho sešitu a pak si ho doplňte poznámkami jak obvod pracuje, co se děje, když měníte některé součástky nebo použijete jinou baterii atd.

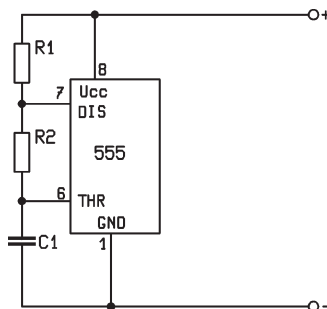
V textu budeme jednotlivé vývody, nožičky, piny (z anglického PIN) označovat jejich čísly a podíváme se na jejich funkci, viz obr. 3.



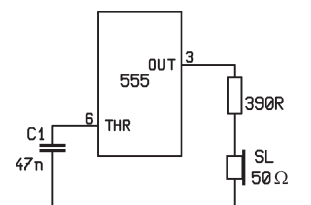
Obr. 3c, d, e – Ukázky funkcí vývodů

Obvod je napájen. Plus je přiveden na č.8 a mínus na 1.

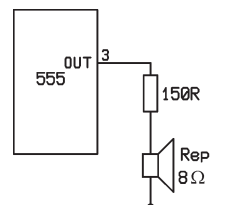
Dobu děje určuje rezistor. Zde je to R1 a R2. Kondenzátor bývá vždy na č.6 a spoj R1 a R2 připojíme na č.7.



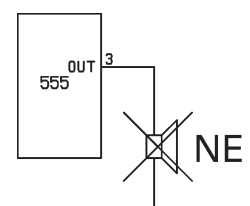
Obr. 3a, b – Ukázky funkcí vývodů



Obr. 4a – Zapojení sluchátka 50 Ω



Obr. 4b – Zapojení sluchátka 8 Ω

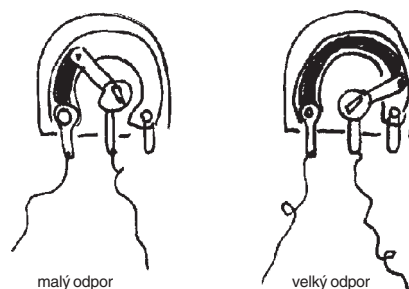


Obr. 4c – Takto nelze

Výstup je č. 3. Abychom viděli, co se děje, připojíme si na výstup přes rezistor světovou diodu.

Na výstupu bývá při sepnutí skoro to samé napětí jako napájecí, nebo při rozepnutí skoro žádné napětí, tedy blízké nule, podobně jako to bylo u multivibrátoru s tranzistorem, a tak můžeme vypočítat potřebnou velikost rezistoru pro LED.

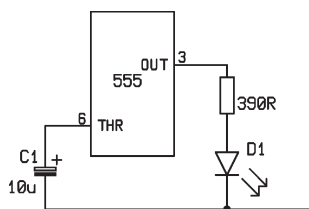
Zatím nás nezajímá, na co je dvojka a čtyřka, ale dvojka je spojena se šestkou a čtyřka je připojena přímo na plus.



Obr. 5 – Různá nastavení trimru

Zbývá pětka, ze které jde nějaký kondenzátor na mínus, jak se říká na zem, protože v mnoha zařízeních bývá obvykle mínus pól zdroje spojený se zemí, uzemněním, v autě s kosterou.

No a doplníme hodnoty součástek. To je jenom na ukázkou, jak by se dalo popsat schéma. Ve schématu má každá součástka, každý spoj, tečka, svůj smysl. Není to obrázek autíčka nebo domečku, který si každý může nakreslit podle sebe.



Obr. 6

Podobně, jako bylo popsáno schéma, můžete postupně na nepájivém kontaktním poli propojit svůj obvod, připojit baterii a sledovat činnost. LED by měla pravidelně blikat.

Pokus 1.

Z minulých pokusů máme různé kondenzátory, můžeme zkusit hodnotu C1 měnit.

C1 - 2µF - rychlé blikání

C1 - 47µF - pomalé blikání

A opět malé odbočení k hodnotám součástek:

Odpověď na otázku z KTE č.7/97 zda je jedno, jestli použijeme kondenzátor 20 µF nebo 22 µF - je to skoro to samé. Součástky se vyrábějí v určitých číselných řadách, například v řadě E12 je dvanáct číselných hodnot 1,0 - 1,2 - 1,5 - 1,8 - 2,2 - 2,7 - 3,3 - 3,9 - 4,7 - 5,6 - 6,8 - 8,2 a hodnoty součástek jsou jejich desítkové násobky. Například 56 Ω, 560 Ω, 5,6 kΩ, 56 kΩ, 560 kΩ, 5,6 MΩ atd.

Elektrolytické kondenzátory se dřív vyráběly v číselné řadě 1 - 2 - 5 - 10 jako je to u peněz a tak se můžete setkat i se starým značením.

A když jsme u historie: kondenzátor má kapacitu například 1800pF a to je dnes 1,8 nF a označení je 1 n8. Dřív se 1800 podobně jako u rezistorů převedlo na „kila“ a byl z toho kondenzátor „jedno kilo osm“ s označením 1 k8. Totéž i u kondenzátoru 1 µF. To je 1000000 pF a to se převedlo na „mega“ a už tu byl kondenzátor 1M.

Poznámka:

u starších kondenzátorů

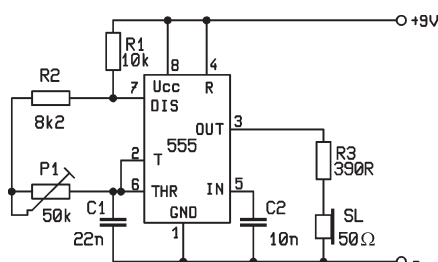
k jsou n

M jsou µ

G jsou m

Pokus 2.

C1 změním na 47 nF, blikání je tak rychlé, že vidíme jenom trvalý svit, LED



Obr. 7

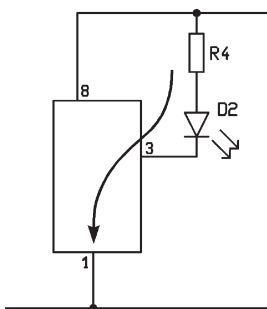
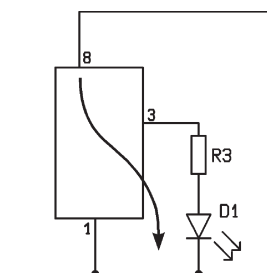
svítí. Místo ní zapojíme telefonní sluchátko 50 Ω (viz obr. 4). Kdo ho nemá, zapojí místo něj přes rezistor R3 150 Ω reproduktor 8 Ω. Slyšíme trvalý, nepřerušovaný tón. Kdybychom na výstup připojili jenom 8Ω reproduktor, výstup by se jeho malým odporem zkratoval a integrovaný obvod by se zničil.

Pokus 3.

C1 změním na 22 nF, tón je vyšší, protože kondenzátor se rychleji vybíjí, vybíjení trvá kratší dobu.

Pokus 4.

Rychlost vybíjení ovlivňuje i rezistor. Zkusme ho změnit. Abychom nemuseli měnit jednotlivé hodnoty a postupně zkoušet, použijeme proměnný rezistor - trimr, viz obr. 5. Odpor mezi krajním a středním vývodem si můžeme nastavit polohou jezdce na odporové dráze. Trimr se nastavuje úzkým šroubovákem, podobný je potenciometr - má osičku, na kterou se nasazuje knoflík. Obvod zapojíme podle obr. 6. Do série s trimrem je zapojen ještě rezistor 8k2 proto, aby i při nastavení trimru do krajní polohy, kdy má skoro nulu-

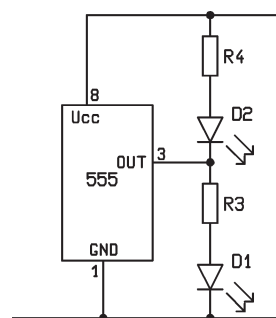


Obr. 8a, b

vý odpor, mezi vývody IO č. 6 a 7 nějaký odpor byl. Ejhle, můžeme nastavit výšku tónu od hlubšího až po vyšší tón. Kdo má hudební sluch, může odhadnout, že přeladění je o více, než dvě oktávy.

Pokus 5.

Bláznivá myšlenka - zkusíme měnit i rychlost blikání. Několika zručnými hmaty změním C1 na 10 µF a na výstup opět připojím LED - viz obr. 7. Bliká? Zkusíme měnit nastavení trimru. Mění se i rychlost blikání? Zkuste si to sami.



Obr. 9

Pokus 6.

Na výstupu č.3 buď napětí je, LED svítí, nebo napětí není, LED nesvítí. V prvním případě je na trojce skoro to napětí, jakým je napájena osmička a v druhém případě je na trojce nula. Zkusíme LED připojit mezi plus a výstup jako na obr. 8. Jde to také?

Pokus 7.

Na výstup č.3 si zapojíme dvě LED. Měly by blikat v protitaktu. Pozor, každá musí mít svůj rezistor.

Poznámka:

Ti, co pozorně čtou, zjistili, že v č. 8 bylo místo 56 Ω v textu 56 W a v obrázku se třemi LED byl rezistor nesprávně 56 W. Hodnoty v textu jsou správně. Kdo na to přišel sám, vidí, že už leccemu rozumí a dovede správně uvažovat. Chyby nebyly úmyslné a redakce se za ně omlouvá.

Co budeme potřebovat:

R1 - rezistor 10k

R2 - rezistory 75k a 8k2

B - baterie 9V nebo 4,5V a podle ní

R3 - rezistor 390 nebo 150

C1 - kondenzátory 10µF, 22µF, 47µF, 47nF, 22nF

C2 - kondenzátor 10nF

P1 - trimr 47k

IO - integrovaný obvod 555 (například NE555)

D1, D2 - LED červená, zelená

SL - telefonní sluchátko 50 Ω nebo

RE - reproduktor 8 Ω

úzký šroubovák

pinzeta

štípací kleště

nepájivé kontaktní pole

asi půl metru izolovaného drátu průměru 0,6 mm

Nová slovíčka:

DIL - Dual In Line - integrovaný obvod s nožičkami ve dvou řadách

IO - integrovaný obvod, anglicky to je

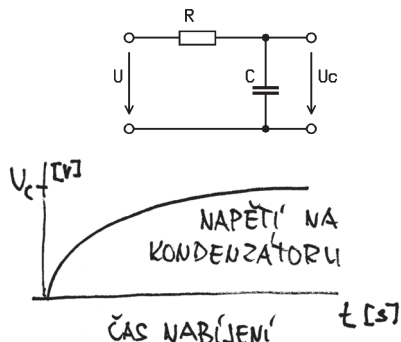
IC - Integrated Circuit

PIN - nožička, špička, vývod obvodu

trimr - prvek nastavovaný šroubovákem - zde proměnný odpor

10. díl

Oprava*: V minulém čísle zařadil tiskařský šotek. Řecké písmeno μ se po sazbě změnilo někde na m nebo T, takže si v č. 9 opravte u všech kondenzátorů, které nejsou nF písmenko μ . Tedy u C1 2 μ F, 10 μ F, 22 μ F, 47 μ F a v textu o starém značení nahradte, prosím, kondenzátor ITF za 1 μ F. Také jsou přehozeny obrázky č. 6 a č. 7.



Obr. 1

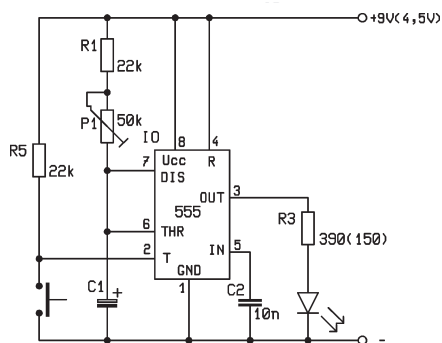
Také jste jistě pochopili, že u malých změn je pro přehlednost nakreslena jenom ta část schematu, kde se dělá změna. Jinak výchozí schéma zůstává stejné. Na nepájivém poli máte změnu hotovou hned, nemusíte dělat nový plošný spoj a pájet.

Časový spínač na určitou dobu zapíná nějaké zařízení.

Opět použijeme obvod 555 a připomeneme, že kondenzátor se nabíjí a vybíjí v závislosti na připojeném rezistoru. Nabíjení probíhá po exponenciální křivce - zpočátku je kondenzátor vybitý, napětí je 0 V (viz obr. 1). Po připojení napětí proud hltavě polyká a rychle se nabíjí

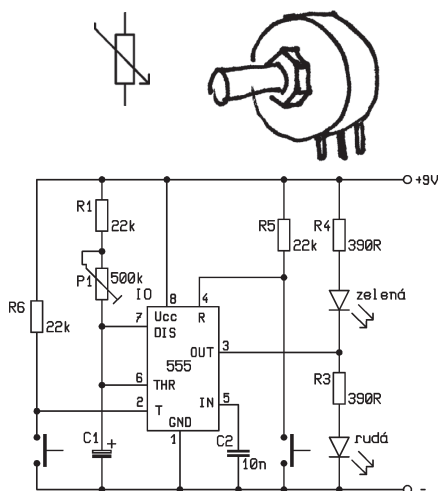


Tlačítko



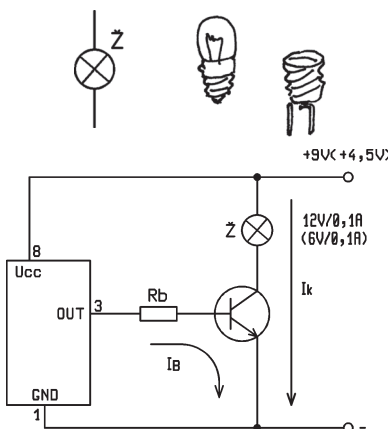
Obr. 2

* opraveno



Obr. 3

a čím je plnější, tím zvolňuje nabíjení a nakonec jako napitý velbloud, který si jenom ve vodě máchá hubu a nepije, se dál nenabíjí i když je připojený na napětí. Nemůže na něm být větší napětí než to, kterým se nabíjí. Součin R.C je časová konstanta a označuje se řeckým písmenem tau - τ .



Obr. 4

Časový spínač

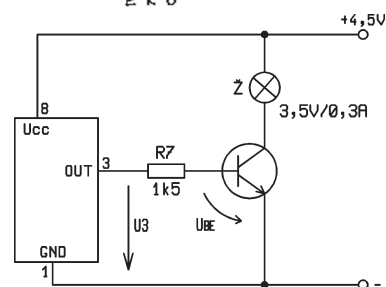
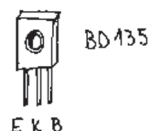
Zapojení z č. 9/97 si upravíme podle obr. 2. Místo tlačítka se můžeme jenom drátkem připojeným na dvojku dotknout mínusu. Tím okamžikem se spustí nabíjení kondenzátoru. Kdo má voltmetr, může ho připojit na kondenzátor a nabíjení sledovat. Vývod č. 2 IO je tedy na spuštění nabíjení, zde má funkci START. Na výstupu je napětí, LED svítí, časový spínač je po dobu nabíjení sepnutý. Když napětí na kondenzátoru dosáhne velikosti asi 2/3 napájecího napětí, časový spínač se vypne, kondenzátor je vybit a čeká na další spuštění.

Pokus 1: trimr P1 nastavíme na maximum, C1=47 μ F, změříme čas. Změníme kapacitu C1 na 470 μ F. Doba by měla být

asi desetkrát delší. Trimrem si můžeme zkusit nastavit určitý čas.

Nějaká zrada?

1. Mě se stalo, že se velký kondenzátor nechtěl nabít a čas už byl podezřele moc dlouhý. Jako když se leje voda do díry v zemi pro zasazení stroměčku. Když díru naplním hadicí rychle, voda se v ní drží. Když voda poteče pomalu tenkou hadicí, která má velký odpor, než se díra naplní, část vody se vsákne a utíká a díra se nedá naplnit. Podobně má některý starší kondenzátor tzv. „svod“. Nebo některý kondenzátor dlouho lenošil, zapoměl na svou schopnost pojmout elektrický náboj. Stačí ho několikrát připojit na napětí, stačí baterie, aby se tzv. „naformoval“, jako když vytáhnete zmačkanou čepici, strčíte do ní ruku a upravíte formu.

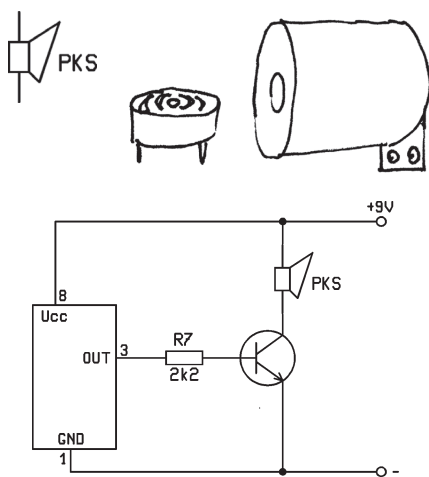


Obr. 5

2. S trimrem se špatně nastavuje, lepší je použít potenciometr. Ve středu čtverce čtveřky 5x5 cm udělat díru, nasadit na závit, dotáhnout matkou, na osu nasadit knoflík se šipkou nebo tečkou a na papír si dělat značky a potom nakreslit stupnici, třeba po deseti sekundách. Místo 47 k Ω je možno použít například 470 k Ω , tedy 470 000 ohmů, což je 0,47 M Ω , a tak může mít označení M47. Poznámka: M znamená Mega - milion a M47 čteme em čtyřicet sedm.

3. Při pokusech je třeba občas sepnutí ukončit. To udělá tlačítko STOP. Stopnutí se provede krátkým připojením č. 4 na mínus. Jenomže čtyřka je připojená na plus a tak by se udělal zkrat a baterie by se vybila. Proto se na č. 4, podobně jako na č. 2 přivede nějaké napětí přes rezistor R5 = 22 k Ω . Při stisku tlačítka uteče jenom malý proud a přitom START i STOP funguje. To vše je na obr. 3.

Pokus 2: Zkusíme si dát potenciometr na maximum a budeme měnit kondenzátory, které máme z předchozích pokusů a měřit maximální čas. Zkuste si měřit



Obr. 6

čas s kondenzátory 10 μ F, 22 μ F, 47 μ F, 100 μ F nebo i 200 μ F atd. Kondenzátory můžeme i kombinovat.

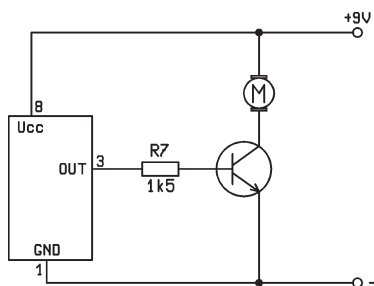
Otázka na příště: co se stane, když tlačítko START stisknu dvakrát za sebou, nebo po chvíli ještě jednou?

No a máme časový spínač. Funguje a co s tím?

Pokus 3: Zatím svítí jenom LED. Z výstupu č. 3 můžeme odebrat proud maximálně asi 100 mA, jinak by se obvod přetížil a zničil. Co když chceme časovým spínačem rozsvěcet třeba žárovku? Pro jednoduchost příkladu zvolíme žárovku 12 V / 0,1 A (viz obr. 4). Odebírá tedy proud asi 100 mA. Pomůžeme si tranzistorem. V klidu tranzistorem proud neteče, žárovka nesvítí. Při sepnutí časového spínače je na výstupu č. 3 napětí a přes rezistor R_b teče do báze proud I_b , který tranzistor otevře a žárovka po dobu sepnutí časového spínače svítí.

Velikost rezistoru R_b odhadneme takto:

1. na výstupu IO č. 3 je skoro totéž napětí, jako napájecí, zde 9 V. Na bázi křemíkového tranzistoru je napětí U_{be} asi 0,7 V. Na rezistoru R_b tedy zbývá napětí $9 - 0,7 = 8,3$ V.
2. tranzistor má zesilovací činitel asi 100 (bývá asi od 50 do 500).
3. aby tranzistor tekla proud asi 100 mA, stačí, aby bázi tekla stokrát menší otevírací proud I_b , tedy 1 mA.



4. pro proud 1 mA je hodnota rezistoru R_b podle ohmova zákona $R = U/I$, tedy $8,3 / 0,001 = 8300 \Omega$. Nejbližší hodnota je 8200 Ω , tedy 8k2. Podobně si můžete rezistor vypočítat i v ostatních případech.

4. Pokus. Žárovku 12 V/0,1 A asi nemáme, ale v baterce je plochá baterie a žárovka, na které je napsáno 3,5 V / 0,3 A, tedy odebírá proud asi 300 mA. Rezistor $R7$ bude stačit asi 1k2 (viz obr. 5).

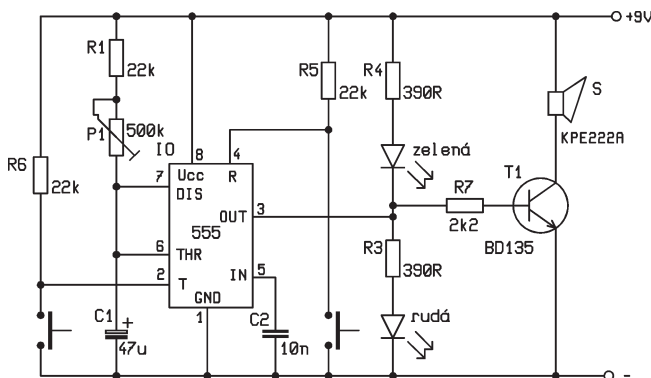
Pamatujeme: proud báze I_b neurčuje jak velký proud I_k kolektorem poteče, ale jaký by nejvíce mohl téci. Když do báze poteče proud třeba 10 mA, tranzistor má zesilovací činitel 100. Kolektorem by tedy mohl téci proud stokrát větší: $10 \times 100 = 1000$ mA. Ale kolektorem poteče jenom takový proud, jaký protéká do kolektoru spotřebičem, třeba žárovkou 300 mA.

V katalogu najdete například: KPE222A na 4 až 20 V, 90 dB, prům. 23,5 x 9,5 mm za 48,-Kč KPS583 na 6 až 14 V / 150 mA, kolísavý tón, prům. 50, x 18 mm za 145,-Kč KPE1500 na 6 až 14 V za 115,-Kč KPE1600 na 6 až 16 V, max 250 mA, silně ječivá, prům. 50 x 56 mm za 265,-Kč.

Nechte si poradit od prodáváče, nebo i předvést.

6. Pokus. Co bychom ještě mohli připojit? Motorek. Prohrabeme klukovské poklady a možná najdeme motorek z rozbité hračky, modelu, kazetáku nebo disketové jednotky. Nejdříve si ho vyzkoušíme, jestli se po připojení na baterii roztočí. Pak ho také můžeme připojit k časovému spínači (viz obr. 8).

Celkové schéma jedné varianty našeho časového spínače je na obr. 9. Bylo by možné pokračovat o připojení relé



Obr. 8

Pamatujeme: proud báze volíme jenom takový, aby tranzistor nezničil. Maximální hodnota bývá v katalogu.

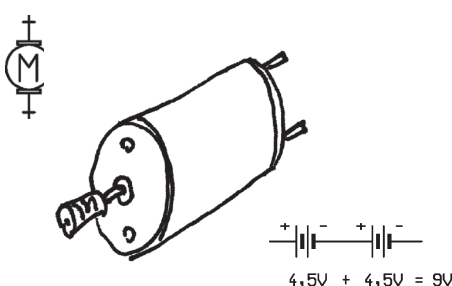
5. Pokus. Místo žárovky zapojíme piezokeramickou sirénku (viz obr. 6). V katalogu si najdeme typ, který funguje na napětí naší baterie. Místo malé 9V baterie bude lepší použít dvě ploché baterie 4,5 V, ze kterých je možno odebrat větší proud, zapojené za sebou, jejich napětí se sečte, bude 9 V (viz obr. 7). Sirénky mají naznačenou polaritu napájení, v katalogu je uvedeno, jestli mají souvislý nebo kolísavý tón a jeho sílu (uváděnou v dB) a rozměry a rozsah pracovního napětí.

nebo optočlenu, ale taková zapojení najdete v jiných článcích a teď už budete vědět jak obvod pracuje.

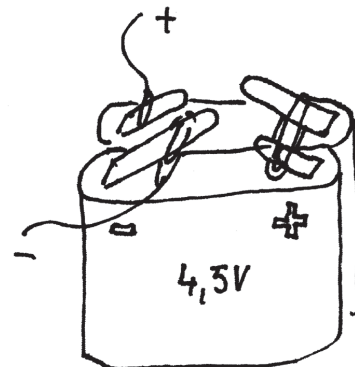
Když se podíváte na svůj obvod, vidíte, jak jste k němu postupně přidávali, jako když vlaštovka staví hnízdo a budete schopni ho postupně a logicky zapojit, nebo nakreslit jeho schéma a dělat změny. Je to hezký pocit?

Otázka na příště: proč má tranzistor BD135 v pouzdru díрку?

Odpověď na minulou otázku je jasná. Velikost kapacity je součet obou kapacit, $47 \text{ nF} + 22 \text{ nF} = 69 \text{ nF}$. Při pokusech se zvukem bude tón nižší.



Obr. 7



Co budeme potřebovat?

R1 rezistor 10k
BAT dvě nebo i jen jednu plochou baterii 4,5 V
R3 a R4 rezistory 390 nebo 150 Ω (pro 4,5 V)
R5 a R6 rezistory 22k
R7 rezistor 2k2 (nebo 1k2)
PI trimr 47k nebo

P1 potenciometr M47/N - lineární
C1 10 μ F 22 μ F 47 μ F 100 μ F (nebo i 470 μ F)
D1 LED zelená
D2 LED červená
IO integrovaný obvod 555 (např. NE555)
T1 tranzistor BD135, nebo podobný
TI tlačítko 2ks (stačí i zvonkové)
S piezokeramická siréna KPE222A nebo jiná

M ss motorek „na baterii“
Ž žárovka 3,5 V / 0,3 A (nebo 12 V / 0,1 A 6 V / 0,1 A nebo 12 V / 3 W do auta apod).
Nové zkratky :
M - mega - milión (M47)
N - označení lineárního potenciometru (M47/N)
dB - decibel - jednotka úrovně hlasitosti (90dB)

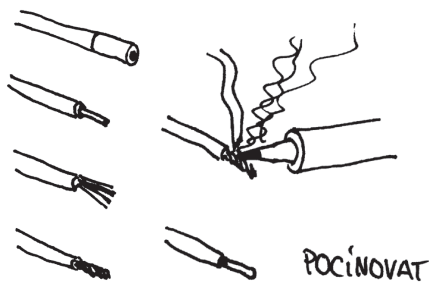
11. díl

Určitě jste si už vyhlédli nějaké zajímavé zapojení a chcete si ho postavit ze stavebnice. Budete potřebovat páječku. Úvodní informace a fotografie byly v KTE č.1, 3 a 4.

Pájení

Pro elektroniku se používají tyto páječky:

pistolová páječka
mikropájka
páječka na 24 V
páječka na 220 V (dnes 230 V).



Odizolování a pocínování vodičů

Pistolová páječka je pohotová, pro jednotlivé spoje i běžné pájení. Používá ji mnoho amatérů. Hřeje jenom při stisku tlačítka, pak ji můžeme odložit. V jejím tělese je transformátor, pájecí hrot je tvořen smyčkou měděného drátu o průměru 1,6 mm, který se může vhodně vytvářovat, musí se občas vyměňovat.

Nevýhoda: nemotorná pro jemné plošné spoje, od nástupu součástek CMOS se traduje, že se nemají pistolovou páječkou pájet. Na ty je nejvhodnější mikropájka.

Mikropájka je štíhlá a vhodná pro pájení na plošných spojích i jemných spojkách. Mívá vlastní zdroj s regulovaným na-

pětím pro nastavení požadované teploty. Hrot se lehce čistí o navlhčenou houbičku, nesmí se čistit pilníkem, nebo smírkem.

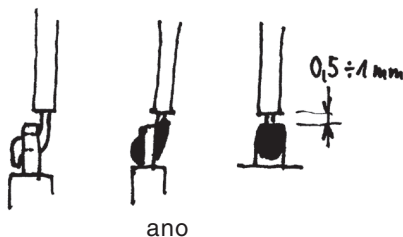
Nevýhoda: nelze s ní pájet silné dráty nebo větší předměty, nemá takovou tepelnou kapacitu, aby je mohla prohřát.

Páječka na 24V používaná mnohde ve výrobě je vhodná pro trvalý provoz a pájení po celou pracovní dobu. Má vyjímatelný měděný hrot, který prochází tělesem páječky. Ten je třeba pravidelně vyjmout, očistit od opalů - černého škrálopou a upravit tvar hrotu. Páječku je třeba odkládat na stojánek.

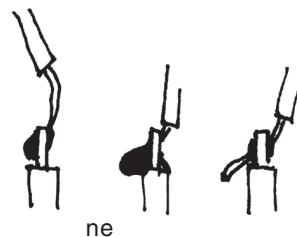
Nevýhoda: je zapotřebí transformátor na 24 V.

Páječka na síťové napětí.

Pro servisní techniky se používají malé, některé mají i jednoduchou odsávacíku s balonkem. Hrot je výměnný. Obvykle jsou z dovozu a je nutno se přesvědčit, jestli jsou schváleny pro používání podle našich předpisů. Páječku je třeba odkládat na stojánek.



ano



ne

Připájení na pájecí špičky; v levo dobře provedené, v pravo špatně
a) zaškvařená izolace, b) dlouhý „holý“ krk, c) příliš pájky, d) příliš dlouhý drát

Pájka

Pájka je slitina cínu a olova, kupujeme tzv. „trubičkový cín“. Bývá silnější, střední nebo tenký na plošné spoje. Mat-

zkroutit a před pájením pocínují. Při pocínování si můžeme pomoci kalafunou.

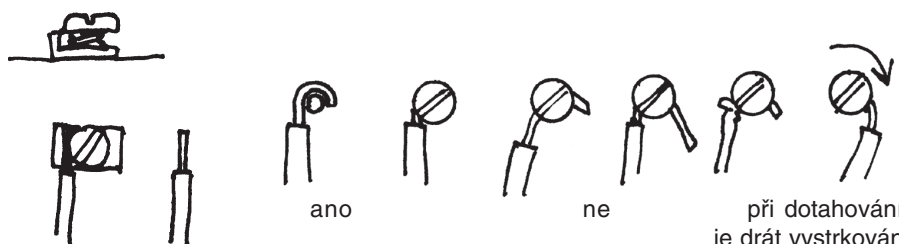
Montáž

Při upevňování vodiče pod šroubek vedeme vodič ve směru hodinových ručiček, aby se při dotahování nevystřsko-val.

Zakončení izolace

Přívody ke spojům musí mít izolaci asi 0,5 až 1mm od spoje.

Izolace nesmí končit moc daleko, aby vodič neměl dlouhý „holý krk“ a nebo naopak nesmí být moc krátká a zasaho-

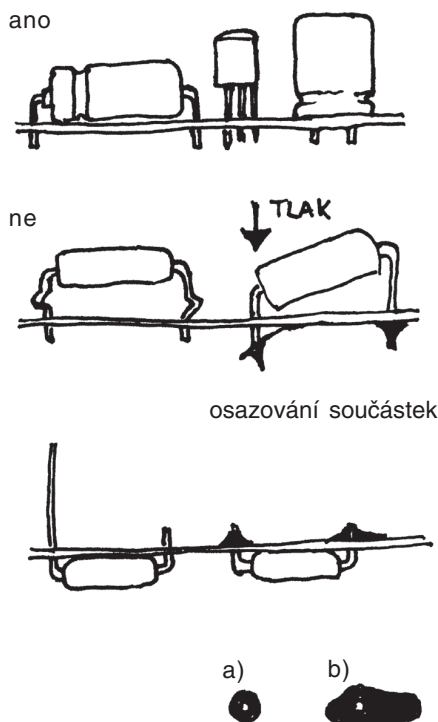


ano

ne

při dotahování je drát vystřskován

Připojení vodiče pod šroubek



Pájení součástek; a) správný spoj, b) příliš dlouho prohřívání spoje

vat do spoje, kde bývá obvykle zaškvařená do spoje, nebo je vodič pod hlavou šroubu přitisknut za izolaci a spoj není spolehlivě vodivý.

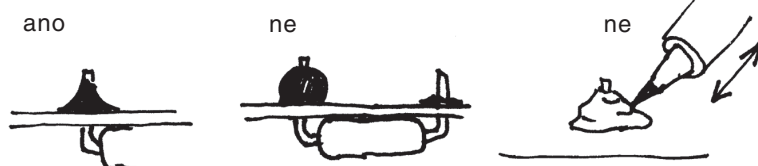
Osazování plošných spojů

Součástky se osazují naležato i nastrojato. Obvykle leží na desce, aby při zatlačení na součástku vývod na druhé straně neutrl vodivou cestu. Pokud se některé rezistory, které více hřejí, dávají nad desku, mají upravený tvar vývodů tak, aby působily jako zarážka. Také některé součástky jako jsou například tranzistory a LED se nechávají spodním okrajem asi 5 až 10 mm nad deskou, vývody příliš nezkracujeme.

Z praktického důvodu se obvykle nejdříve osazují nižší součástky, tedy rezistory a diody, pak vyšší a pak ostatní. Pokud to je možné, osazujte součástky do desky natočené hodnotou nahoru, nebo tak, aby byla vidět. Při opravách je pozdě se vztekat a pracně zjišťovat, co je to za součástku.

Postup

1. Součástce upravíme vývody pro založení do otvorů v desce a založíme.



Správný tvar jako Ještěd

2. Vývody zkrátíme na délku asi 1,5 až 2 mm nad deskou, nebo na takovou délku, jako mají vyčnívající vývody integrovaných obvodů, nebo konektorů.

3. Hrot pájky očistíme a lehce pocínujeme.

4. Hrot pájky přitiskneme na pájený spoj tak, aby se dotýkal i vývodu, i plošky spoje. Držíme.

5. Druhou rukou přidáme trochu pájky a opět vzdálíme.

6. Spoj se prolíje a pájku vzdálíme.

Do pájeného spoje pájkou nešťouráme, nevynouváme a znovu nestrkáme, spoj musí vzniknout najednou, jinak je jako postupně tuhnoucí láva. Do spoje nefoukáme. Vychladne sám.

Při pájení na pájecí špičky, například u reproduktorů, přepínačů apod, obvykle drát pouze vložíme do otvoru špičky, přihneme a zapájíme, háčkování se velmi špatně opravuje, nebo rozdělová, používá se v průmyslu. Vodič ze spoje na druhé straně nesmí vyčuhovat.



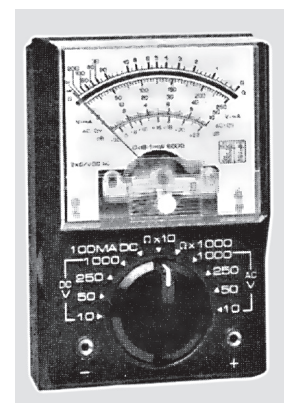
Digitální multimetr

Úprava osazené desky

Zkontrolujeme:

zda jsou osazeny všechny součástky, zda jsou na svých místech a správně, polaritu diod a elektrolytických kondenzátorů, orientaci tranzistorů a integrovaných obvodů.

Na straně spojů odstraníme ulpělé kapky pájky, odstřížky vodičů, zkontrolujeme, zda nejsou mezi vodivými cestami zkratky,



Ručkový měřicí přístroj

zkontrolujeme, zda jsou všechny součástky připájené.

Po zapájení můžeme desku na straně spojů očistit od zbytků kalafuny štetkem nebo kartáčkem na zuby namočeným v lihu. V průmyslové výrobě se desky ještě podle potřeby a účelu někdy lakují, nebo impregnují.

Pak teprve zkusíme obvod připojit na zdroj a ožивovat.

Měřicí přístroj

Elektrický proud nikdy neuvidíš, můžeme jen sledovat jeho účinky, různými metodami zkoumat funkci různých obvodů, jejich činnost, měřit. Pro základní měření se používají univerzální měřicí přístroje

- a) ručkový
- b) digitální

Vhodný ručkový měřicí přístroj by měl měřit:

napětí stejnosměrné i střídavé
proud stejnosměrný i střídavý
ohmický odpor.

Rozsahy a funkce se přepínají přepínačem, nesprávným použitím lze měřicí přístroj snadno poškodit, nebo zničit.

Pamatujeme: po každém měření vždy přepínač přepneme na nejvyšší rozsah, případně na měření střídavého napětí, aby se při příštím zbrklém připojení přístroj nezničil.

Digitálnímu měřicí se říká digitální multimetr - DMM a měl by měřit:

napětí stejnosměrné i střídavé
proud stejnosměrný i střídavý
ohmický odpor
zkoušet diody
mít zvukovou zkušedku vodivosti
případně i měřit tranzistory.

Levnější přístroje nemají střídavý proudový rozsah, nebo nemají automatické přepínání rozsahů. Dražší přístroje mají i další funkce, například pro měření kapacity, kmitočtu, teploty a další funkce pro sběr a zpracování měřených hodnot.

Vlastní tvořivost a technické vzdělávání jsou radostné i užitečné a je

vhodné je podpořit a tak v dopisu Ježíškovi můžete přidat i některé ze svých přání:

měřicí přístroj se šňůrami

páječka s příslušenstvím

odsávačka

katalog součástek

předplatné oblíbeného technického časopisu

kleště štípací stranové - pro elektroniku jemnější

kleště štíhlé půlkulaté nebo ploché

pinzety

3 šroubováky - úzký, střední, širší

křížový šroubovák

Nemusíš si přát celou soupravu speciálního nářadí, můžeš si ho vybrat postup-

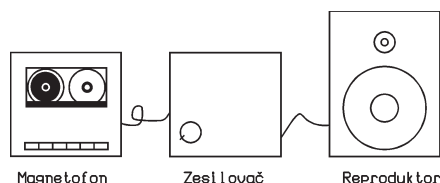
ně podle svých požadavků a vlastní úvahy.

A pamatuj: štípací kleště si vybírej stejně pečlivě jako měřicí přístroj. Pokud nebudou dobře štípat i tenké vodiče a vývody součástek, budou pro zlost do té doby než si koupíš opravdu kvalitní a dobré.

12. díl

Zesilovač

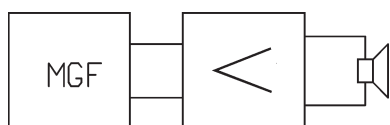
Zvuk nahraný na magnetofonovém pásku se přehrává magnetofonem, který má vlastní zesilovač, nebo se připojuje k jinému zesilovači (obr. 1). Kabelem od magnetofonu je slabý elektrický signál přiveden na vstup zesilovače, zesilovač signál zesílí a z výstupu zesilovače je přiveden do reproduktoru, který přemění elektrické napětí signálu na mechanický pohyb membrány reproduktoru, která rozechvívá vzduch a naše uši to vnímají jako zvuk. Naše uši vnímají zvuky v rozsahu asi od 20 Hz do 20 kHz (většina lidí méně) a tento rozsah kmitočtů označujeme jako nízkofrekvenční nebo zkratkou NF. Rozhlas vysílá na vysokých kmitočtech, označujeme je jako VF.



Obr. 1 – Připojení magnetofonu k zesilovači

Obr. 1 je ilustrační, technik si udělá obrázek spojení ucelených bloků (obr. 2) jako tzv. blokové schéma, správně by se mělo říci generální schéma. Zcela logicky vidíme, že ze zesilovače jdou dva vodiče na reproduktor a od magnetofonu jdou do zesilovače také dva vodiče, i když v jednom kabelu. Zesilovač potřebuje také napájení stejnosměrným napětím. Míňus pól zdroje je spojen se zemí a tato zem je společná

- pro zdroj signálu - magnetofon, aj.
- pro vstup zesilovače,
- (zde i pro výstup na reproduktor)
- pro míňus napájecího zdroje.



Obr. 2 – Blokové schéma zapojení z obr. 1

Stínění

Zesilovač zesiluje střídavé elektrické napětí, které je na vstupu. I to které nechceme. Kdybychom pro připojení mikrofonu, gramofonu, magnetofonu, nebo jiného zařízení použili obvyklý vodič, na-indukovalo by se do něj střídavé napětí z okolního elektromagnetického pole. Nejsilnější bývá tzv. síťový brum s kmito-



Obr. 3 – Stíněné vodiče

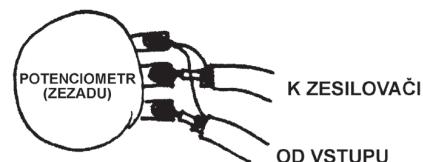
četm 50 Hz a rozhlasové vysílání nějaké silné středovlnné stanice, které slyšíme z reproduktoru. Dotykem prstu na vstup se tento signál ještě zesílí. Vstup se chová jako živý a tak také říkáme že vstup má svorku živou a zemní. Proto se signály na vstup přivádějí stíněným vodičem.

Středem kabelu jde izolovaný živý vodič a okolo něj je stínící vodivý obal, který se spojuje se zemí. Je jich víc druhů - pro svod od antény, pro počítačové sítě, mikrofonní kabel atd. Pro náš účel použijeme tenký stíněný vodič a budeme vybírat buď

- a) stíněný drát (obr. 3a) - pro nepohyblivé spoje v přístroji
- b) stíněné lanko (obr. 3b) - pro pohyblivé spoje - například od mikrofonu, magnetofonu, gramofonu, atd.

Regulátor hlasitosti

Dosud nejobvyklejším regulátorem hlasitosti je potenciometr. Aby bylo nastavení hlasitosti plynulé, koupíme si logaritmický s označením G. Tedy například 100k/G. Při použití lineárního potenciometru by se hlasitost najednou zvětšila nebo najednou ztížila. Lineární potenciometr máme z předchozích pokusů, tak si to zkuste, jinak tomu nemusíte věřit. Obvyklá hodnota potenciometru pro hlasitost bývá někde v mezích hodnot od 10 kΩ do 1 MΩ. Použijeme-li některou z těchto hodnot, neuděláme chybu. Pro dnešní pokusy použijeme podle doporu-



Obr. 4 – Připojení potenciometru

ručených schemat 10 kΩ (nebo hodnotu do 50 kΩ). V podstatě jde o to, že

- je-li jezdec vytočen k hornímu konci potenciometru, jde signál přímo do vstupu zesilovače,
- je-li jezdec vytočen na poloviční odpor, je velikost signálu na vstupu poloviční,
- je-li jezdec vytočen k zemi, je velikost signálu a tím i hlasitost malá, nebo žádná.

Živý nestíněný vodič musí být co nejkratší, stínění musí končit co nejbližší živému vývodu a pak teprve je stínící vodič přiveden na zemní vývod. (Viz obr. 4).

Zesilovač s LM386

Funkci zesilovače si ukážeme na integrovaném obvodu National Semiconductor Corporation LM386. Podle hodnot v katalogu ho lze :

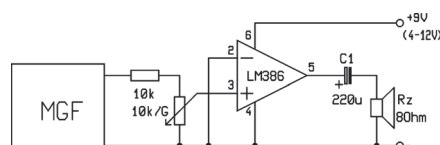
- napájet z baterie napětím 4 až 12 V,
- má malý klidový odběr proudu asi 4 mA,
- má výkon asi půl wattu,
- není třeba nastavovat žádný pracovní bod,
- je zapotřebí jenom několik doplňujících součástek.

Základní zapojení a rozmístění vývodů je na obr. 5.

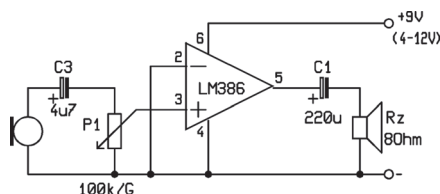
Číslování vývodů je opět při pohledu zhora. Je orientované od značky a jde proti směru hodinových ručiček.

Soustředíme se na jednotlivé vývody

- 6 + napájení
- 4 - napájení
- 3 vstup
- 5 výstup



Obr. 5 – Základní zapojení zesilovače s LM386



Obr. 6 – Připojení mikrofону

Dále si do schématu doplníme
2 další vstup, ten bude uzemněn
1,8 pro nastavení zesílení obvodu
7 (nějaká) kompenzace, zatím nás nemusí rozptylovat, prostě tam je.

Popis schématu omezíme na jediné vysvětlení, že na výstupu č. 5 je stejnosměrné napětí a kdybychom na něj přímo připojili reproduktor, výstup by se zkratoval a obvod by se zničil. Proto je reproduktor k výstupu připojen přes kondenzátor, zde asi 220 mF. Kdo má voltmetr, může si změřit, že na výstupu je v klidu poloviční napětí zdroje, tedy při napájení 9 V bude 4,5 V. To je střední hodnota, od které se v rytmu zesilovaného signálu mění nahoru i dolů a tyto změny se přenášejí přes vazební kondenzátor na reproduktor.

Reproduktor

Na první pohled vidíme, že reproduktory jsou malé a velké, slyšeli jsme, že jsou i basové, výškové a středové. Nás teď zajímá jeho R_z , tedy odpor kladený střídavému proudu, tzv. impedance. Reproduktory se vyrábějí s impedancí nejčastěji 4 W nebo 8 W. Jsou i jiné, obvykle to bývá na reproduktoru napsané.

Pro LM386 je doporučená hodnota 8 W. Menší hodnota by obvod více zatěžovala a mohla by ho zničit. Co se týče rozměrů, koupíme si raději větší, rozechvívá více vzduchu a zvuk je silnější, než z malého.

Při pokusech se osvědčil elipsovitý ARE 568

Pokus 1

Podle obr. 5 si náš zesilovač připojíme k magnetofonu, je jedno jestli kotoučového, nebo kazetového decku, hlavně musí mít výstup na zesilovač. Zatím se nepokoušejte strkat žádné drátky do konektoru pro sluchátka! Walkmana byste si mohli zničit zkratem na výstupu dřív než byste řekli švec! Žádné varování, podeřelé zvuky, zápach, nic, jenom ticho a šlus.



Obr. 7 – Elektrový mikrofon a schématická značka mikrofону

Při správně zapojeném potenciometru je při vytočení osy vpravo hlasitost nejvyšší. Pokud je signál hodně silný, bude zvuk naplno zkreslený, chraplavý. Zesilovač je tedy přebuzený.

Co můžeme zlepšit:

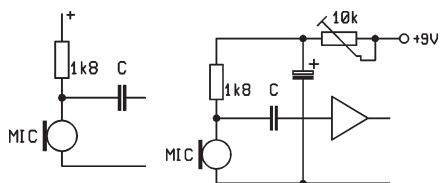
Aby nedocházelo k přebuzení příliš silným signálem, omezíme velikost vstupního napětí na polovinu, vřazením rezistoru s hodnotou velkou asi jako hodnota potenciometru.

Pokus 2

Na vstup si připojíme mikrofon. Pod ruku by se nám mohl dostat některý z těchto typů:

- dynamický - kvalitní mikrofon, dražší
- krystalový - dobrý mikrofon, levnější
- uhlíkový - z telefonního přístroje
- piezoelektrický - elektretový.

Dynamický nebo krystalový můžeme k zesilovači připojit přímo - obr. 6.



Obr. 8 – Napájení mikrofону

Pokus 3

Pokud pro pokusy žádný mikrofon doma nemáme, koupíme si piezokeramický - elektretový - viz obr. 7.

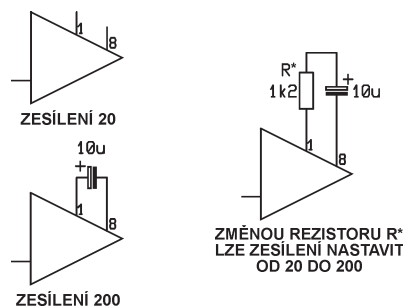
Uhlíkový nebo piezoelektrický musí mít napájení. Zapojení doplníme o napájení mikrofónu - viz. obr. 8. Místo rezistoru R_2 můžeme použít trimr a jím zkusit nastavit citlivost. Počáteční nastavení trimru - na maximální odpor, jinak budeme marně hledat chybu.

Jeden vývod mikrofónu bývá živý, druhý zem. K zesilovači ho připojíme stíněným kabelem asi 2 až 3 m dlouhým. Při pokusech dáme mikrofon co nejdále od reproduktoru, aby nedocházelo k rozpískávání zpětnou vazbou, třeba za dveře. Místo směšného foukání do mikrofónu a slov „jedna, dva, tři, zkouška rozhlasu“ dáme mikrofon k slabě puštěnému rádiu a zesilovač s reproduktorem necháme u sebe.

Zpětná vazba vzniká tím, že mikrofon snímá i zvuk z reproduktoru, tento zvuk se opět dostává do zesilovače a ten ho znovu zesílí a zase dokola a protivně to píská a houká. Zkuste si to. Mikrofon prostě otočte k reproduktoru a zesilovač hodně zesílí.

Pokus 4.

Zesilovač má napěťové zesílení 20. Připojením kondenzátoru mezi vývody 1 a 8 se zesílení zvětší až na 200 - viz obr. 9.



Obr. 9

Zesilovač je citlivější, snímá i slabší zvuky. Místo mikrofónu zkusíme zapojit reproduktor - viz obr. 10. Ejhle reproduktor se chová jako citlivý mikrofon. To se dá použít pro dorozumivací zařízení, tzv. interkom, kdy se reproduktor přepíná na vstup, nebo na výstup. Opět můžeme zkusit připojit různé druhy mikrofónů.

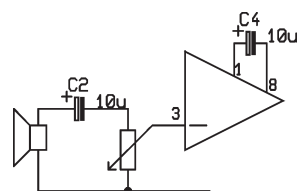
Pokus 5

Co reproduktor? Leží na stole a při vhodném umístění se zvuk zesílí. Stačí do roviny s membránou přiložit rozvěšené dlaně, nebo velký sešit. Zvětšením ozvučné plochy se zvuk zesílí, protože se od ní odráží směrem k posluchači, neutíká do všech stran. Ještě lepší účinek bude mít reproduktor v nějaké skřínce, pro pokusy stačí tvrdší uzavřená lepenková krabice. Aby nedrnčela, je dobré ji vyplnit nějakou vatovou vycpávkou, molitanem, nebo alespoň dobře přelepit lepicí páskou. Pro přívod k našemu reproduktoru můžeme použít dvojlinku. Pro připojení se používají buď reproduktorové konektory, sousedé konektory CINCH (čteme cinč) nebo svorky. Kdo použije zdířky, musí si dát pozor, aby si přívody k reproduktoru nezkratoval a nezničil si tak zesilovač! Pokud jsou na přívodu k reprobedně banánky, je dobré, aby jeden přívod byl delší než druhý, aby při položení volně na stole nedošlo k náhodnému dotyku.

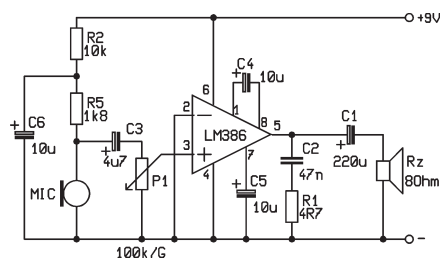
Pokus 6

Zbývá nám doplnění schématu o ostatní součástky - viz obr. 11. Na vývodu 7 bývá připojený kondenzátor na zem, tzv. bypass. Berme to jen jako fakt a kondenzátor tam můžeme doplnit.

Některé zesilovače mívají z výstupu na zem kondenzátor asi 100 nF v sérii s rezistorem asi 1 až 10 Ω , tzv. Boucherotův člen. Ten odstraňuje zakmitávání.



Obr. 10 – Reproduktor jako mikrofon



Obr. 11

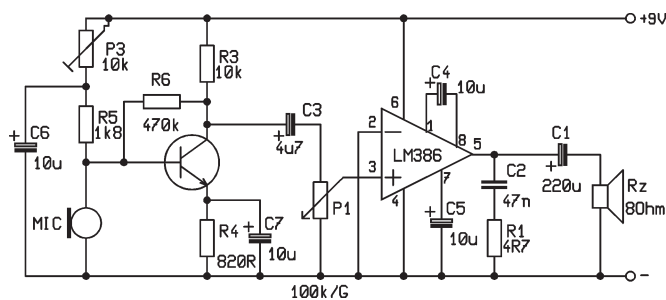
vání zesilovače na vysokých kmitočtech, které se projevuje náhlým zkreslením při zvětšení zesílení, nebo při silných špičkách signálu, nebo ošklivým zvukem už od počátku. To bývá vidět na osciloskopu, projevuje se to i zvětšením odběru proudu, nebo zahříváním obvodu.

LM386N-1 tento člen nepotřebuje, v katalogu je určen pro LM386N-4 s výkonem 1 W člen s kondenzátorem 47 nF a rezistorem 10 Ω (viz obr. 12). Nicméně při pokusech na zkušebním vzorku na nepájivém kontaktním poli k zakmitávání docházelo a musel být použit kondenzátor 47 nF s rezistorem 4,7 Ω. Ve schématu v katalogu je použit rezistor 10 Ω, v jiném schématu je použit samotný kondenzátor 100 nF, tak si vyberte, nebo se přidrže doporučených, ověřených schémat, které v literatuře najdete.

Otázka na příště: rezistor 4,7 Ω mívá označení 4j7 nebo 4R7. Čtyřka má barevný kód žlutou a sedmička fialovou. Jaký je barevný kód tohoto rezistoru?

Pokus 7

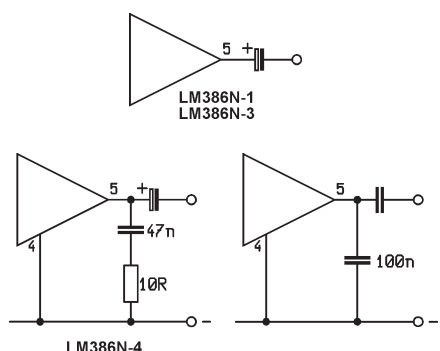
Co když před náš koncový zesilovač přidáme ještě předzesilovač? Postavíme si velice jednoduchý. Viz obr. 13. Zapojení můžeme vylepšit tím, že místo rezistoru v bázi použijeme trimr a s ním v sérii ochranný rezistor, aby ani při vytočení trimru na minimum nedošlo ke zničení tranzistoru velkým proudem do báze. Je to takové blbovzdorné zapojení, v praxi



Obr. 13 – Schéma zapojení s mikrofonním předzesilovačem

se nastavená hodnota změří ohmmetrem a nahradí pevným rezistorem a trimr se použije jinde.

Při oživování nastavíme trimr na největší odpor a pak můžeme zkusit jenom podle ucha nastavit pracovní



Obr. 12

bod tak, aby obvod přiměřeně zesiloval a nezkrusoval. Měření si probere až po vánocích.

Opět si zkusíme na vstup připojit elektretový mikrofon, mikrofon nebo reproduktor a výsledky zhodnotíme a zapíšeme do sešitu. Budou se hodit.

Pamatuj, že zesilovač má základní vlastnosti: napěťové zesílení, tedy kolikrát zesílí a u koncového zesilovače nás zajímá výkon.

Oprava z čísla 10. Hodnoty rezistorů v rozpisce jsou správně, jenom ve schématu je místo 10 kΩ uvedeno 20 kΩ.

Použité součástky

R1	4j7 rezistor
R2	10k rezistor
R3	8k2 rezistor
R4	680 rezistor
R5	1k8 rezistor
R6	M1 rezistor
P1	10k/G logaritmický potenciometr
P2	M47 trimr
P3	10k trimr
C1	220 μF všechny kondenzátory stačí na 10V (nebo 16V)
C2	47 nF
C3,8	4,7 μF
C4,5,6,7	10 μF
IO	LM386 integrovaný obvod
Mi	elektretový mikrofon (např. MCE101)
Rz	reproduktor 8 W (např. ARE568)

nepájivé kontaktní pole
asi 0,5 m měděného izolovaného drátu o průměru 0,6mm
asi 2 až 3 m stíněného drátu o průměru asi 3 mm
asi 1 až 2 m dvojlinky 2x0,75 mm²
dvě ploché baterie 4,5 V (nebo 4 tužkové články 1,5 V v držáku)
Poznámka: Osvědčily se také napájecí zdroje:
- MW 9115GS regulovatelný ss napájecí zdroj
- MW500GS adaptér
- MW300GS adaptér
přepnuté na rozsah 6 V i 7,5 V.

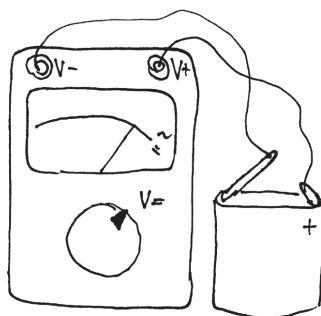
13. díl

Univerzální měřicí přístroj

Měřicí přístroj není svinovací, nebo zednický metr, ale citlivý přístroj, který je možno nesprávným zapojením poškodit nebo úplně zničit a proto je nutné naprosto přesně vědět, co děláme a mít jistotu, že to je správné. Jinak můžete pozdě plakat a šetřit si na nový. Tak do toho.

Předně si zjistíme, co můžeme svým univerzálním měřicím přístrojem měřit. Obvykle to bývá:

NAPĚTÍ (voltage) a PROUD (current) a rozlišujeme zda je



Obr. 1 – Měření napětí ručkovým měřicím přístrojem

STEJNOSMĚRNÝ (DC) nebo STŘÍDAVÝ (AC)

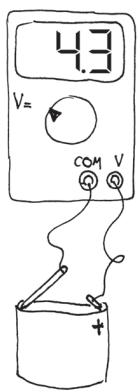
Také obvykle můžeme měřit ohmický odpor, tedy rezistory.

První měření

Změříme napětí ploché baterie.

Digitální měřicí přístroj:

1. Připravíme si měřicí přístroj a najdeme zdířky pro měření napětí. U jedné bývá napsáno V a druhá bývá označena COM (common - společná) - je společná i pro ostatní druhy měření. Do zdířek za-



Obr. 2 – Měření napětí Dmm

pojíme měřicí šňůry s hroty, nebo se svorkami, kterým se říká krokodýlky (aligator).

2. Přepínač funkcí a rozsahů (range) přepneme na měření stejnosměrných napětí a pokud je rozsahů víc, přepneme na největší rozsah.

3. Měřicí šňůry připojíme na měřenou baterii.

4. Na displeji přečteme naměřenou hodnotu.

5. Pokud je rozsah moc velký, před měřením číslem je několik nul, zmenšíme rozsah. Dokonalejší a tím i dražší měřicí přístroje mají samočinné nastavování rozsahu - AUTORANGE.

6. Po skončení měření přístroj vypneme (OFF).

No a to je celé. Takhle jednoduše si můžete změřit i jiné stejnosměrné napětí.

Ručkový měřicí přístroj

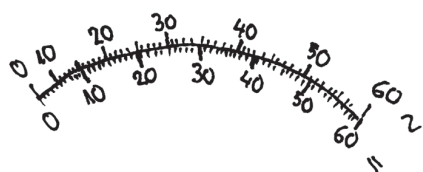
1. Připravíme si měřicí přístroj a najdeme zdířky pro měření napětí. Bud' bývají označené V obě, nebo je u jedné napsáno V a druhá bývá společná i pro ostatní druhy měření. Obvykle bývá jedna zdířka označená + a tak musíme při měření napětí polaritu dodržet. Do zdířek zapojíme měřicí šňůry s hroty, nebo se svorkami, kterým se říká krokodýlky.

2. Přepínač funkcí a rozsahů (range) přepneme na měření stejnosměrného napětí a přepneme na největší rozsah.

3. Měřicí šňůry připojíme na měřenou baterii.

4. Na stupnici přečteme naměřenou hodnotu.

5. Pokud je výchylka ručky moc malá, je rozsah moc velký a přepnutím ho zmen-



Obr. 3 – Stupnice ručkového měřicího přístroje

šíme. Nejvhodnější by byl takový, aby ručka byla ve druhé polovině stupnice.

6. Velikost měřené hodnoty zjistíme přečtením výchylky ručičky na stupnici a výpočtem podle nastaveného rozsahu. Je to jednoduchá trojčlenka, nebojte se počátku vzít tužku a papír, brzy zjistíte, že to jde rychle i zpaměti.

7. Po skončení měření přepneme na největší rozsah.

Výpočet hodnoty podle rozsahu voltmetru

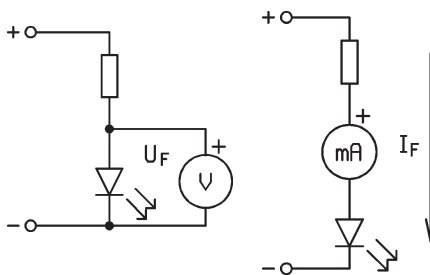
Máme tři čísla:

rozsah (například 6V)

počet dílků na stupnici - podle poslední číslice na stupnici (například 60)

výchylka ručky - na kolikátý dílek ukazuje (například 43)

Trojčlenku jednoduše odvodíte tak, že vypočtete napětí na jeden dílek a potom znásobíte počtem dílků. Naměřená hodnota je tedy podíl rozsahu a počtu dílků na stupnici a to celé znásobené výchylkou ručky.



Obr. 4 – Měření napětí a proudu

$$U = (6/60) \times 43$$

$$U = 0,1 \times 43$$

$$U = 4,3 \text{ [V]}$$

jednotky píšeme do hranaté závorky

Někdo uvažujete obrazně: 6 V odpovídá 60 dílkům

50 dílků je 5 V

40 dílků jsou 4 V

a 43 dílků je tedy 4,3 V

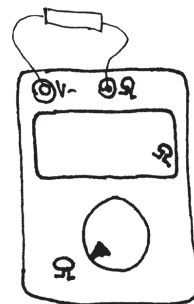
Nejlépe se čte na rozsahu, který má napětí stejné jako počet dílků na stupnici, například při 60 dílcích rozsah 60 V. U rozsahů 6V nebo i 600V dělíme nebo násobíme deseti.

U většiny ručkových měřících přístrojů jsou rozsahy voleny tak, že výchylku ručky násobíme nebo dělíme dvěma a výsledek ještě patřičně znásobíme nebo dělíme násobkem deseti.

Například u měřicího přístroje, který má na stupnici 50 dílků:

- na rozsahu 25V výchylku ručky dělíme 2 protože dílků je dvakrát víc než má měřený rozsah napětí. Takže při výchylce 22 dílků je naměřené napětí: 22 děleno 2 a to je 11 V. A podobně

- na rozsahu 10V budeme výchylku ručky násobit 2, takže při výchylce 22



Obr. 5 – Měření rezistoru

dílků je naměřené napětí: 22 krát 2 a to je 44. Rozsah je jen do deseti voltů a protože výsledné napětí nemůže být větší než měřený rozsah, výsledek dělíme deseti a máme 4,4 V.

Takže stačí kouknout na rozsah, odhadnout velikost napětí a počet dílků jen znásobit nebo podělit dvěma a upřesnit správný výsledek.

Stupnice

U ručkových měřidel jsou obvykle pro měření napětí a proudů dvě stupnice.

Lineární - rovnoměrná pro stejnosměrná měření, označená =

Nelineární - na začátku zhuštěná - pro střídavá měření, označená ~

Je jasné, že musíme číst na správné stupnici.

U měření proudů to je obdobné, měření se liší zapojením.

Při měření napětí voltmetr připojíme na měřený objekt, jako když přiložíme zednický metr.

Při měření proudů ampermetr vřadíme do obvodu, proud ampérmetrem protéká jako voda vodoměrem.

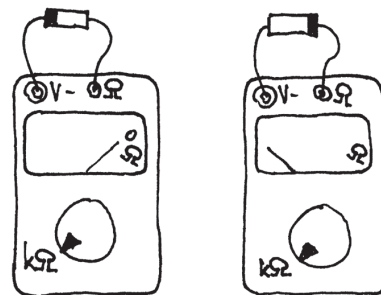
Pamatuj:

Po skončení měření proudů vždy přístroj odpoj z obvodu a přepni na měření napětí a na nejvyšší rozsah.

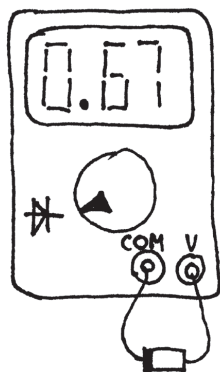
Před měřením si nejdříve měřicí přístroj připrav, zkontroluj a pak teprve zapoj.

Ten, kdo přístroj nejdříve připojí a pak teprve přepíná funkce a rozsahy, ho brzy zničí.

Pozor, zatím smíme pracovat jenom s malým napětím do 50V. Povídání o vy-



Obr. 6 – Měření diody v propustném (vlevo) a závěrném směru (vpravo)



Obr. 7 – Zkoušení diod na DMM

hláše č.50/78 Sb. a normách je na samostatný článek. Prostě musím především dbát na bezpečnost a zdraví. Síťové zásuvce se zatím zdaleka vyhneme.

Měření rezistorů

Přepneme na měření rezistorů, některé přístroje mají různé rozsahy měření, připojíme rezistor a hodnotu změříme.

Velké rezistory nedržíme v prstech, protože měření ovlivní odpor těla a měření je nepřesné. Zkuste si podržet měřicí hroty v prstech a ejhle, měříte sami svůj vlastní odpor. Suché ruce mají odpor větší než vlhké, starší silná kůže větší než mladá tenčí.

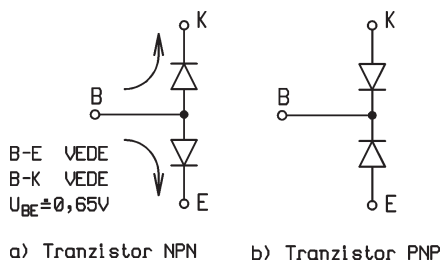
Malé rezistory zase ovlivní odpor přírodních šňůr. Zkuste si změřit odpor rezistoru 4,7 ohmu použitý v zesilovači ze školičky v č.12. Naměříte víc? Když měřicí šňůry přímo spojíte, naměříte nějaký malý odpor, například 0,6 ohmu. Po připojení k rezistoru naměříte například 5,3 ohmu. Těch 0,6 ohmu tedy není odpor rezistoru a po jeho odečtení je výsledný odpor $5,3 - 0,6 = 4,7$ ohmu.

Zkoušení diod

Dioda je v jednom směru propustná - má malý odpor

a v druhém směru je nepropustná - má velký odpor.

U ručkového měřidla diodu změříme ohmmetrem přiložením šňůr na anodu a katodu diody v jednom směru a pak vývody prohodíme. V jednom směru bude výchylka ručky velká, ve druhém malá. Dioda je dobrá.



Obr. 8 – Znázornění tranzistorů

Má-li v obou směrech odpor malý, nebo nulový - je špatná - je zkratovaná.

Má-li v obou směrech odpor velký, nebo nekonečný - je špatná - je přerušená.

U digitálního měřidla zkusíme diodu přepnutím na značku diody.

Na displeji je nějaké číslo, což je dané nějakým zkušebním napětím. To nás nezajímá.

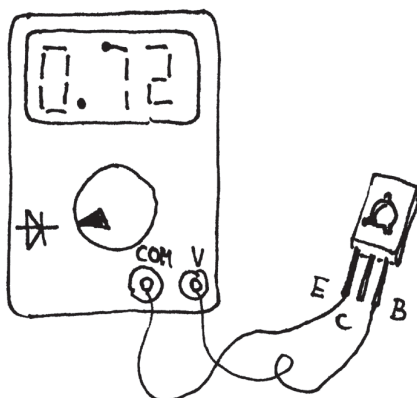
Připojíme-li diodu v nepropustném směru - tedy - na anodu a + na katodu, číslo se nezmění, dioda nevede.

Připojíme-li diodu v propustném směru - tedy + na anodu a - na katodu, naměříme u dobré diody napětí UF, které bývá asi 0,6 až asi 0,8V u křemíkových diod a asi 0,2 u germaniových diod

Zkoušení tranzistorů

Tranzistor můžeme zkoušet jako dvě diody proti sobě. A také rozlišíme jestli je NPN nebo PNP.

Postup je shodný. Zkusíme tranzistor, které máme, tedy NPN :



Obr. 9 – Zkoušení tranzistoru na DMM

Nejdřív dáme šňůru s polaritou + na bázi. Báze proti emitoru - vede a báze proti kolektoru -vede.

Potom šňůry prohodíme, na bázi dáme šňůru s polaritou -. Báze proti emitoru nevede a báze proti kolektoru nevede.

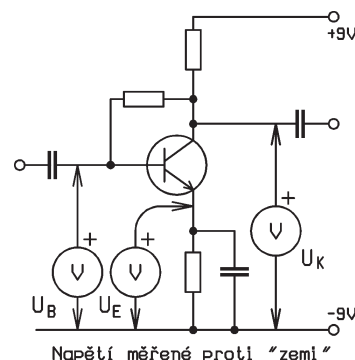
U digitálního měřicího přístroje stav „vede“ zpřesníme tím, že vidíme u křemíkového tranzistoru napětí na přechodu báze-emitor i báze-kolektor asi 0,6 až asi 0,8V.

Je-li toto napětí 0, je přechod zkratovaný a tranzistor je špatný.

Je-li toto napětí stejné jako při nepřipojeném tranzistoru, je přechod přerušovaný a tranzistor špatný.

Měření tranzistorů

Některé univerzální měřicí přístroje mají funkci měření tranzistoru. Bývá označena h21 a na přístroji bývá patice s otvory pro vsazení nožiček tranzistoru. Než začnete měřit, zjistěte si, kde má



Obr. 10

váš tranzistor EMITOR, BÁZI a KOLEKTOR. Při špatné polarizaci by tranzistor vypadal jako vadný a zbytečně byste vyhodili dobrý. Značka h21 označuje proudový zesilovací činitel tranzistoru, tedy kolikrát zesiluje. Toto číslo bývá uvedené v katalogu, některé tranzistory mívají asi od 20 až do 100, jiné až do 1000, podle typu. Změřením byste měli doplnit předchozí vyzkoušení.

Měření v obvodech

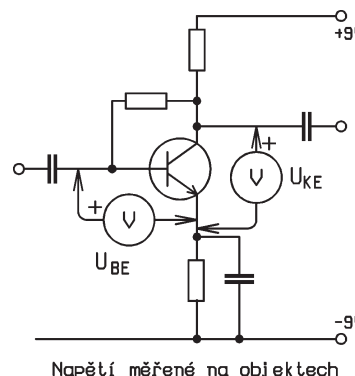
Obvykle se skoro všechna napětí měří „proti zemi“, tedy jeden pól měřidla je připojen na „mínus“ nebo jak se říká „na kostru“, je dobré použít krokodýlek a hrotem druhé šňůry se dotýkáte jednotlivých bodů v zapojení a měříte napětí. Zkuste si změřit různá napětí, která byla uváděna v předchozích pokusech. Všimněte si, že u fungujícího tranzistoru bývá napětí mezi bázi a emitorem u křemíkových tranzistorů U_{BE} asi 0,65V.

Bez měřicího přístroje zůstanete jenom teoretiky, kdo ho nemá, může si v katalogu vybrat podle své představy a možnosti, nebo si nechá poradit od odborného prodáváče.

Příště se podíváme na základy napájecích zdrojů.

Nová slovíčka

voltage	- napětí
current	- proud
range	- rozsah
aligator	- krokodýlek (svorka)
COM	- common - společná svorka



Obr. 11

Napájení elektronických obvodů – napájecí zdroje

V předchozích pokusech jsme používali k napájení baterii. Napájení z baterie je bezpečné a jednoduché, přístroje jsou přenosné, baterie je možno koupit dnes prakticky kdekoli, nevýhodou je odpad při jejich vybití.

K napájení v domácím prostředí se používá rozvodná síť. Napájecí zdroj může vypadat například jako na obrázku 1.

Má tyto hlavní části:

- síťovou šňůru
- síťový vypínač
- pojistku
- transformátor
- usměrňovač
- filtrační kondenzátor
- stabilizátor.

Transformátor

Transformátor mění síťové napětí na menší. Má dvě vinutí - primární a sekundární.

Na transformátoru obvykle bývají napsány základní údaje, například :

- 220V/12V 0,375A nebo
- 220V/12V 4,5VA.

To znamená, že transformátor připojený primárem na síťové napětí 220 V má na sekundárním vinutí napětí 12 V.

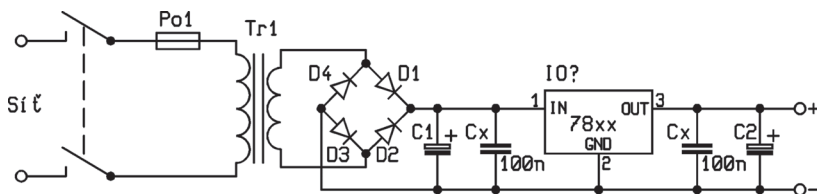
Údaj 0,375A říká, že z transformátoru lze odebírat proud asi do 0,38 A. Při větším odběru by se transformátor zahříval nebo by se mohl spálit. Proto se do přívodu zařazuje pojistka.

Obecně se dá říci, že pro malé příkony jsou malé transformátory a pro větší příkony jsou větší transformátory, je to vidět i na první pohled.

Síťový transformátor také odděluje napájený přístroj od sítě a jejích nebezpečí, která mohou člověka ohrozit, zranit, zabít. Proto také musí být síťový transformátor a celá síťová část provedena tak, aby nedošlo k úrazu nebo požáru. Zásady a základní předpisy jsou na samostatný článek. V této části školičky pojednáváme o síťovém napájení pro teoretické poučení a pro výchozí poučení o obvodech pro napájecí zdroje a stabilizaci.

Usměrňovač

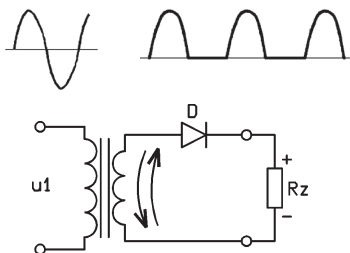
Transformátor mění střídavé síťové napětí opět na střídavé. Toto střídavé na-



Obr. 1 – Schéma zapojení jednoduchého zdroje stabilizovaného stejnosměrného napětí

pětí se mění na stejnosměrné usměrňovačem. Nejjednodušší usměrňovač je polovodičová dioda - viz obr. 2. Polarita napětí na sekundáru se mění v rytmu kmitočtu sítě. Napětí má tvar sinusoidy - vzrůstá a klesá ve vlnách 50 krát za sekundu.

V kladné půlvině může proud diodou téci, v záporné půlvině proud diodou neteče. Proud tekoucí diodou a dalšími obvody má jen jeden směr, stále stejný, je stejnosměrný. Pokud proud teče jenom touto jednou cestou, je usměrnění jednocestné. Druhá, záporná půlvině je nevyužitá.



Obr. 2 – Nejjednodušší usměrňovač

Na obr. 3 je zapojení dvoucestné, říká se mu Graetzovo. Je tvořeno čtyřmi diodami.

V jedné půlvině teče proud diodou D1, teče napájeným obvodem - zátěží R_z a dál diodou D3 a zase do sekundáru - viz obr. 3a.

V další půlvině teče proud diodou D2, teče napájeným obvodem - zátěží R_z a dál diodou D4 a zase do sekundáru - viz obr. 3b.

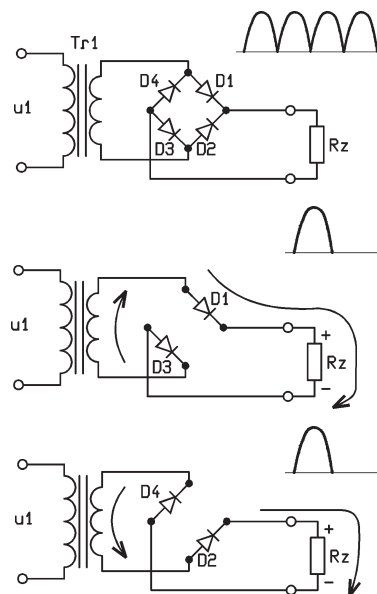
V obou případech teče proud zátěží stejným směrem, jsou využívány obě půlvině, usměrnění je efektivnější a i na grafu je vidět, že plocha jednotlivých půlvln je hustá, zatímco u jednocestného usměrnění řidká jako plačkový plot. Trochu divoké přirovnání, ale snad to je pro přirovnání dost názorné a zdůvodňuje, proč se ve většině případů používá zrovna tento druh usměrnění.

Praktické provedení napájecího zdroje

Transformátor

Použijeme bezpečně provedený, například zdroj pro napájení elektrického

14. díl



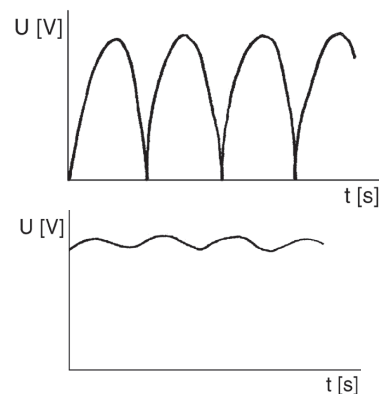
Obr. 3 – Schéma zapojení dvoucestného usměrňovače a jeho princip

vláčku s vyvedeným střídavým napětím, napájecí zdroj pro halogenová světla 12V v kompaktním zakrytovaném provedení s pojistkou a tepelnou ochranou, nebo podobný. Redakce Radia + připravila v KTE č.11/97 kompaktní zakrytovaný zdroj 12V/300mA.

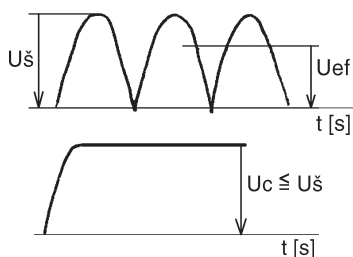
Usměrňovací diody volíme podle proudu a provozního napětí. Najdete je v katalogu, například KY 130/80 je dimenzována na proud 300mA a 80V, nebo KY132/80 snese proud do 800mA.

Filtrační kondenzátor

Všechno se dá nějak vypočítat, nebo okoukat podle podobných zapojení. Lze říci, že se kondenzátor volí podle maximálního proudu asi tak, že pro 1A bývá 2000 μF . Takže ve zdroji pro malý odběr asi 100mA stačí kondenzátor asi 200 F. Obdobně se ve zdroji s předpokláda-



Obr. 4 – Usměrněné napětí bez filtrace a stejnosměrné napětí po filtraci s malým zvlněním



Obr. 5 – Špičková a efektivní hodnota a napětí na filtračním kondenzátoru

ným odběrem 5A použije kondenzátor asi 10 000 μF .

Pamatujeme si pomůcku - 1000 μF .je pro proud asi 0,5A

Opět narážíme na značení kondenzátorů.

2000 μF bývalo dříve označováno jako 2G podle odvození od 2 000 000 000 pF. Připomeneme si předpony podle nul, po řadě to jsou kila, Mega a Giga. V novém značení je 2000 μF psáno jako 2 mF, zase po klesající řadě mili, mikro, nano, piko atd.

Tedy: 2000 μF je totéž jako 2G a je totéž jako 2mF.

Druhý parametr vyznačený na elektrolitickém kondenzátoru je jeho provozní napětí. Toto napětí se nesmí překračovat. Maximální hodnoty bývají uváděny v katalogu. Kondenzátor v napájecím zdroji se volí podle špičkového napětí střídavého proudu, ne efektivního, protože při zapojení kondenzátoru za usměrňovač se kondenzátor nabíjí na špičkovou hodnotu.

Efektivní hodnota napětí je ta, kterou naměříte voltmetrem, má stejný efekt, jako stejnosměrné napětí se stejnou hodnotou.

Špičková je 1,41 krát větší. Proč zrovna 1,41 krát? Je to odmocnina ze dvou.

Například při použití transformátoru se sekundárním napětím 12V je špičková hodnota napětí

$$U_{\text{š}} = 1,41 \cdot 12$$

$$U_{\text{š}} = 16,92 \text{ [V]}$$

Asi jeden volt ještě zůstane na diodách a tak se kondenzátor nabije na napětí asi 16V. To znamená, že zdroj se sekundárním napětím 12Vef má v klidu napětí 16Vss. Pro zdroj s transformátorem 12V/375mA tedy použijeme kondenzátor například 1000 μF /16V s označením 1 mF/16V.

V praxi se transformátor navrhuje takový, aby na výstupu zdroje bylo požadované napětí při provozním zatížení. Nebo se použije nějaký typizovaný transformátor a přebytké napětí se srazí a udržuje stálé, stabilní, stabilizátorem

Návrh plošných spojů

Plošný spoj je možno koupit, nebo udělat. Ukážeme si, jak se jednoduchý plošný spoj dá navrhnout.

Předně si určíme, jaké součástky a jak velké použijeme a položíme si je před sebe na stůl buď na čtverečkový papír ze sešitu jako na piškvorky, nebo si je změříme, nebo jenom odhadneme podle oka a navrhne si jejich rozmístění. Ne jedno, zkusím si ho různě měnit, součástky vedle sebe, proti sobě, naležato, na výšku atd a představujeme si tvar budoucí destičky. Zatím se neomezujeme velikostí destičky, nezačínáme nakreslením obrysů destičky ale rozložením součástek. Například jako na obrázku 5. Součástky kreslíme například tužkou, nebo černou tenkou fixou.

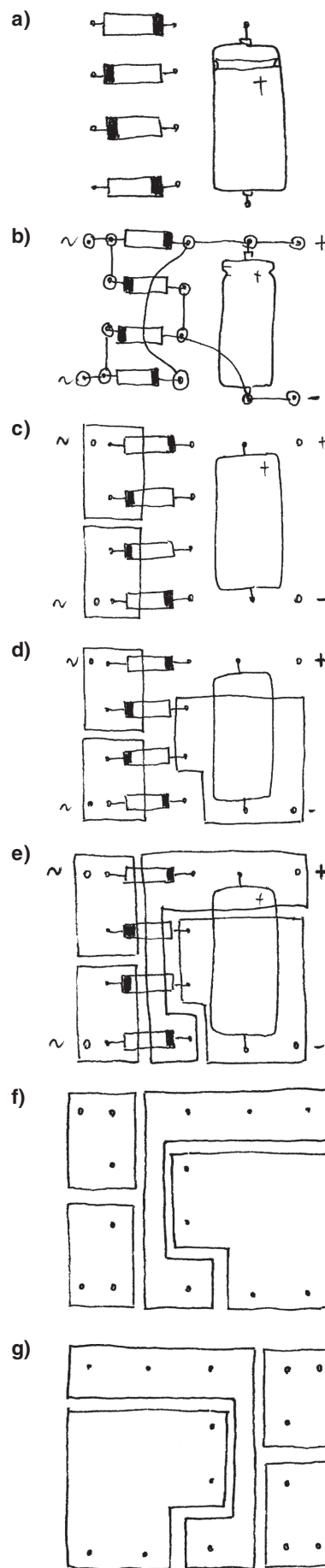
Potom si součástky zkusíme propojit čarami podle schématu. Kreslíme jinou barvou, například propiskou nebo tenkou červenou fixou. Spoje, cestičky mohou vést i přes součástky, protože součástky jsou na jedné straně desky a spoje na druhé straně a tam žádné součástky nepřekážejí. Spoje se ale nesmějí křížit. To je metoda spojových čar.

Nebo je možno použít metodu dělicích čar, dá se říci spojových ostrůvků, oddělených jen mezerami. Postup je na obrázku 6a až 6c. Nejprve uděláme ostrůvek kolem spojů dvou diod a přívodu od transformátoru a podobně i druhý. Pak třeba spojíme záporný pól elektrolytického kondenzátoru s anodami prostředních diod a místem pro vývod záporného pólu zdroje. A nakonec propojíme katody zbývajících diod, kladný vývod elektrolytického kondenzátoru a kladný pól výstupu ze zdroje.

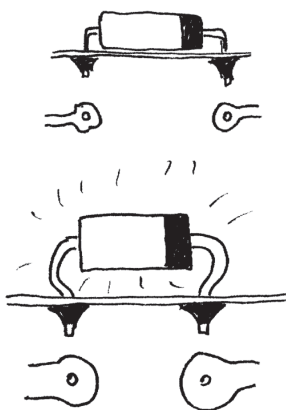
Když máme nakreslený celý obrazec spojů, je jasné, jak velká bude destička a můžeme si nakreslit obrysy. Ale to je obrazec spojů při pohledu ze strany součástek - viz obr. 6d. Spoje musí být z druhé strany desky. Takhle by byly vidět, kdyby deska byla průhledná. Proto je třeba spoje zrcadlově překreslit - viz obr. 6e. Někdo kreslí na pauzák - průsvitný papír pro kreslení technických výkresů - bývá ke koupi v papírnictví. Někdo kreslí na čtverečkový papír a ten pak obrátí a přiloží na okno a proti světlu znovu překreslí. Ten kdo má počítač s programem pro návrh plošných spojů, má také volbu tisku normální nebo zrcadlovou.

Provedení plošných spojů

Pro plošné spoje se používá deska z izolantu s měděnou fólií na jedné nebo obou stranách. Pro náš účel je vhodný tzv. jednostranný CUPREXITIT nebo UMATEX s tloušťkou 1,5mm, tenčí by se ohýbal. Plošný spoj se obvykle vytvoří tak, že se obrazec přenese na měděnou fólii na desce... přenese ale jak? Buď se nanáší fotocestou nebo nakreslením a pak se nezakrytá část fólie odleptá ve vhodné chemické lázni. To je opět na



Obr. 6 – Návrh plošných spojů



Obr. 7 – Osazování diod

samostatný článek. Projednou se dá použít trochu drsná, ale použitelná metoda vyškrabání mezer mezi cestičkami nějakým rydlem - nabroušeným šroubovákem, starými nůžkami, zlomeným listem pilky na železo, nebo něčím, co vyryje v měděné fólii rýhy až na izolant. Ryje se podle ocelového měřítka, nebo alespoň kousku plechu, aby čáry byly alespoň trochu rovné. Pozor na poranění, ryjeme na nějaké neklouzající podložce. Pro rytí se spoje se navrhují tak, aby čáry byly pokud možno rovné a nebylo jich moc. Pak je zapotřebí destičku pečlivě zkontrolovat, jestli někde nejsou mezi oddělenými plochami zkrat. Tenké vlasové zkratky bývají špatně vidět, je dobré použít zkoušečku nebo ohmmetr.

Obvyklý postup je tento:

Obrazec plošných spojů se nakreslí na papír ve skutečné velikosti.

Deska pro jednostranné plošné spoje se ustříhne nebo uřízne na potřebný rozměr.

Deska se očistí práškem na nádobí nebo čistidlem SITOL, nebo jenom lehce obrousí jemným smirkovým papírem.

Papír se přiloží na desku na stranu mědi a na druhé straně přilepí samolepkami.

Deska se položí na pevnou podložku a do míst otvorů součástek se důlčikem a kladívkem udělá malý důlek.

Papír se sejme a na měď se nakreslí čáry spojů.

Vyškrabou se cestičky.

Vyvrtaří se otvory pro součástky a přívody, obvykle o průměru 1 až 1,2mm.

Deska se ještě jednou očistí.

Provede se kontrola, zda jsou cesty správně nakreslené, zda nechybí nějaká díra a jestli na desce není někde zkrat mezi sousedními cestami.

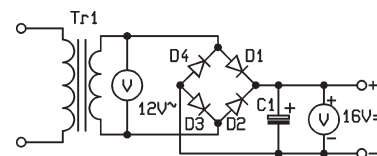
Desku je možné natřít roztokem kalafuny v lihu a nechat zaschnout.

Před pájením je dobré upravit si hrot pájky, očistit ho a zkusit si pár spojů na nějaké zkušební destičce.

Při osazování se diody pro menší proudy kladou přímo na desku. Diody, kterými teče větší proud obvykle hřejí a proto se umísťují nad desku, vývody mají vytvarované podle obrázku 7, také přírodní cesty bývají širší.

Hotový zdroj se měří tak, že na sekundáru je voltmetr přepnutý na střídavý rozsah a na výstupu již na stejnosměrný - viz obr. 8.

Tuto část školičky berte spíš pro teoretické poučení, ale návrh plošného spo-



Obr. 8 – Měření napětí na zdroji

je si můžete vyzkoušet v nejrůznějších variantách.

Domácí úkol

Naše rozvodná síť přechází z 220 V na 230V. Zkuste jednoduchou trojčlenkou vypočítat, jak velké bude napětí na sekundáru transformátoru, který má na štítku napsáno 220 V/12 V, při změně síťového napětí z 220 V na 230 V.

Nové nářadí :

pilka na kov, nebo jenom list pilky
důlčik nebo nabroušený nastřelovací hřebík dlouhý asi 5 cm
kladívko - stačí asi 200 g
ocelové měřítko
vrták průměr 1,0 mm nebo 1,1 nebo i 1,2 mm
vrtačka - stačí ruční

Pár slovíček:

PCB - deska s plošnými spoji - Printed Circuit Board
PSU - napájecí zdroj - Power Supply Unite
voltage - napětí
current - proud

Oprava z č. 12/97

Pozorný čtenář si všiml, že hodnoty potenciometrů mají být v kiloohmech a megaohmech M. Redakce se za tiskovou chybu omlouvá.

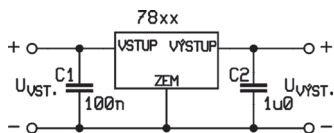
Stabilizace napětí snadno a rychle

Po usměrnění není na výstupu zdroje to napětí, které bychom chtěli. Je zapotřebí ho snížit a udržovat stále - stabilizovat ho. Z technického hlediska je nejjednodušším stabilizačním prvkem Zenerova dioda. Ale z praktických důvodů je nejjednodušší stabilizátor součástka se třemi vývody - monolitický stabilizátor. Co se děje uvnitř je vám pro začátek jedno, hlavně musíte pochopit základní vlastnosti a znát zapojení (viz obr. 1).

Základní vlastnosti stabilizátoru:

Vstupní napětí - U_1 musí být větší než výstupní U_2 .

Výstupní napětí - U_2 je dané typem stabilizátoru.



Obr. 1 – Základní zapojení

Maximální výstupní proud stabilizátoru I_2 je daný typem stabilizátoru.

Maximální vstupní napětí musí být vyšší než výstupní, ale nejvýše asi 35 V!

Jaké napětí si rače přát?

Na trhu je několik typů stabilizátorů pevného napětí. Jejich výstupní napětí je zřejmé už z typového označení. Například 7805 má výstupní napětí 5V. Číslo 78 znamená, že se jedná o pevný stabilizátor a druhé dvojčíslí označuje jeho výstupní napětí. V katalogu najdete například stabilizátory s pevným výstupním napětím : 5, 6, 8, 9, 10, 12, 15 a 18 V.

Písmenko v typu označuje maximální výstupní proud:

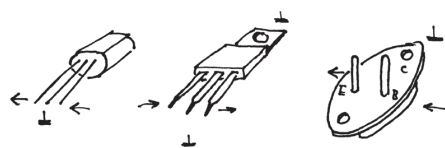
L - 100mA

bez označení - 1 A

S - 2A

Chceme-li například stabilizátor s výstupním napětím 9 V, najdeme v katalogu:

15. díl



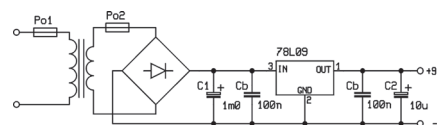
Obr. 2 – Stabilizátory

78L09	7809	78S09
pro 100 mA	pro 1 A	pro 2 A

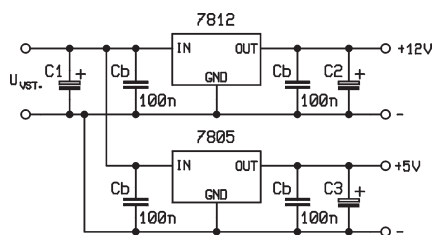
Liší se i na první pohled - viz obr. 2.

Jednotlivé vývody se označují

IN INPUT - VSTUP (nestabilizované napětí)
OUT OUTPUT - VÝSTUP (stabilizované napětí)



Obr. 4 – Jednoduchý stabilizovaný zdroj



Obr. 5 – Zdroj 12 a 5 V

GND GROUND - ZEMĚ (země, nulový potenciál, společný vodič)

Napětí se označuje ve schematech česky nebo někde i anglicky

U_{vst} Vin - vstupní napětí

U_{vst} Vout - výstupní napětí

I_{max} - maximální výstupní proud

Pojistka

Obvod je chráněn proti zničení příliš velkým proudem, nebo zkratem na výstupu, vlastním obvodem uvnitř součástky, kterému se říká elektronická pojistka.

Jestliže elektronická pojistka stabilizátoru vypíná až při větším odběru proudu, než by mohl snést napájecí zdroj - transformátor a usměrňovač, je možné zdroj chránit tavnou pojistkou - jako například ve zdroji připraveném redakcí Radia+ v č.11/1997.

Tavná pojistka je skleněná trubička s kovovými čepičkami, kterou prochází tenký drátek, který se při průchodu většího proudu přepálí a tato laciná výměnná součástka zachrání před zničením dražší obvod. obr. 3.

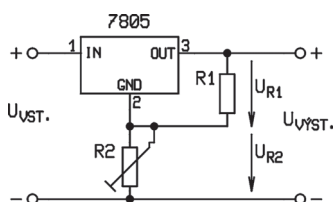
Tavné pojistky se vyrábějí pro různé proudy, například

50mA, 0.12A, 0.2A, 0.315A, 0.4A, 0.5A 1A, 1.6A, 2A nebo 4A a j. Nepokoušejte se je opravovat nějakým drátkem, o kterém nevíte, při jakém proudu by se přepálil.

Pojistky mají podle konstrukce i různou rychlost se kterou obvod chrání. Jsou obyčejné T a rychlé F (fast - rychlý). Například F 125mA nebo T 315mA. Také se prodávají různé držáky - na plošný spoj, na panel, nebo na kabel.

Stabilizovaný zdroj

Na obrázku 4 je jednoduchý stabilizovaný zdroj. Jaké bude mít výstupní napětí tedy záleží na zvoleném typu stabilizátoru.



Obr. 6 – Zvýšení výstupního napětí

Podmínka je, aby vstupní napětí bylo vyšší, než požadované výstupní.

Vstupní napětí musí být vyšší i při maximálním proudu, který budete chtít odebrat, protože při zatížení transformátoru může jeho napětí klesat.

Dvě napětí

Není problém udělat si zdroj 12 V a zároveň třeba 5 V. Prostě použijeme dva obvody. Viz obr. 5.

Co když chceme jiné napětí?

Původně se vyráběly stabilizátory napětí 5V a když někdo chtěl vyšší, použil zapojení z obr. 6. Princip lze jednoduše vysvětlit asi takto. Výstupní napětí stabilizátoru je na rezistoru R1 a protože proud z výstupu teče i rezistory R1 a R2 je výstupní napětí součtem napětí na obou rezistorech. Viz obr. 6.

Šlo by to zkusit poččetně, ale pro naše účely lze usoudit, že průtokem proudu rezistorem R2 na něm vzniká nějaké napětí, o které se původní výstupní napětí zvýší, výstupní napětí je součet obou napětí, tedy $U = U_{R1} + U_{R2}$.

Při případném výpočtu by se musel ještě uvažovat vnitřní odpor integrovaného obvodu mezi zemí a výstupem, který je při změření DMM u 78L05 asi 4kΩ a u 7805 asi 4,7kΩ.

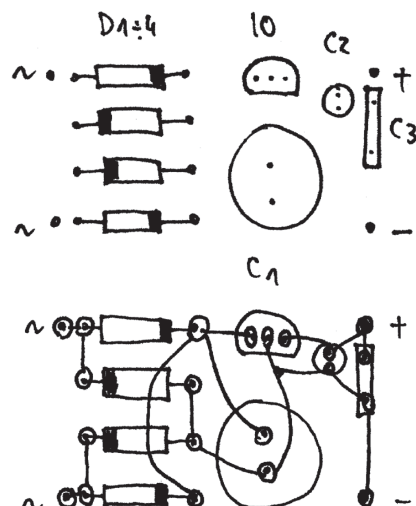
Zvědavý praktik postupuje asi takto:

1. Na výstup připojí takový rezistor, aby stabilizátor normálně pracoval. Uvažuje že například při rezistoru 5 kΩ by z výstupu tekla proud asi 1mA, při použití 500 Ω by proud byl asi 10mA. V šuplíku najde například rezistor 1 kΩ a odporový trimr 470Ω.

2. Zapojí obvod (při malých proudech třeba i jen na nepájivém kontaktním poli) a měří nejdříve napětí na vstupu integrovaného obvodu a přesvědčí se, že je opravdu alespoň o několik voltů větší než požadované výstupní napětí. Můžete si to sami zkusit s napětím z dvou plochých baterií 9 V. Dále si změří napětí na výstupu integrovaného obvodu, tedy na rezistoru R1. Mělo by být 5 V. Pak voltmetr připojí na výstup celého obvodu a měří napětí. Při otáčení trimrem bude při nastavení na minimum výstupní napětí 5 V a při otáčení k maximum se napětí bude zvyšovat. Může si zkusit, kam až napětí poroste a pak si nastaví požadované napětí asi 6 V.

3. Koumák po změření obvod vypne a zkusí si změřit odpor na rezistoru R1, (u zkušebního vzorku bylo na rezistoru 1 kΩ naměřeno asi 772 ohmů) a pak odpor nastavený na trimru (vyšel asi 120 ohmů) a případně trimr nahradí rezistorem.

4. Pak ho bude zajímat, jak se bude obvod chovat při zatížení. Učitel ve ško-



Obr. 7 – Možné rozmístění součástek a propojení součástek

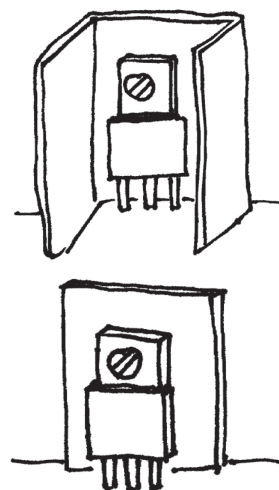
le by přinesl ampérmetr a posuvný rezistor, doma asi připojíte žárovku 6 V/ 50 mA, nebo dvě a měříte, jestli napětí klesá. Nebo připojíte to zařízení, které chcete napájet, například přijímač na 6 V a změříte napětí na výstupu. Mělo by držet, nemělo by klesnout. Uvažujeme ale, že obvody s označením L jsou proudy do 100 mA a obvody bez označení do 1 A. Zkuste si na obvod sáhnout prstem. Pokud lehce hřeje a teplota nestoupá, stačí k chlazení okolní vzduch. Pokud pálí, je zapotřebí teplo rozptýlit do okolí dodatečným chladičem.

Není nic jednoduššího, než si to zkusit prakticky. Schema a naměřené hodnoty si poznamenejte do svého sešitu.

Bylo by jednoduché dát přesný návod, ale z vlastních pokusů budete mít větší radost a víc se naučíte. Nebojte se přemýšlet.

Cože ?

Při jednom pokusu byl připojen samotný 78L05 k napájecímu zdroji 12 V.



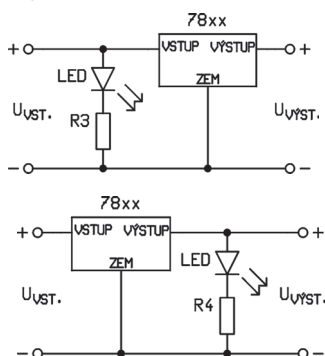
Obr. 8 – Jednoduché chladiče z plechu; - pól zdroje = zem!

Obvod byl ke zdroji připojen dvěma asi 50cm dlouhými vodiči, na výstupu zdroje i na vstupu 7805 bylo 12 V ale na výstupu jenom asi 4,6 V!!! Co se děje? Stačilo se podívat do originálního schématu v katalogu a doplnit kondenzátory. Na výstup stačil v první chvíli 100 nF a najednou bylo napětí správně asi 5 V.

Ve schématech kreslené kondenzátory C_b s kapacitou 100 nF musí být umístěné co nejbližší vývodům stabilizátoru. Ušetříte si tím spoustu potíží s oživováním zapojení. V některých případech sice není jejich použití nutné, ale jeden nikdy neví.

Praktické provedení

Návrh plošného spoje je velmi jednoduchý, opět se začíná rozložením sou-

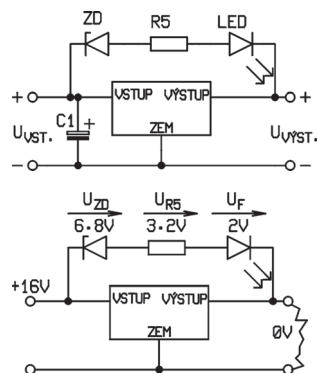


Obr. 9 – Indikace zapnutí (vlevo) a indikace zapnutí a přetížení (vpravo)

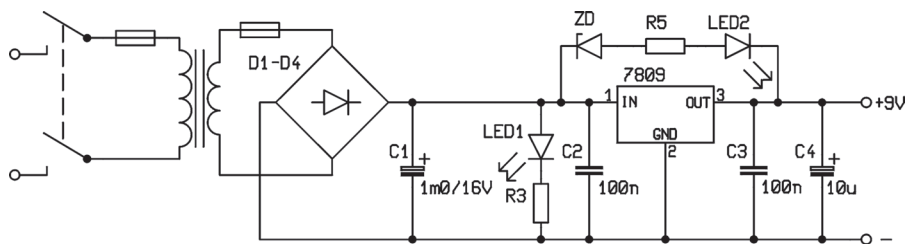
částek. Viz obr. 7. Potom se určí velikost destičky podle krabičky,

Typ stabilizátoru volíme i podle odebíraného proudu. Kdyby stabilizátor hřál, je vhodné umístění na chladič.

Někdy stačí součástka samotná, například 78L09 pro proudy do 100 mA, nebo masivní provedení 7809 pro proudy do 1 A v kovovém pouzdru výkonového tranzistoru. Někdy pro chlazení stačí součástku připájet na desku s větší plochou plošného spoje. Obvykle se ale



Obr. 10 – Zapojení funkce indikátoru přetížení



Obr. 11 – Příklad hotového zdroje

používá přišroubování na plechový, nebo masivní hliníkový chladič viz obr. 8. Pro vaše pokusy stačí nějaký kus hliníkového plechu silného asi 1mm s otvorem pro přišroubování chladiče, uříznutý pilkou na kov na přijatelný rozměr. Při práci „na čisto“ si vhodný chladič můžete koupit se součástkami i vhodnou krabičkou. Nebojte se využít to, co vám padne pod ruku.

Jaký výkon vlastně musí chladič rozptýlit?

Příklad: Vstupní napětí je 20 V, výstupní napětí je 12 V, použitý obvod 7812 dovoluje odběr proudu $I_{max} = 1$ A. Na obvodu je tedy napětí $20 - 12 = 8$ V a při protékajícím proudu 1 A je výkon přeměňovaný na teplo $P = U \cdot I$ po dosazení $P = 8 \cdot 1$ tedy 8 W. Ale co když dojde ke zkratu, na vstupu je stále 20 V, na výstupu je zkrat a tak tam nic není, tedy 0 V. Na integrovaném obvodu je tedy mezi vstupem a výstupem napětí 20 V a při proudu 1 A je výkon $P = 20 \cdot 1$ tedy 20 W. Číslo nám asi nic neříká, ale pro porovnání si vzpomeňte jak dovede i 25W žárovka ve stolní lampičce rozežhřát kryt. Zkuste si sami vypočítat výkonové zatížení vašeho integrovaného obvodu.

Velmi užitečný je indikátor zapnutí a indikátor přetížení.

Indikátor zapnutí lze připojit hned za filtrační kondenzátor zdroje, tedy na vstup stabilizátoru. Je to LED s rezistorem, který podle předchozích lekcí školicky snadno vypočítáte. U stabilizátoru s pevným napětím můžete indikátor zapojit na jeho výstup. Indikuje zapnutí a když zhasne, tak indikuje přetížení viz obr.9.

Indikátor přetížení u stabilizátoru pevného, neměnného napětí bývá zapojen podle obr. 10.

Zde je příkladně vstupní napětí stabilizátoru 16 V, výstupní je 9 V. Mezi vstupem a výstupem stabilizátoru je tedy $16 - 9 = 7$ V. Při zkratu na výstupu je mezi vstupem a výstupem stabilizátoru 16 V. Pro toto napětí vypočítáme rezistor R5. Na Zenerově diodě zůstane napětí 6,8 V, na LED asi 2V, to je dohromady 8,8 V a na rezistoru musí zůstat zbytek do 16, tedy $16 - 8,8 = 7,2$ V. LED necháme téci proud maximálně 20mA (raději

jen 15mA) a tak vypočteme, že $R_4 = 7,2 / 0,02$ a to je 360 Ω . Použijeme tedy nějaký od 360 až do asi 680 Ω , například 470 Ω .

K rozsvícení LED tedy při normálním výstupním napětí nedojde, protože mezi vstupem stabilizátoru a jeho výstupem je menší napětí než je součet napětí na LED a Zenerově diodě ZD1. Zenerova dioda je dioda, která se v propustném směru chová jako běžná dioda, ale v závěrném směru od určitého napětí začne vést. Tomuto napětí se říká Zenerovo napětí. Je stálé, stabilní - Zenerova dioda je nejjednodušší stabilizační prvek. Různé diody mají různé Zenerovo napětí, je uvedeno v katalogu.

Odpověď a otázku z minulého čísla: Co se stane, když transformátor z 220 V na 12 V připojíme na síťové napětí 230 V? Počítáme jednoduchou trojčlenku nebo postupně. Výstupní napětí se změní v poměru 230/220. Vypočítáme $230/220 = 1,045$ a tímto poměrem znásobíme výstupní napětí z transformátoru $12 \times 1,045 = 12,6$ V.

Součástky:

78xx podle napětí a proudu, například

IO1	7809
IO2	7805, 7812 apod
ZD	BXZ83V006.8 zenerova dioda 6,8 V
LED1	LED zelená
LED2	LED červená
R1	1k rezistor
R2	470 trimr
R3	820 rezistor
R4	390 rezistor
R5	470 rezistor
C1	1m0/16 V elektrolytický kondenzátor
C2,C4	M1 keramický kondenzátor
C3	10M/16V

Nová slovíčka:

input	- vstup
output	- výstup
ground	- země
fast - F	- rychlá (pojistka)
fuse	- pojistka
overload	- přetížení
protection	- ochrana

Regulovatelný napájecí zdroj

16. díl

Školička není jenom pro poučení, ale chceme si vyrobit i něco užitečného. V minulém čísle to byl stabilizovaný zdroj určitým pevným napětím, daným typem stabilizátoru a ukázka nastavení výstupního napětí pomocí „podepření“ napětí stabilizátoru napětím na rezistoru R2. Pro základní orientaci by to mohlo snad stačit, podle znalostí v této školičce se už můžete začít orientovat i v jiných publikovaných zapojeních. V tomto pokračování si probereme zdroj s nastavitelným napětím.

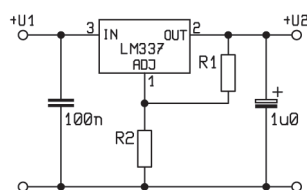
K minulému výkladu ještě přidáme několik poznámek:

1. Všimaví čtenáři přišli v minulém čísle na chybu na obr. 10, na rezistoru R5 má být napětí 7,2V tak, jak je to v textu.
2. Kondenzátor musí být dimenzován na napětí naprázdno, tedy nezatíženého zdroje! Vykríčník je tam proto, že transformátor může dávat naprázdno větší napětí, než při určitém, jmenovitém zatížení.

Při měření napáječe s transformátorem 11,5V/20VA pro halogenová světla bylo na sekundáru střídavé napětí 12,1 V a po usměrnění stejnosměrné napětí 16,8 V. Filtrační kondenzátor 1 mF stačil na provozní napětí 16 V.

Při měření napáječe s transformátorem 12V/4,5VA se stavebnice KTE č. 333 z č.12/1997 bylo v redakci naměřeno napětí naprázdno dokonce 15,67 V (střídavého) a po usměrnění dokonce 22 V (stejnosměrného). Při zatížení toto napětí kleslo, ale kondenzátor musí být na napětí 25 V (nejbližší vyráběná hodnota - to zjistíte v katalogu součástek). Při použití kondenzátoru na 16 V došlo k jeho zničení - po chvíli bylo slyšet duté

puknutí a z vnitřku kondenzátoru vyletěl na stůl smotek toho, co bylo uvnitř. Při ohledání škod byla pouhým okem a poté změřením bzučákovou zkoušečkou na měřícím přístroji zjištěna přepálená pojistka v sekundáru transformátoru. Trafo zůstalo nepoškozené. Výhoda: toto trafo dává dostatečně velké napětí, je ho možno použít i pro nabíječku malých olověných akumulátorů 12 V/1,2 Ah. Vysvětlení: malé auto potřebuje k vyjetí kopce určitou rychlostí rychlejší rozjezd. „Malý“ transformátor má naprázdno, bez zatížení větší napětí, aby i při určitém odběru proudu bylo na sekundáru napětí které chceme. Poučení: pro příště si pamatujeme, že co oko nevidí, je dobré změřit. Napětí ze sekundáru trafo na střídavém a usměrněném napětí na kondenzátoru na stejnosměrném rozsahu voltmetru. Zdá se, že je to příliš řečí, ale začátečníci také mají nárok na vysvětlení toho, co pokročilí už znají nebo zjistili metodou pokusu a omylu.

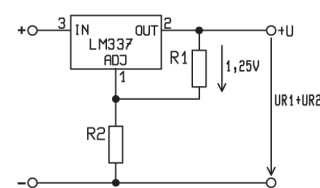


Obr. 2 – Doporučené zapojení

Při měření napáječe s transformátorem 15 V/30 VA bylo napětí naprázdno 21 V, z tohoto transformátoru je možno odebírat proud až 2A, to bude jednou pěkný napájecí zdroj, ale teď se přísně držme bezpečnosti práce a používáme pouze bezpečně provedené transformátory nebo zdroje.

3. Ve schématu v č.3/1997 je místo rozkreslení usměrňovače v Graetzově zapojení použité zjednodušené schéma. Můstkové zapojení čtyř diod tak, jak bylo rozkresleno v č.1/1997, použijete při návrhu a osazování plošného spoje. Nebo je možno použít jedinou součástku - t.zv. diodový můstek - například B40C1500, který snese napětí do 40 V a proud do 1,5 A. Čtením v katalogu najdete spoustu zajímavostí.

4. Proč je paralelně k velkému kondenzátoru zapojen ještě malý? Vypočítanou výslednou kapacitu skoro neovlivní, asi jako blecha na slonovi jeho hmotnost. Kondenzátory s kapacitou 100 nF se umísťují co nejbližší k vlastnímu IO, zatímco velké kondenzátory mohou být umístěny i mimo desku s plošnými spoji někde uvnitř přístroje. Právě tyto malé kondenzátory „vychytávají“ různé rychlé rušivé změny napětí asi tak, jako je



Obr. 3 – Napětí na děliči R1 a T2

provedeno odpérování železničního vagónu. Měkčí pružiny zmírňují mírné drcání a když už ony nestačí, dosednou až nadoraz, vyrovnávají hrubé nárazy silné pružiny.

Zdroj s nastavitelným napětím můžeme použít buď jako:

- zdroj s určitým, přesně nastaveným pevným napětím, nebo
- zdroj s plynule nastavitelným napětím pro různé pokusy, nebo
- zdroj pro nabíjení malých olověných akumulátorů pro napájení alarmu, apod.

LM317

Vývoj vedl od stabilizátoru s pevným výstupním napětím ke konstrukci součástky pro regulovatelný stabilizovaný zdroj. LM317 firmy National Semiconductor má podle katalogu tyto vlastnosti.

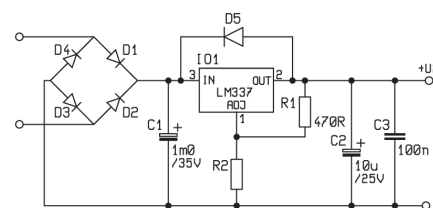
Maximální	Uvst až do 40 V
vstupní napětí	
Minimální výstupní napětí	Uvst 1,2 V
Maximální výstupní proud (L)	I _{max} 100 mA
Maximální výstupní proud (T)	I _{max} 1,5 A
Maximální výstupní proud (K)	I _{max} 2,2 A

ještě si všimneme, že v doporučeném zapojení je R1 = 240 ohmů.

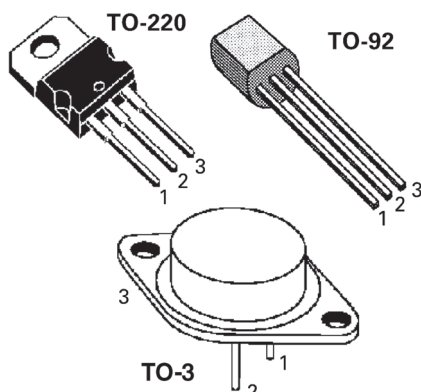
Liší se provedením. V katalogu najdete u těchto provedení i typ pouzdra a podle něj i vyobrazení - viz obr. 1.

Základní zapojení je na obr. 2. Na první pohled vypadá stejně jako nastavitelný zdroj se stabilizátorem s pevným napětím. Jenom místo určitého napětí daného typem obvodu (7806 - 6 V a podobně) má LM317 toto napětí 1,25 V. Říká se mu vztázné, referenční.

Jednotlivé vývody bývají označeny:

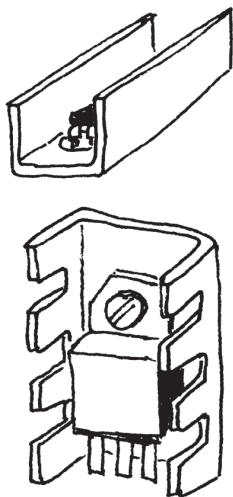


Obr. 4 – Schéma zapojení jednoduchého napájecího zdroje



Typ	I výst. (A)	Pouzdro	Číslo vývodu	1	2	3
LM317L	0,1	TO-92	ADJ	OUT	IN	
LM317T	1,5	TO-220	ADJ	OUT	IN	
LM317J	2,2	TO-3	IN	ADJ	OUT	

Obr. 1 – Pouzdra a význam vývodů



Obr. 5 – Různá provedení chladičů

IN INPUT - vstup nestabilizovaného napětí
 OUT OUTPUT - výstup stabilizovaného napětí
 ADJ ADJUST - nastavovací vstup

Mezi výstupem a nastavovacím vstupem je tedy napětí 1,25 V. Na děliči rezistorů R1 a R2 se výstupní napětí rozdělí v poměru jejich rezistivity. Přitom na R1 je stále 1,25V. Selským rozumem vzato: je-li na R1 = 240 ohmů 1,25V, je na R2 = 2400 ohmů napětí desetkrát větší, tedy 12,5 V a na obou dohromady 1,25 + 12,5 = 13,75 V.

Kdo chce, může si odvodit vzoreček, kdo nechce, najde v katalogu výpočet výstupního napětí

$$U_{\text{výst}} = 1,25 \times (1 + R1/R2)$$

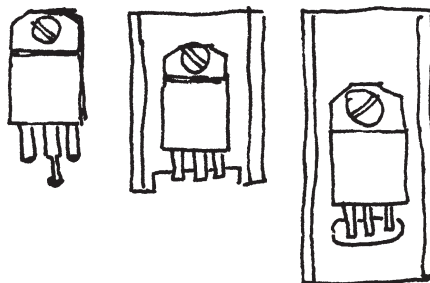
Vstupní napětí musí být samozřejmě alespoň o 2 V větší než požadované výstupní. Nebo naopak, výstupní napětí je ale vždy menší než vstupní. Kdybychom při vstupním napětí 16 V měli potenciometr s hodnotou, kterou bychom mohli nastavit třeba 25 V. Zpočátku by napětí vzrůstalo až asi do 13,5 V a pak by se zastavilo a i při dalším otáčení osičkou by nerostlo.

Schema doplníme o usměrňovač s D1-4, C1 - filtrační kondenzátor 1mF/25, který vyfiltrává zvlnění usměrňené napětí za usměrňovačem, C2 - kondenzátor na výstupu stabilizátoru, stačí menší než C1, a blokovací kondenzátory Cb1 a Cb2. Podle článku o stabilizátorech v Radiu+ č.3/1997 přidáme ještě diodu

přemostující IO v závěrném směru. Touto diodou v proud neteče, jenom po vypnutí zajistí, aby na výstupu IO nebylo vyšší napětí než na jeho vstupu a IO tak nezničilo. V praxi se někdy k zdírkám na výstupu přidává paralelně zapojená dioda v závěrném směru, která by měla zachránit zdroj před zničením při připojení nějakého napětí s obrácenou polaritou, například ze zařízení, ve kterém je nabitý kondenzátor v obvodech napájení.

Provedení

Podle vašich požadavků můžete volit různou velikost a typ stabilizátoru a umístit ho nastojato, naležato, bez chladiče nebo na chladič. Vývody je možné nechat v řadě vedle sebe, nebo lépe s prostředním vývodem trochu vpředu - „do trojúhelníku“ - lépe se dělá plošný spoj a lépe se pájí. Chladič může být se záře-



Obr. 6 – Osazení bez a s chladičem

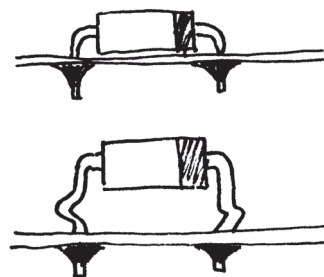
zem pro vývody, nebo oválným otvorem, s hladkým profilem, nebo zoubkovaný. Pozor - na chladičím křídélku a tím i na chladiči je výstupní napětí, nesmí se tedy spojit s kostrou přístroje, nebo zemí!

Můžete použít kondenzátory s vývody na jedné straně a nastojato, nebo kondenzátory s vývody na obou stranách naležato.

Diody můžete umístit přímo na desku, nebo při větších proudech zajistit jejich chlazení umístěním nad desku.

Výstupní napětí můžete nastavit pevně trimrem opět naležato, nebo nastojato, musí být přístupný pro šroubovák. Při použití potenciometru ho můžete umístit přímo na desku plošných spojů, nebo na přední panel a propojit ho s deskou vodiči.

Výstupní napětí můžete měřit svým měřicím přístrojem, nebo do předního



Obr. 7 – Osazení diod na a nad desku

panelu vestavíte voltmetr, nebo nejlevněji dáte na osičku potenciometru knoflík se šipkou nebo ryskou a stupnici si nakreslíte sami na přední panel a ocejchujete jí pomocí půjčeného voltmetru. Napětí je natolik stabilní, že tomu můžete věřit. A ještě je to přesnější. Stupnice na měřidle je dlouhá například 5 cm a stupnice okolo knoflíku o průměru 4 cm je dlouhá 4 krát pí, tedy asi 12,6 cm. Osa potenciometru se neotáčí kolem dokola, ale jenom o 270 stupňů, tedy o tři čtvrtiny, takže délka této stupnice je asi 9 cm!

Elektronická pojistka

Integrovaný obvod stabilizátoru má v sobě začleněn (integrovan) i obvod ochrany před příliš velkým proudem - elektronickou pojistku. Ta při dosažení určitého proudu způsobí pokles napětí, proud víc nevzrůstá, drží, je stálý, konstantní. Popisované obvody mají podle typu určitý hraniční proud.

Nová slovíčka:

(to) adjust - nastavit, nastavení
 regulation - regulace

součástky

LM317	integrovaný obvod - stabilizátor viz.text
R1	470 ohmů - rezistor
R2	2k2 trimr nebo potenciometr
C2	10 uF/25 V - elektrolytický kondenzátor
Cb	100 nF - kondenzátory 2ks případně i
D1-4	KY132/80 nebo podobné
C1	1m0/25 V - elektrolytický kondenzátor
D2	1N4148 (nebo podobná) - křemíková dioda

Sít' nebo baterie?

Není baterie jako baterie. Mnohé z nich znáte, a tak začneme názvoslovím. Základním zdrojem napětí je elektrický článek. Baterie se skládá z jednotlivých článků.

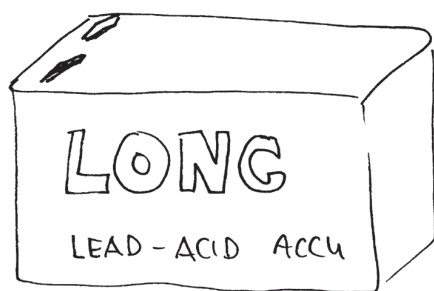
Některé články lze nabíjet, hromadit v nich - akumulovat - energii, jsou to akumulátory.

Elektrické články jsou například:

- zinko-uhlíkový článek - má napětí 1,5 V
 - niklo-kadmiový článek - má napětí 1,2 V
 - olověný článek - má napětí 2 V
 - ještě existují jiné články - alkalické, rtuťové, lithiové, niklo-železné, solární a jiné.
- a) Zinkouhlíkové - viz obr.1 - jsou prodávány jako

17. díl

- tužkové „baterie“ - jsou to vlastně jednotlivé články
- monočlánky - „buřty“
- „malý monočlánek“
- třívoltové baterie - tvořené dvěma články
- ploché 4,5 V baterie - tvořené třemi články



Obr. 1

b) Niklokadmiové (NiCd) články mají 1,2V a dají se nabíjet, používáte je například do walkmana.

c) Autobaterie je tvořena olověnými články po 2,1 V. Dříve se akumulátor musel udržovat doléváním destilované vody, utírat vytekou „kyselinu“ při náhodném přebíjení baterie při poruše nebo špatném nastavení regulátoru. Dnešní baterie jsou už „bezúdržbové“ - stačí je jenom udržovat nabitě.

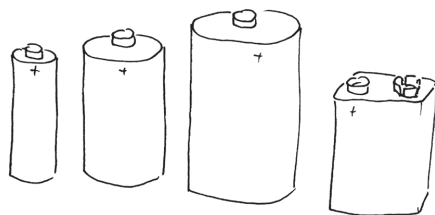
Akumulátory

Některá zařízení je nutno napájet z nezávislých zdrojů - alarmy, sirény, nouzové osvětlení, signalizace, regulační nebo ochranné obvody, telefonní ústředny atd. Obvykle stačí malý zálohový zdroj s akumulátorem. Zinko-uhlíkové nebo alkalické baterie by se za celou dobu zálohování vybily a třeba by se ani jednou nepoužily, nebo by se vybily po prvním použití a musely by se vyhodit a vyměnit. A také neustále kontrolovat, jestli jsou ještě provozuschopné.

Akumulátorem lze napájet také hračky, vozítka, defibrilátory, kardiomonytory, přenosné měřicí přístroje, analyzátoři, hudební nástroje atd. Při listování v katalogu narážíte na NiCd i olověné akumulátory, ale od jejich použití někdy odrazuje neznalost parametrů nabíjení. Rozdílů mezi olověnými a NiCd akumulátory je víc. Sami si porovnejte cenu, velikost, hmotnost, ohrožení životního prostředí při obvyklém vyhození do odpadu, to je na samostatný článek (například v KTE č.7/1997 na str. 6 až 8). Nás zajímá základní rozdíl :

Autobaterie tvořená olověnými články se dá kdykoliv podle stavu vybití průběžně dobíjet.

Baterie z niklokadmiových článků se má před novým nabíjením vybit.



Obr. 2

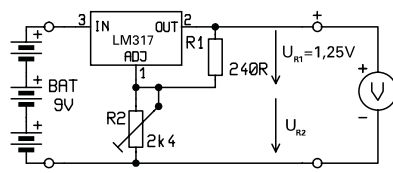
Životnost NiCd článků je dána i počtem a kvalitou nabíjecích cyklů.

Životnost autobaterie je dána spíš rozpadem olověných elektrod, tedy časem. Kolik let vám vydrží v autě si zjistíte sami.

Základní údaje u akumulátorů jsou

1. napětí ve voltech
2. kapacita v ampérhodinách

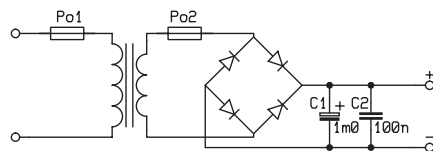
V katalogu jsou například typy s napětím 6 V nebo 12 V a s kapacitou 0,8 Ah nebo 1,2 Ah. Zkratka Ah znamená ampérhodiny, tedy násobek počtu hodin a proudu. Tak například u akumulátoru s kapacitou 1,2Ah můžeme teoreticky odebírat proud 1,2 A po dobu jedné hodiny, nebo 0,12A po dobu 10 hodin, nebo ... a to si zkuste sami.



Obr. 3 – Platí : $U = U_{R1} + U_{R2}$; $U = 1,25 \times (1 + R2/R1)$

Nabíjení konstantním proudem

Podobně by to bylo s nabíjením, ale akumulátory se obvykle nabíjejí konstantním proudem, který je číselně roven desetině kapacity. Například autobaterie s kapacitou 44Ah proudem 4,4A, NiCd články do walkmana s kapacitou 500mAh proudem 50mA, atd. Takže akumulátor s kapacitou 1,2Ah by se mohl nabíjet proudem 0,12A (po dobu asi 10 hodin). Aby se akumulátor nabíjel, musí být na-



Obr. 4

bíjecí napětí větší, než napětí nabíjeného akumulátoru, aby proud tekla do akumulátoru a nabíjel ho. Při nabíjení se napětí nabíjeného akumulátoru zvyšuje a nabíjecí proud by klesal a tak se musí nějak udržovat.

Nabíjení konstantním napětím

Olověné akumulátory LONG (a podobné) jsou uzavřené, nic z nich nemůže vytékat, mohou pracovat v různých pracovních polohách, nemají paměťový efekt a kromě nabíjení nepotřebují žádnou zvláštní údržbu. A když už jsou akumulátory bezúdržbové, ať se také nemusíme starat o nabíjení. V katalogu si vybereme například typy WP 0.8-12 nebo WP 1.2-12 nebo WP 1,2-6 - viz obr. 2.

Výrobce těchto akumulátorů doporučuje provádět nabíjení konstantním - stá-

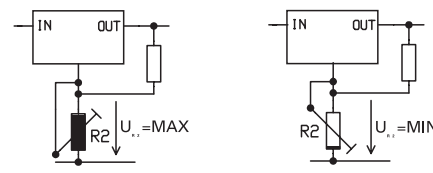
lým napětím, v katalogu je pro typy se jmenovitým napětím 12 V:

13,5 až 13,8 V pro udržovací nabíjení a 14,5 až 15,0 V pro cyklické provozní nabíjení.

Takové napětí už umíme nastavit! Pozor : toto napětí nesmíme překročit, protože by pak do akumulátoru tekla příliš velká proud, kterým by se akumulátor zničil - vyvíjející se plyn by mohl roztrhnout kryt a kyselina by znečistila okolí. Proto také do výstupu zařazujeme pojistku.

1. pokus

Trochu si pohrajeme s nastavováním napětí. Na nepáživém kontaktním poli opět



sestavíme napájecí zdroj podle schématu obr. 3. Bude stačit LM317, R1 bude podle doporučení výrobce 240 ohmů. Aby se nám lépe počítalo, použijeme jako R2 trimr nebo potenciometr 2k4 a jako zdroj dvě ploché baterie s napětím 9 V. Na výstup připojíme voltmetr. Naměříme nějaké napětí.

Trimr vytočíme do takové krajní polohy, aby měl nejmenší odpor - na výstupu naměříme nejmenší napětí. Mělo by být asi 1,25 V. (Podle katalogu může být 1,20 až 1,30 V).

Trimrem pootáčíme a zkusíme nastavit napětí 2 V, pak 3 V, čtyři, pět, šest, sedm, sedm a kousek a ... dost.

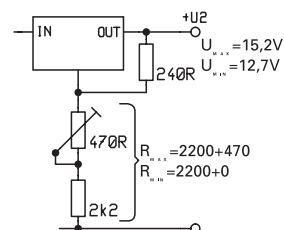
Poučení :

1. I když nastavujeme dále, zvyšujeme odpor, napětí na výstupu už víc růst nemůže, protože může být jenom menší než to, které přivádíme na vstup.

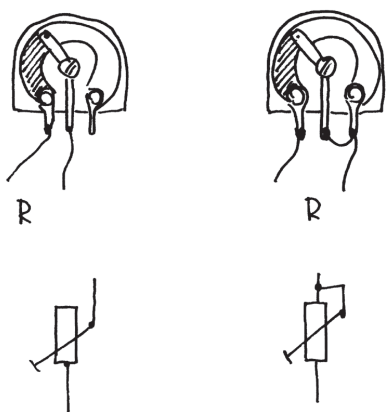
2. Nastavování bylo příliš jemné, citlivé, nešlo to nastavit přesně. Po nastavení nejvyššího napětí už měl trimr „mrtvý chod“ - osičkou šlo otáčet, odpor rostl, ale už se nic nedělo.

2. pokus

Použijeme zdroj s větším napětím, například stavebnici č.333 z č.11/1997, nebo naprosto bezpečný transformátor



Obr. 5



Obr. 6

zalitý v izolaci i se síťovou šňůrou, doplněnou o usměrňovač v Graetzově zapojení a filtrační kondenzátor. To už jsme také probírali minule. Případně si usměrňovač s filtrem můžete během chvilky sestavit také na nepájivém kontaktním poli. Už jsme ho sice měřili minule, ale ničemu nevěříme a opět změříme výstupní napětí. Na zkušebním vzorku bylo naměřeno střídavé napětí naprázdno 15,68V a na filtračním kondenzátoru C1 bylo asi 22V. Ve stabilizátoru ponecháme trimr R2 s odporem 2k4 - viz obr. 4. A opět nastavujeme trimr a měříme napětí. Tentokrát můžeme pokračovat i dále až do napětí asi 12V a něco. Výpočtem si můžeme ověřit, že s trimrem R2 s hodnotou 2k4 lze nastavit napětí až

$$U_{výst} = 1,25 \cdot (1 + R2/R1)$$

$$U = 1,25 \cdot (1 + 2400/240)$$

$$U = 1,25 \cdot (1 + 10)$$

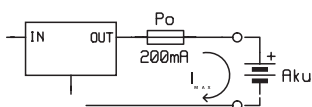
$$U = 1,25 \cdot 11$$

$$U = 13,75[V]$$

Takže máme zárodek zdroje od 1,25 až do asi 13,75 V, se kterým tedy můžeme napájet všechny předchozí pokusy, nebo si „na stole“ zkusit napájet různé obvody určené pro napájení 12 V akumulátorovou baterií v automobilu, nebo prostě určené pro napájení 12 V.

3. pokus - nabíječka akumulátoru 12 V/1,2 Ah

Odhadneme, že nabíjecí proud tedy bude menší, než desetina kapacity, tedy menší než 120 mA, nebo si v katalogu přečteme, že proud při nabíjení by neměl překročit 240 mA. To zvládne náš zdroj, který probíráme, použijeme však LM317T s chladičem. Takže až si postavíte podle nějakého návodu alarm, blikáč, časový spínač atd, můžete ho napájet z akumulátoru a ten dobíjet



Obr. 7

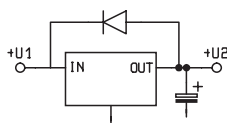
nabíječkou. Zapojení našeho zdroje trochu upravíme. Viz obr. 5.

Při nastavování trimrem se napětí mění v rozsahu od 1,25 až do asi 13,5 V. Aby bylo nastavování jemné, použijeme kombinaci rezistoru a trimru. Například už předtím vyzkoušený R2 složíme z rezistoru 2k2 a trimru 470 ohmů. Při vytočení trimru na jednu nebo na druhou stranu, tedy na nejmenší nebo na největší odpor, bude

$$U_{min} = 1,25 \cdot (1 + 2200/240) = 12,71 [V]$$

$$U_{max} = 1,25 \cdot (1 + (2200 + 470)/240) = 15,16[V]$$

Takže můžeme jemně a poměrně přesně nastavit požadované napětí pro udržovací nabíjení, nebo pro cyklické nabíjení a vybíjení - kdy se akumulátor nabije, používá a pak se zase nechá nabít.

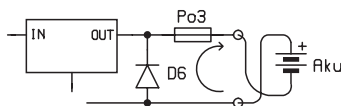


Obr. 8

Opatrnosti nikdy nezbyvá.

Při zapojení trimru podle obr. 6a by při přerušení dotyku mezi jedcem a odporovou dráhou byl odpor nekonečný a výstupní napětí by mohlo vyletět na maximum, skoro na napětí U1!

Při zapojení podle obr. 6b by nastavený odpor byl nejvýš takový, jako je odpor celé odporové dráhy, takže by tato běžná porucha nenadělala větší škodu. Nic to nestojí, jenom spojit jezdec s druhým koncem odporové dráhy.



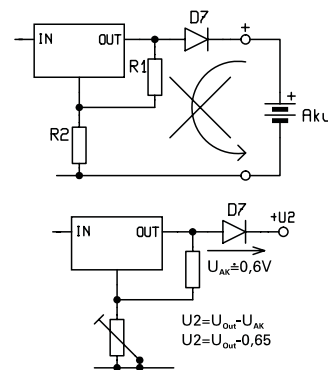
Obr. 9

4. pokus

Případě můžeme zdroj podle obrázků 7,8,9 a 10 doplnit:

- obyčejnou tavnou pojistkou, která by chránila zdroj i akumulátor před přetížením větším proudem
- ochrannou diodou D5, která zajistí, aby na výstupu IO nebylo větší napětí než na vstupu,
- ochrannou diodou D6, která zajistí, aby ani náhodou nemohl téci proud z akumulátoru zpátky do nabíječky, tedy například při připojení akumulátoru na vypnutou nabíječku,
- ochrannou diodou D7, která zajistí, aby při náhodném připojení akumulátoru s opačnou polaritou nedošlo k poškození nabíječky.

Při zařazení ochranné diody D6 na výstup, dojde při průchodu proudem touto diodou k úbytku napětí asi 0,6 až 0,7 V.



Obr. 10a, b

Takže aby opravdu na výstupu a tedy na akumulátoru bylo požadované napětí, musí být napětí ze stabilizátoru o toto napětí větší. Napětí měříme na výstupu nabíječky při připojení akumulátoru.

5. pokus

Zapojení doplníme - viz obr. 11 - o indikaci funkce nabíječky

a) zapnutí - zelenou LED na vstupu stabilizátoru. Rezistor R5 si vypočítejte sami podle naměřeného napětí na filtračním kondenzátoru zdroje.

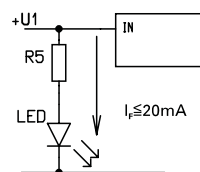
b) přerušení pojistky na výstupu. Uvažujte tuto situaci: z nějakého důvodu by z výstupu nabíječky tekla velký proud a přepálil by pojistku. Buď by byl, třeba i jenom náhodou a na chvilku, zkratovaný výstup nabíječky, nebo by byl akumulátor přebíjený větším proudem, nebo ... cokoli. A my bychom v domění, že pojistka i nabíječka jsou v pořádku, „nabíjeli“ akumulátor, ale nic by se nedělo, provozem by se akumulátor vybil a zařízení na které se spoléháme by bylo nefunkční a mohlo by ohrozit majetek, zdraví, životy. Toto zapojení tu není. Zkuste ho vymyslet sami, a poslat do redakce Radio+ . Funkční a zajímavé zapojení otiskneme.

Otázka na příště - z kolika článků je složena 9 V zinkouhlíková baterie?

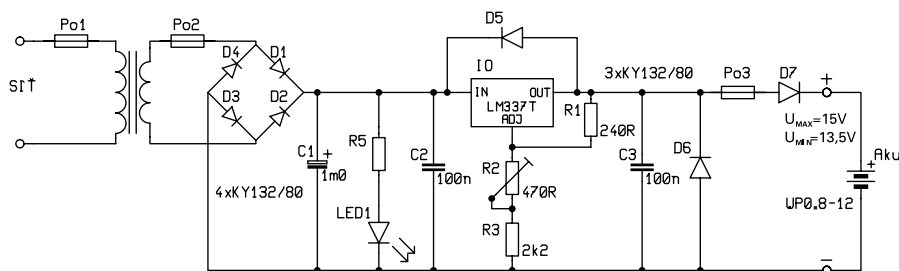
Jakou hodnotu bude mít rezistor R5 v sérii s LED, kterou poteče proud 20 mA?

Nápady pro domácí tvorbu :

1. Zkuste si podle předchozích článků jen tak na stole udělat stejnou nabíječku s obvodem 7812 a rezistory R1 a R2 a s výsledky se svěřit redakci.
2. Akumulátory se jmenovitým napětím 6 V (například WP 1.2-6) se mají nabíjet



Obr. 11



Obr. 12

6,75 až 6,9 V pro udržovací nabíjení
7,2 až 7,5 V pro cyklické nabíjení

Zkuste si sami navrhnout a jen tak na stole vyzkoušet nabíječku pro tento typ akumulátoru.

Trocha angličtiny

CHARGE - nabíjení (všeobecně)
DISCHARGE - vybíjení
RECHARGE - opětovné nabíjení
LOW - nízké (napětí - vybitý článek)

POSITIVE - kladný (pól)
NEGATIVE - záporný (pól)
před podstatným jménem je člen neurčitý A nebo určitý THE

A CHARGER - nabíječka
A CELL - článek
A BATTERY - baterie
odvozené výrazy

CHARGE - nabíjení (všeobecně)
CHARGER - nabíječka
CHARGED - nabíjený (trpný rod)
CHARGING - nabíjení (průběžný čas)
RECHARGEABLE - nabíjitelný, schopný nabíjet se

Věta :

THIS BATTERY IS NOT RECHARGEABLE !
tato - baterie - je - ne - nabíjení-schopná
Tuto baterii není možné nabíjet !!

Používané součástky:

2ks ploché baterie 4,5 V
TR síťový adaptér 230/(asi 15 V)
D1-4 dioda KY132/80 nebo podobné typy
C1 kondenzátor 1m0/25 V
C2,3 kondenzátor 100n
IO LM317

IO LM317T s chladičem
R1 rezistor 240
R2 trimr 2k4, nebo potenciometr
R3 rezistor 2k2
R4 trimr 470
D5,6,7 KY132/80 nebo podobné typy
D8 LED zelená
Po pojistka 200 mA
AKU akumulátor 12 V/1,2 A
nepájivé kontaktní pole a drátky
V voltmetr

a drobná „bižuterie“ - pojistkové držáky, konektory na akumulátor, knoflík se šipkou na potenciometr, atd...

Technické údaje akumulátoru :

typ WP0.8-12
jmenovité napětí 12 V
provozní kapacita 0,8 Ah/20 hod
délka 96 mm
šířka 25 mm
výška pouzdra 62 mm
hmotnost 0,37kg
kapacita 20h/0,04A
0,8Ah
1h/0,48A
0,48Ah
max. vybíjecí proud 10A/10s
nabíjení
udržovací 13,5 až 13,8 V
cyklické 14,4 až 15,0 V
max. nabíjecí proud 0,24 A

Ručkový měřicí přístroj

V rozběhu výkladu zdrojů by bylo možno probírat čím dál bohatší paletu obvodů pro napájecí zdroje, ale to je v jiných článcích. Mnohému i začínajícímu kutilovi občas padne pod ruku nějaký ručkový měřicí přístroj, vykuchaný z nějakého zařízení, například magnetofonu, měřicího přístroje vyhozeného do sběru, nebo čehosi, co už dosloužilo, nebo je v bazaru za výlohou s cenou, která si říká, že by to stálo za pokus.



Běžný ručkový panelový měřicí přístroj

Protože určitě nebudeme mít list s potřebnými technickými údaji, půjdeme od zjevného ke skrytému.

1. Ručkový měřicí přístroj má ručku. Ručka ukazuje na stupnici. Obvykle bývá s nulou na levém okraji, někdy i uprostřed.

2. Na stupnici bývá uvedeno, co měřicí přístroj měří:

V - napětí ve voltech,
A - proud v ampérech, nebo
označení odvozených jednotek, případně na stupnici může být úplně cokoliv:

červené a zelené pole u indikátoru z magnetofonu, dB, Np, stupně celsia, očíslované dílky bez označení, nebo i různá slova: provoz, pohotovost, žhavení, I. II. a podobně. Ani těchto kuriozit se nelekne, obvykle nemáme co zkažit a můžeme je k „něčemu“ použít



– ručkový měřicí přístroj



– voltmetr



– ampérmetr

18. díl

a možná budeme dokonce i příjemně překvapeni.

3. Vpravo dole, nebo někde jinde bývají užitečné značky. Vysvětlíme si je v pořadí podle užitečnosti:

System



– systém magnetoelektrický



– systém elektromagnetický



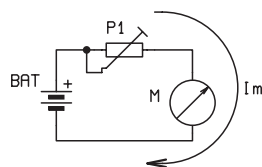
– jiný, zatím nás nezajímá.

Systém magnetoelektrický je výborný, citlivý, měří stejnosměrný proud (a tím i napětí). Střídavý proud se měří tak, že se usměrní a změří usměrněný stejnosměrný.

Systém elektromagnetický je méně citlivý, měří stejnosměrný i střídavý proud.

Jiný systém najdete v každé domácnosti - je to elektroměr - ten nemá ručku, ale otáčení kotouče se převádí na počítadlo.

PROUD pro plnou výchylku ručky
100 μA - pro nás úplný poklad, ten je nejlepší
200 μA - velmi dobrý, ten použijeme



Obr. 1

50 μ A - také velmi dobrý, hodně citlivý
20 μ A - velmi dobrý, velmi citlivý, pozor
1mA - na univerzální měřidlo na V i A

případně nám bude štěstí přát a najdeme měřidlo přímo na nějaké napětí, například voltmetr do 10 V, nebo ampérmetr do 1 A.

Pamatuj: u těchto měřidel můžeme rozsah zvětšit, ale ne zmenšit.

Pracovní poloha

- připomíná postýlku - poloha vleže - na stole
- svislá poloha
- šikmá poloha - někde na panelu, i s uvedením úhlu

Nenecháme se znervóznit, je to doporučená pracovní poloha, ono to měří i jinak, ale už není zaručená přesnost.

Třída přesnosti

uvádí přesnost v procentech, například

1 - například při měření 100 V se může lišit o 1 V

0,5 - při 100 V se může lišit o 0,5 V - pro laboratorní měřicí přístroje - přesný, ale přístroj asi velmi citlivý na otřesy.

5-15% přesnost stačí pro hrubší měření - například 12 V se může lišit o 0,6 V.

Značka druhu proudu

- stejnosměrný
- střídavý
- stejnosměrný i střídavý

A značka druhu proudu s třídou přesnosti je jasná, že?

1,5 1,5

Třída přesnosti při ss proudu a třída přesnosti při stř. proudu.



Příklad označení měřidla

Základní princip je tento:

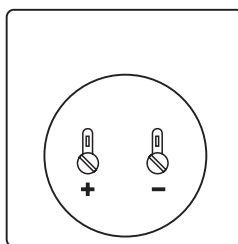
Při zapojení do obvodu systémem měřicího přístroje teče proud a ten vychyluje ručičku. U ampérmetru i voltmetru. To chce praktický pokus.

Výchozí úvaha

Máme libovolný měřicí přístroj a chceme ho oživit. Abychom systém přístroje

nezničili, zkusíme ho rozhýbat nějakým malým proudem, například 100 A. Viz obr. ???

Pro jednoduchost použijeme plochou baterii s napětím $U = 4,5$ V. Obvod musí tomuto proudu klást určitý odpor - rezistivitu R . Počítáme $R = U/I$ a dosadíme $R = 4,5/0,0001$ (převod na základní jednotky jsme už probírali, ale můžeme si osvěžit, že mili je tisícina a mikro miliontina). Vyjde nám rezistivita 45000 ohmů. Použijeme tedy potenciometr nebo trimr (je levnější) z předchozích pokusů - 47k nebo větší, například M1 (tedy 100k) nebo i větší a nastavíme ho na největší rezistivitu!!!.



Polarita bývá označena u přívodů

Polarita

bývá označena značkou vylisovanou na krytu u přívodů. Takže bychom jí měli dodržet. Pokud ne, šla by ručka „za roh“, tedy ještě trošku doleva, ale ne moc, jenom by se opěla o levý krajní doraz. Je to nenápadné, dáme si na to pozor.

1. pokus

Je zapojeno a sledujeme, co se děje:
- ručka se trochu vychýlí - „číslo 5 žij!!“,

- ručka se ani nehne,
- ručka přeletěla přes stupnici a je na druhém kraji.

a) Je-li výchylka ručky příliš velká, okamžitě obvod rozpojíme a

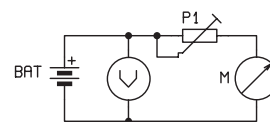
- zkontrolujeme, jestli je trimr nastaven na maximální hodnotu, nebo

- přístroj je citlivější, než jsme předpokládali a tak použijeme větší rezistor. Odhadneme, že kdyby přístroj měl citlivost 10A, musel by rezistor být podle předchozího výpočtu desetkrát větší, použijeme tedy trimr M47 (tedy 470 000 ohmů, že). Nastavíme ho na maximum a pokus opakujeme.

b) Je-li výchylka ručky malá, nebo žádná, pomalu a jemně nastavujeme trimr tak, až ručka dosáhne na konec stupnice.

Pokud se při vytočení trimru do 3/4 nic neděje, zkusíme použít asi 10 krát menší trimr - 4k7. To by při napětí 4,5 V mohl měřidlem téci proud asi 1mA.

c) pokud se ani tehdy nic neděje, zkusíme měřidlo připojit přes žárovku do baterky, maximální proud by byl asi 0,3 A.



Obr. 2

Pokud se ručka pohnula, sláva, je to asi ampérmetr.

d) když se ani teď nic neděje, zkusíme měřidlo připojit přímo na plochou baterii. Pokud se ručka pohnula, je to asi voltmetr.

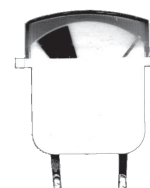
e) pokud se ani teď nic neděje, necháme přístroj uležet, třeba později zjistíme, že umí něco jiného zajímavého.

2. pokus Stupnice

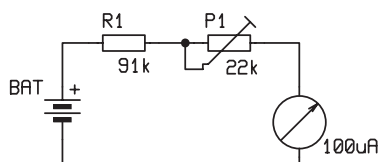
Jestliže měřicímu přístroji k výchylce stačí malý proud, pokračujeme dále. Ručka obvykle ukazuje na stupnici. Pokud již na stupnici jsou nějaké dílky, nebo čísla, můžeme je použít, nebo si ti šikovnější nakreslí novou stupnici. Někdy jde stupnici O-P-A-T-R-N-Ě vyndat, pak se dá nastříknout bílou barvou ve spreji, a na ní tuší nebo tenkou fixou v kružítku nakreslit oblouk stupnice a na něj dílky. Někomu bude stačit přikreslení čísel a čárek na stupnici tužkou nebo propisotem. Poslední číslo na stupnici označuje tzv. ROZSAH měřidla. Voltmetr na 4,5V asi nepotřebujeme, jestliže je na stupnici 100 dílků, uděláme si voltmetr například do 10 V - s dílky po desetině voltu. Je to velmi snadné. Máme stále připojenou baterii 4,5 V. Trimrem otáčíme tak, až bude ručka ukazovat na 45 dílků. Při připojení 9V baterie by měla ukazovat na 90 dílků, při připojení tužkového článku, nebo monočlánku by měla ukazovat na 15 dílků. Takto nastavený trimr můžeme nechat, nebo ho odpojíme a jeho odpor změříme ohmmetrem a tuto hodnotu složíme z rezistoru R_1 a trimru P1. Například místo hodnoty 41400 ohmů použijeme rezistor 39k a trimr o trochu větší než je rozdíl těchto hodnot, aby se dalo „přidávat“ i „ubírat“, tedy například 2k7.

3. pokus Cejchování

Přesnému nastavení se říká cejchování. Použijeme zapojení na obr. ????. Ke zdroji napětí připojíme náš nastavovaný přístroj - teď už mu budeme říkat voltmetr



Indikátor z magnetofonu



Obr. 3

a kontrolní přesný voltmetr. Připojíme například 9V baterii a na kontrolním voltmetru naměříme například 9 V. Náš voltmetr nastavíme na 9 V také. Pro kontrolu připojíme třeba 4.5 V baterii a její napětí změříme oběma měřidly. Opět by měla ukazovat stejně.

Ten kdo má hotový zdroj, může si zkusit nastavovat napětí od 1.5 do 10 V.

4. pokus

Pokud máte zdroj, můžete napětí postupně nastavovat po 1 V a jenom kontrolovat. Stupnice u magnetoelektrického systému by měla být LINEÁRNÍ - ROVNOMĚRNÁ. Jestliže chcete váš zdroj doplnit o přímoukavující voltmetr, měl by měřit v celém rozsahu napětí zdroje, tedy třeba až do 16 V. To je ale nešikovné číslo, také neplatíte šestnáctikorunami, ale dáte dvacítku a čtyři zbydou. Takže budeme chtít rozsah 20 V. Postupujeme podle předchozích pokusů. Na konci stupnice tedy bude 20 V (i když je tam napsáno 100 - dílků, buď si stupnici přepíšeme, nebo budeme prostě všechno násobit dvěma, nebo přesně řečeno dvěma a podělíme deseti). Měřidlo nacejchujeme a používáme.

5. pokus

Na co je ten čudlík?

Pod stupnicí je „šroubek“ - kolečko se zářezem pro šroubovák. Tím se v kli-

du, při nezapojeném měřidle, nastaví ručka přesně na nulu. Jemně a jen velice maličko. Nesmí se s tím otáčet dokola, jenom trošičku pootočit. Systém je velice citlivý, nezničte si ho z neznalosti.

Jako úvod by to snad mohlo stačit. Pokud nemáte vhodný druhý měřicí přístroj na cejchování, nebo si nevíte rady, svěťte se učitelům ve škole. Nepodceňujte je, dovedou zázraky.

Praktický příklad:

1. Měřicí přístroj s magnetoelektrickým systémem, 100 A.

Zvolíme rozsah 10 V. Při plné výchylce ručky tedy poteče předřadným odporem i systémem proud 100 A. Rezistivita obvodu je $R = U/I$

$$R = 10/0,0001$$

$$R = 100\,000\text{ ohmů}$$

Část této rezistivity je vnitřní odpor měřidla, zbytek je přidaný odpor. Složíme ho z rezistoru 91k a trimru 22k. Ten pak nastavíme podle předchozího pokusu.

Pro zajímavost zkusíme změřit vnitřní odpor měřidla. Pozor, běžný ohmmetr používá k měření poměrně velký proud, ručka by přelétla přes celý rozsah a systémem by se mohl poškodit. Zkusíme použít digitální voltmetr a začneme na nejvyšším rozsahu, případně přepneme na nižší. U tohoto měřidla byl naměřen vnitřní odpor $R_m = 1,27k$. Případně lze vypočítat, že napětí pro plnou výchylku je $U = I \times R_m$ a po dosazení $U = 0,0001 \times 1270$ a vyjde 0,127 V.

2. měřicí přístroj s magnetoelektrickým systémem má rozsah 40 A.

Použijeme ho vestavění do zdroje pro měření napětí v rozsahu do 20V.

Rezistivita obvodu $R = U/I$ a po dosazení $R = 20/0,000\,04$ vyjde $R_m = 500\,000$. Jen tak mimochodem byl změřen vnitřní odpor 6,61k (co to je proti 500k) a byl složen z rezistoru M47 a trimru 47k. Opět nacejchujeme podle předchozího pokusu.

3. indikátor vykuchaný z dosloužilého magnetofonu snad B5. Nic na něm není napsáno, jen polarita + a -. K rozhybání byla použita plochá baterie a trimr nejdříve M47, byl moc velký, ručka začala trochu reagovat až hodně za polovinou. Byl použit menší - 47k.

S tímto trimrem bylo možno z tohoto indikátoru udělat měřidlo do 9 V - nastavením na 20,2k do 12 V - nastavením na 25,9k do 20 V - nastavením na 45,9k.

No „měřidlo“, někdy stačí indikovat, že napětí buď „je“ - ručka je v červeném poli, nebo napětí je menší, nebo není žádné, například je vybitá baterie, nebo akumulátor.

trocha angličtiny:

to measure	- měření
reading is	- přečtená (naměřená hodnota) je
range	- rozsah

Odpovědi na otázky z minulého čísla:

V devítivoltové baterii je $9/1,5 = 6$ tedy 6 článků po 1,5 V.

Rezistor R5 má odpor $(20-2)/0,020 = 900$ ohmů. Nejbližší vyráběná hodnota je 910 ohmů, nebo použijeme nějaký blízký větší 1k, nebo 1k2

Domácí úkol: zjistit, kolik korun platíte za 1 kWh elektrické energie u vás doma a jakou asi máte spotřebu za měsíc.

Kde se berou plošné spoje?

Plošným spojům se někdy říká „tištěné spoje“ - anglicky Printed Circuit Board, PCB. Netisknou se přímo vodivé měděné cestičky, ale na desku z izolantu s tenkou měděnou fólií - se „natiskne“ obrazec spojů. Deska s natištěným obrazcem se ponoří do lázně s chemikálií, která nezakrytou měď rozleptá a odplaví ji. Po opláchnutí zůstane na desce původní obrazec zakrytý barvou a na ostatních místech zbyde holý povrch desky bez mědi. Po smytí barvy budou na desce vodivé měděné cesty v místech, kde byl původní obrazec. A to už jsou tzv. plošné spoje.

Plošné spoje se vyrábějí průmyslově ale lze si je vyrobit i podomácku. Je několik fází:

1. Návrh plošného spoje
2. Přenesení spoje na desku
3. Vyleptání spojů
4. Vyvrtání a konečná úprava spojů.

Předem zhodnoťte své možnosti podle nejméně obvyklé operace - leptání. Především je nutno dodržet bezpečnost práce a čistotu. Nezkoušejte leptat někde kradmo v koutku v koupelně, nebo v kuchyni. Neleptejte sami, ale vždy pod dohledem dospělé osoby. Té také dejte tento článek přečíst, aby mohla včas a správně zasáhnout, nebo pomoci. Hubováním by ztrácela čas.

Budete potřebovat:

roztok chloridu železitého
plochou pevnou obdélníkovou miskou
malý kbelík nebo druhou miskou s vodou
tekoucí vodu na opláchnutí
a dále
ploché klíšťky z umělé hmoty
gumové rukavice
PE láhev se širokým hrdlem a šroubovacím uzávěrem s nápisem POZOR - CHLORID ŽELEZITÝ

trychtýř (nálevku) s umělé hmoty o průměru 8 až 12 cm
2 hadříky asi 30x30 cm - nejlépe bavlněné, aby dobře sály
igelitovou plenu pod miskou
složené noviny pod miskou
a na úklid:
další hadřík
čisticí prostředek - písek na nádobí
nebo i kyselinu solnou - chlorovodíkovou

Miska

Nejvhodnější je novodurová, nebo bakelitová miska na zvětšování fotografií asi 13x19 cm s vylévací hubičkou v rohu.

Měkké misky v nichž se prodává balíčované maso jsou nevhodné, při nadzvednutí se prohýbají a mohou prasknout a vylít obsah tam, kam nechcete,

19. díl



Obr. 1 – Nezbytné potřeby...

nepoužívejte misky používané doma na potraviny. Svou misku si viditelně označte a nevracejte do kredence!

Láhev

Na roztok chloridu železitého je nejvhodnější 1 litrová PE láhev se širokým hrdlem a šroubovacím uzávěrem - viditelně označená nápisem POZOR CHLORID ŽELEZITÝ. V této láhvi je možno také kusový chlorid železitý rozpustit. Také je vhodný malý kanistřík z umělé hmoty.

Chlorid železitý

Chlorid železitý se prodává jako kusový - ošklivé hnědožluté hroudy, rozpustné ve vodě, nebo jako roztok už s koncentrací pro leptání, nebo pod názvem - „zahlubovač na měď“.

Bezpečnost práce:

Chlorid železitý není kyselina nebo loup, které by vás poleptaly, ale sůl, která reaguje s mědí tak, že jí rozpustí. Ale při potřísnění kůže je zapotřebí ji ihned omýt, aby na ní nezůstaly žluté skvrny. Dejte pozor, aby vám destička nevyklouzla z ruky nebo klíštěk a aby vám roztok nevyšplíchl na oděv, nebo do obličeje, nebo dokonce do oka. Tekutina je již na první pohled odporná, i když bez zápachu, ale přesto zabraňte náhodnému požití - nesmíte ji uchovávat v láhvích pro nápoje, hlavně ne v tmavých láhvích od piva nebo minerálky.

Klíšťky

Vhodné kleštičky na uchopení desky a vložení do leptací lázně jsou novodurové, používané při zvětšování fotografií. S osičkou z umělé hmoty a s pružinou také z umělé hmoty. Železnou pružinku by chlorid rychle sežral a nakonec byste ji stejně museli nahradit, například opásáním gumičkou. Používání kleštíček je trochu nemotorné a tak mnozí amatéři pokládají destičku na hladinu rukou a potřísněné špičky prstů si hned oplachují ve vodě.

Někdo používá novodurovou svorku ve tvaru U se zářezy pro destičku, která se postaví do misky i deskou tak, aby byla pod hladinou.

Nožičky se zářezy se mohou přichytit na desku tak, aby destičku udržovaly pod hladinou a dostatečně vysoko nad dnem, aby nebyla v kalu.

Kbelíček s vodou

Po vyjmutí desky z lázně je třeba ji před přenesením pod tekoucí vodu opláchnout tak, aby se nenakapalo. Vždycky se nakape. Takže by kbelíček nebo miska s vodou měla být hned vedle misky s leptací lázní. Po prvním odmočení teprve desku pořádně opláchněte pod tekoucí vodu.

Hadry

Použijte hadříky asi velikosti většího kapesníku, které dobře sají, vhodné je staré bavlněné triko, len saje hůř a spíš kapky rozmazává. Tkaniny z umělých vláken nesají vůbec, tekutina se rozšmudlává ještě víc. Pokud potřísněný hadr nechcete vyhodit, vymáchejte ho ve vodě. Nevymáchaný hadr zůstane žlutý od chloridu a po uschnutí může prášit. Tak by také dopadl potřísněný oděv. Nevyžerou se hned díry jako od kyseliny, ale oděv se může poškodit. Vhodné je použít například pracovní plášť, nebo vhodný oděv. Opláchnuté ruce utíráme do druhého, čistého hadříku a nakonec po umytí mýdlem do ručníku.

Skladování

Po skončení práce leptací lázeň opět pomocí trychtýře - nálevky, nebo vylévací hubičky na misce vylejte zpátky do láhve. Pokud je láhev po nalévání potřísněná, okamžitě ji umyjte, aby neudělala mokré „kolečko“ chloridu. Chlorid nenechávejte v misce. Za prvé by do něj určité někdo strčil a vylil ho a za druhé by se na hladině udělal hustý škraloup a chlorid znehodnotil.

Míchačku a ostatní předměty

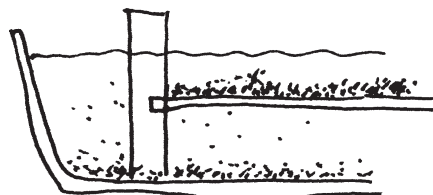
přicházející do styku s chloridem používejte z umělé hmoty. Chlorid reaguje nejen s mědí, ale působí i rychlou korozi železa, s hliníkovou lžičkou reaguje rychle a také se rychle vyčerpává.

Vyčerpání chloridu

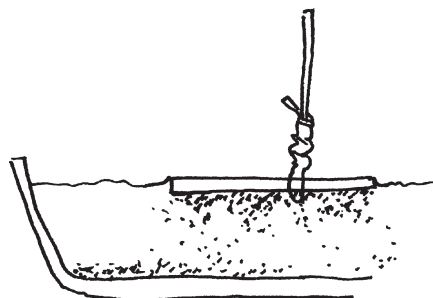
poznáte podle toho, že roztok je hustý, na dně zůstává hustý kal a leptání dlouho trvá. Leptání desky běžně trvá asi 20 až 30 minut. Vyčerpaný chlorid lze prý oživit několika kapkami kyseliny chlorovodíkové - hnědý roztok bude v místě vlití zelenat a musí se dobře rozmíchat. V láhvi, ne v misce, to by mohlo vyšplíchnout.

Proč tolik řečí? Především pro bezpečnost při práci a pak i pro vysvětlení toho, co na vlastní kůži při neopatrných pokusech zkušenější amatéři vědí a považují za samozřejmé a teprve až když se něco stane, říkají, že to jste měli vědět.

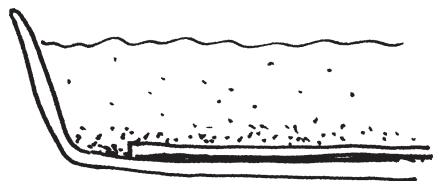
Pozor na jiné metody leptání. Uslyšíte o „zázračných metodách“ které leptají lépe. „Kysličník“ může podle použité koncentrace buď zle ublížit, popálit, nebo je málo účinný. Nepoužívejte ho! Nechte si poradit od učitelů chemie nebo odbor-



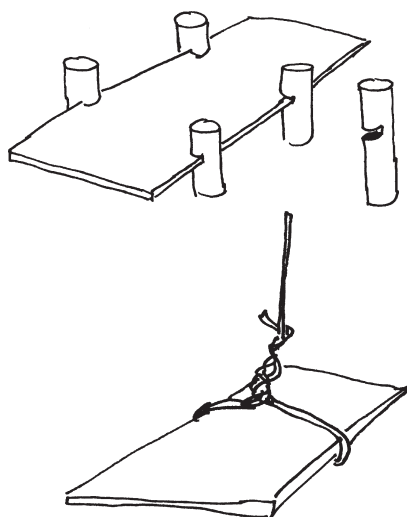
Obr. 2 – Deska mědi nahoru; kal se drží na desce a brání přístupu chloridu, čímž se leptání zpomaluje



Obr. 3 – Deska plave na hladině; je opásaná drátkem na uchopení; kal volně klesá dolů



Obr. 4 – Deska leží v odloučeném kalu – leptání je pomalé, je třeba s ní hýbat



Obr. 5 – Příklady upevnění desek plošných spojů při leptání

ných předmětů, nebo první leptání udělejte pod jejich vedením.

Pracoviště

Použijte rovnou pevnou plochu na pevném rovném místě. Na stůl položte igelit, který neprosákne, ale ne moc velký, abyste s ním miskou nestrhli ze stolu. Na igelit položte složené noviny, do kterých se kapky chloridu vsáknou. Určitě nakapete. Každý nakape - a pak po sobě uklidí.

Úklid

I když jste sebepečlivější, může se stát, že na výlevce nebo na umyvadle budou žluté skvrny. Lze je uklidit buď hrubě pískem na vany nebo v gumových úklidových rukavicích hadříčkem a „kyselinou“. Přiznejte se a požádejte dospělého. Kyselina už je opravdová žíravina a může poleptat pokožku a zničit podlahu, nábytek i rodinou pohodu. Sami kyselinu nepoužívejte!

Praktické provedení podomácku

Návrh plošného spoje

byl již probírán při výkladu síťového zdroje v Graetzově zapojení v Radiu + KTE č 2/98.

Materiál

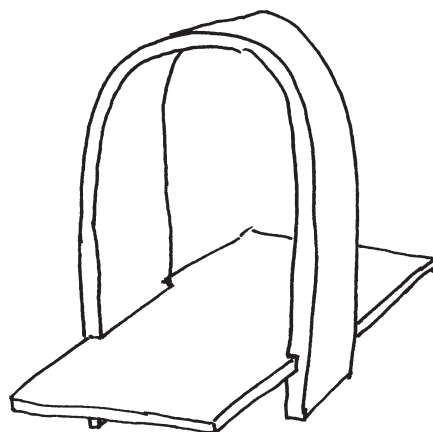
Desky se prodávají pod různým obchodním názvem my vybíráme podle základních hledisek.

Jednostranná (nebo oboustranná) destička.

Tloušťka taková, aby se destička neprohýbala - tedy 1,5mm. Tenčí se prohýbá a skrz silnější neprojdou zcela nožičky některých součástek - konektorů, integrovaných obvodů aj.

Materiál - obyčejný, lepený hnědý, na řezu se štěpí

- lepší, laminát hnědý nebo modrý



a jiný. Nám zatím vyhoví jakýkoliv. Někdy se prodávají i menší a levnější odřezky.

Oříznutí na rozměr

Předně je třeba získat destičku vhodné velikosti. Obvykle se kupují větší kusy. Na patřičný rozměr jí lze uštíhnout strojními nebo ručními pákovými nůžkami, nebo docela prostě odříznout pilkou na kov (v nouzi stačí list pilky). Ostré okraje se lehce strhnou jemným pilníkem.

Očistění destičky se obvykle provádí jemným smirkem, pískem na nádobí nebo sitolem.

Smírek - nevhodný - zůstávají jemné rýhy
Písek na nádobí - lepší, ale musí se opláchnout

Síť (dříve sidol) je čistič na kovy - v malé tmavé láhvičce, dost smrdí. Použijeme dva hadříky - první navlhčujeme v síťu a potíráme jím celou plochu a leštíme - odlučuje se šedočerná špína - a druhým hadříčkem destičku vyleštíme dočista. Na plochu už nesaháme a po práci si umyjeme ruce.

Nakreslení spojů lze provést Sítotiskem - v malovýrobě.

Lihovou barvou, trubičkovým perem č.4 nebo č.5 na násadce. Lihová barva dobře kryje a zaplní i rýhy na destičce vyčištěné jemným smirkem nebo pískem na nádobí. Spoj se dobře opravuje - opravované místo se vyčistí hadříčkem s lihem.

Fixou. Vhodné jsou pouze typy „PERMANENT“. Nemusí být drahé z dovozu. Perfektně vyhoví české Centropen 7937 F - tenká nebo 7336 M - středně silná. Nejlepší je černá, nebo i zelená. Ale pozor! deska musí být dokonale čistá, bez rýh - dokonale vyčištěná SÍTOLEM. Jinak se chlorid dostane pod barvu a spoje se „podleptají“ - nejsou celistvé. Mají okousané okraje, nebo rozbrázděný povrch.

Pokus na doma: Někteří letečtí modeláři přenášejí tvar dílů na dřevo přiložením kopie z kopírky nebo laserové tiskárny na dřevo a přezehlení. Přezehlením se černá barva z papíru přenesla na povrch dřeva a vpeče do dřeva. Kdyby to někdo zkusil s plošným spojem, dejte vědět do redakce KTE i v případě neúspěchu, aby se poučili i jiní.

Leptáme

Zpětně se dostáváme k leptání. Obvykle se používají tyto postupy:

Vložení desky do leptací lázně

Vhodnější je položit desku mědi dolů - odloučený kal se snáší ke dnu.

Na desce položené mědi nahoru odloučený kal leží na mědi a zpomaluje leptání.

Svislé zavěšení do hluboké nádoby - spodní okraj se leptá pomaleji, zvláště když se dotýká dna s kalem - je zapotřebí hlubokou nádobu a víc chloridu.

Položení desky na dno je nejjednodušší, ale destičkou se musí občas hýbat, aby se odplavoval kal. V tomto případě je destička mědi nahoru.

Upevnění desky na nožičky nebo na držák - v místě nožičky zůstane kousek neodleptaný.

Opásání desky drátem s PE izolací - chlorid musí proniknout i pod opásání - výhoda - za vyčnívající drátek můžeme destičku snadno vyjmout. V tomto případě můžeme destičku položit (stranou s mědi dolů) na hladinu. Drží, nepotopí se.

Položení desky na hladinu. Jde to. Chlorid je hustý a destička spočívá na hladině jako vodoměrka na rybníčku. Kleštičkami to jde těžko, nejsnazší je uchopení do prstů a opatrné položení na hladinu. Ruka se musí okamžitě umýt a ne utírat do kalhot, hadru nebo pláště. Pozor, při leptání oboustranné plátované desky je třeba po odleptání jedné strany desku umýt a nechat zcela vyschnout a pak teprve znovu položit na hladinu, jinak jde ke dnu.

Umytí

Po vyjmutí zkontrolujeme jestli už je deska vyleptaná, případně jí opláchneme a znovu vložíme do lázně. Někdy bývají v lázni bublinky a tak na desce zůstanou okrouhlá neodleptaná místa. Proto je dobré leptání zkontrolovat i v průběhu leptání. Po opláchnutí je třeba desku důkladně opláchnout tekoucí vodou, osušit a smýt barvu ze spojů.

Ošetření

V průmyslu se na desky obvykle nanáší ochranná vrstva proti oxidování, krycí izolační povrch na plochu, kde nejsou spoje, orientační nápisy pro osazování - označení součástek a vývodů, atd.

Amatéri obvykle desku hned osadí a zapájají, případně jí někdo natírá řídkým roztokem kalafuny v lihu. Jestliže je roztok hustý, má pak upatlané ruce, štěteček a deska na sebe dlouho lepí prsty i špínu a povrch vypadá ošklivě. Při pájení se v místě ohřevu kalafuna snadno rozpustí a usnadní pájení. Taková destička se mnohdy po zapájení myje lihem - krátkým hrubým štětečkem nebo kartáčkem na zuby.

Při špatném umytí je ale upatlaná celá deska a pokud líc s kalafunou zateče do patič pro integrované obvody, do konektorů, do přepínačů nebo potenciometrů, zabrání správnému vodivému styku a budete mít zkušenost k nezaplacení. Použitý materiál - viz text Centropen 7937 F - tenká fixa Centropen 7936 M - středně silná fixa Centropen 2846 PERMANET

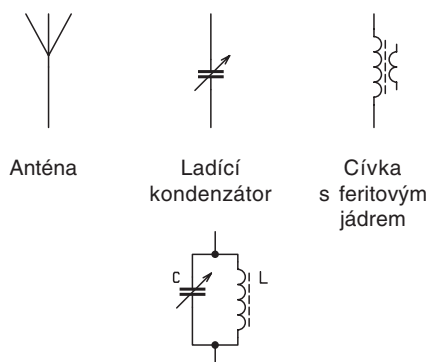
SITOL - láhevka 150 ml
6 hadříčků asi 30x30 cm

trocha angličtiny

PCB - Printed Circuit Board - deska s „třetými“ spoji
danger - nebezpečí
dangerous - nebezpečný
solution - roztok
be afraid - buď pozorný, dávej pozor

Nebojte se laděných obvodů

Na první pohled má každý přijímač alespoň dva ovládací prvky - na nastavení hlasitosti a na naladění stanice. Naladění se obvykle sleduje na stupnici, obvykle s číselným údajem o frekvenci.



Obr. 1 – Laditelný LC člen
Přijímaná pásma

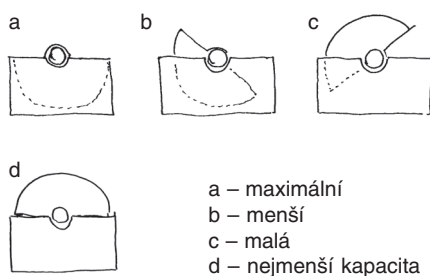
Většina dnešních přijímačů má pásmo

- středních vln (SV) pro příjem amplitudově modulovaného (AM) vysílání a
- velmi krátkých vln (VKV) pro příjem frekvenčně modulovaného vysílání (FM).

Frekvence označuje počet kmitů za sekundu a hezky česky se jí říká kmitočet, jednotka je Hertz (Hz) a odvozené jednotky jsou kHz, MHz, GHz. V americké literatuře se uvádějí c/s tedy cykly za sekundu, kc/s a Mc/s.

Pásmo středních vln je od 186 do 550 m a to je rozsah od 545 do 1609 kHz. Na stupnici přijímače někdy najdete čísla 16 12 10 8 7 6 5.5 která označují stovky kilohertzů.

Dnes používané pásmo velmi krátkých vln je od 87.5 do 108 MHz.



Obr. 2 – Ladící kondenzátor

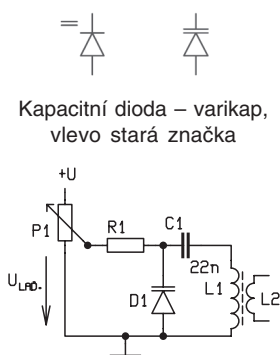
Ladící obvod

Ladění provádí ladící obvod tvořený cívku a kondenzátorem (viz obr. 1). Například v přijímači pro AM a FM je černá tyčka s vinutím asi 60 závitů tzv. feritová anténa pro střední vlny a v kostičce, která je osičkou spojená se stupnicí je ladící kondenzátor s kapacitou například 380 pF.

Cívka s několika závity silnějšího drátu a ladící kapacita například 12,5pF je pro velmi krátké vlny.

Poučení:

více závitů - větší indukčnost nebo větší kapacita - nižší kmitočet,
méně závitů - menší indukčnost nebo menší kapacita - vyšší kmitočet.



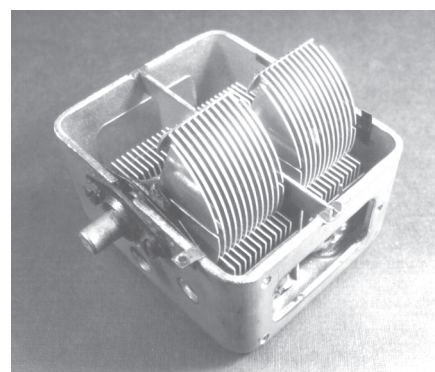
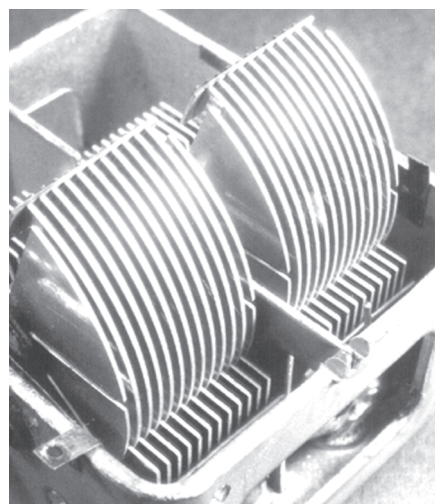
Obr. 3 – Ladění varikapem

Ladící kondenzátor

má proměnnou kapacitu. Ta, která je na něm uvedena, je maximální (například 380 pF) a otáčením osičky se pohyblivé rotorové plechy vysunují z mezery mezi pevnými statorovými plechy a vzájemná společná plocha a tedy i kapacita se zmenšuje. Viz obr.2. Ladících kondenzátorů jsou různé druhy:

- vzduchové - kvalitní, ale velké, kovové
- styroflexové - miniaturní, mezi plíšky jsou izolační fólie
- varikapy - kapacitní diody, laděné změnou napětí.

Slovo varikap nám připomene dvě slova variabilní (proměnná) kapacita. Je to dioda zapojená v závěrném směru. Nevede, ale šimrá jí to, čím větší napětí,

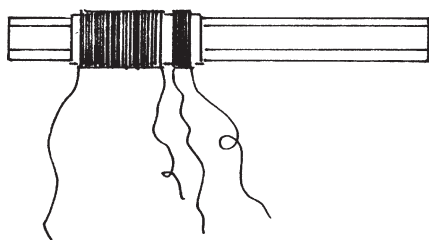


Fotografie ladícího kondenzátoru, vpravo detail

tím má menší kapacitu (viz obr. 3). V katalogu bývá uvedena kapacita bez napětí například 17pF a pak při nějakém napětí, například při 30V. Jsou ideální pro ladění na VKV, kde stačí menší kapacity. Byly vyvinuty i diody pro větší kapacity a větší přeladění, vhodné i pro střední vlny, ale kupodivu nějaký koumák zkusil místo speciálního varikapu použít Zenerovu diodu a jde to! Pro ladění SV je použita v

- [1] Zenerova dioda ZD 8V2 a napětí 6 V
- [2] Zenerova dioda KZ260/9V2 a napětí 9 V
- [4] varikap KB113 a napětí 0 až 24 V (nebo až 30 V).

Dioda je oproti ladícímu kondenzátoru mnohem menší, levnější, konstrukčně jednodušší, napětí lze jedno-



Obr. 4 – Feritová anténa

duše nastavovat, například potencio-
metrem.

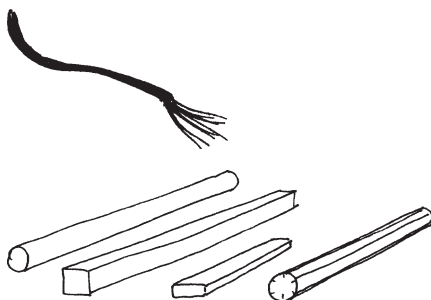
Feritová anténa

má černý kulatý, čtvercový nebo plo-
chý trámeček z tvrdé, ale křehké hmoty
- feritu, na něm bývá pohyblivá manžeta
s vinutím. Pohybem manžety s vinu-
tím lze indukčnost cívky trochu měnit.
Největší indukčnost je uprostřed, na kraji
je menší. Výchozí poloha při oživování
přijímače je tedy asi v jedné třetině od
kraje, aby bylo možno doladovat „nahor-
u“ i „dolů“. Viz obr. 4.

Manžeta bývá z plastu, lepenky, nám
postačí proužek lepicí pásky, který jed-
nou obtočíme okolo, lepkou vrstvou na-
horu, a navlhčením slepíme.

Vinutí bývá z vysokofrekvenčního lan-
ka nebo tenkého izolovaného drátu.

Vysokofrekvenční lanko má na povr-
chu vnější hedvábnou izolaci. Pod ní je
několik lesklých světle hnědých nebo
tmavě hnědých lakovaných nebo smal-
tovaných tenkých měděných drátků (viz
obr.5). Izolaci je třeba odstranit - odizolo-
vat. Nejjednodušeji lehkým oškrábáním
kapesním nožičkem proti palci, ale drátky
se lámou. Někde se používal zvláštní li-
hový kahan a krátké opálení v lihovém
plameni a okamžité namočení do lihu,
někdo prý používá acylpyrin nebo kou-
sek růžového měkkého novoduru. Lan-
ko se přitiskne horkou páječkou s kap-
kou pájky na tabletu acylpyrinu nebo
novodur a pod tlakem hrotu pájky v lou-
žičce „cínu“ se povytáhne odizolované,
lesklé, pocínované ven. Pozor! plyn uvol-
ňovaný ze škvařeného novoduru je zřej-
mě jedovatý a smrdí. Pokud byste v nou-
zi tento postup zkoušeli, tak na dobře
větraném místě. Zadržte dech, odvráťte
hlavu, pak vydechněte a podejděte. Tuto
metodu uvádím jenom proto, že byste se

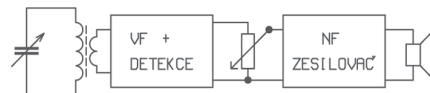


Obr. 5 – Feritová jádra a vf lanko

jí určitě od nějakého kamaráda dozvě-
děli, ale neřekl by vám o hrozícím riziku.

Vysokofrekvenční lanko se označu-
je počtem drátků v lanku a jejich průmě-
rem, například $10 \times 0,07$ nebo $20 \times 0,05$
a podobně.

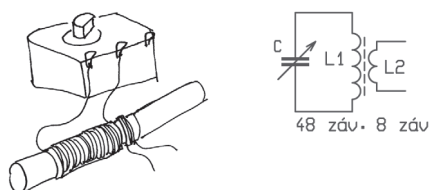
Měděný drát izolovaný lakem nebo
smaltem asi seženete spíš než vf lanko,
můžete ho odvinout například ze staré-
ho transformátoru nebo cívky - opatrně,
abyste neodřeli izolaci, to by se sousední
závity vinutí mohly zkratovat, vznikl by
mezizávitový zkrat a cívka by nefungo-
vala. Dráty se vyrábějí se v průměrech
od asi 0,05 do 3 mm. Pro vinutí feritové
antény je vhodný drát o průměru asi
0,2 až 0,5 mm. V návodech bývá uve-
den například CuL 0,2 což čteme jako
měděný (Cu), lakovaný drát o průměru
0,2 mm.



**Obr. 6 – Blokové schéma
AM přijímače**

Drát se zelenou izolací a označením
CuT se nemusí pracně odizolovávat.
Konec vinutí cívky stačí ohřát hrotem pá-
ječky a pocínovat.

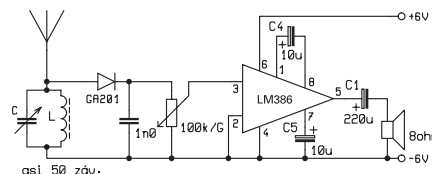
Průměr drátu lze změřit tzv. mikrome-
trem, nebo odhadnout. Na tužku navine-
te například 1 cm široké vinutí a přitom
počítáte závity a potom vypočítáte kolik
mm je na jeden závit. Navinete například
10 mm široké vinutí s 28 závity. Jeden
závit je široký 10:28 a na kalkulačce vy-
počítáte podíl 0.3571428571. Takže drát
má průměr asi 0,35 mm, protože mezi
jednotlivými závity je ještě izolace a zá-
vity asi nejsou úplně těsně vedle sebe.



**Obr. 7 – Vstupní laděný obvod
a kresba skutečného provedení**

Úkol: zkuste si sami změřit průměr
vašeho drátu, nebo si zkuste spočítat
průměr drátu vinutí dlouhého 14 mm, se
35 závity

Vinutí začneme vinout asi 2mm od
kraje manžety. Drát přidržujeme rukou
a vineme závit vedle závitu a závity počí-
táme. Po navinutí stále držíme a pak ši-
kovně začátek a konec vinutí zakápneme
nahřátým zakapávacím voskem. Buď
speciální zakapávací hmotou, nebo tím,
co máte - parafínem se včelím voskem,
pečetním voskem (červený, ale je tvrdý
a křehký) nebo docela jednoduše svíč-



Obr. 7a – Přijímač s LC obvodem

kou, nebo tvrdým voskem na lyže. Pak
vedle navineme stejným směrem druhé
- vazební vinutí a zase zakápneme. Když
potřebujeme indukčnost zmenšit - několik
závitů ubrat, stačí je jenom odvinout, zno-
vu zakápnout a přebytečný drát odstříh-
nout a znovu odizolovat a připojit.

Přijímač pro střední vlny

má základní části: laděný obvod, vy-
sokofrekvenční část, detektor, regulátor
hlasitosti a nízkofrekvenční zesilovač (viz
obr. 6).

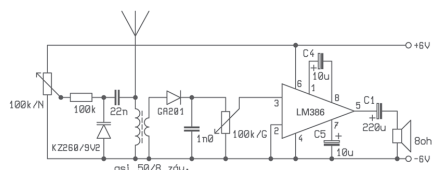
Nejednodušší přijímač

Pokus s laděním si nejjednodušeji
ověříte tak, že k laděnému obvodu při-
pojíte jako detektor diodu (viz obr. 7)
a detekovaný signál přivedete na vstup
zesilovače například z KTE č.12/1997.
Nic? Signál je příliš slabý. Zkuste se feri-
tové antény dotknout rukou, nebo ji na stole
natáčet do různých směrů. Něco by se
mohlo ozvat. Zkuste ke konci ladícího
kondenzátoru, který není spojen se zemí,
připojit kousek drátu, je to lepší? Kousek
drátu působí jako anténa. Každý přijímač
má anténu. Vnitřní feritovou, vysunovací
prutovou pro KV nebo VKV, venkovní pro
televizi, pahýl u mobilu, „parabolu“ pro
satelitní příjem. Jestliže je přijímač s feri-
tovou anténou dostatečně citlivý, není
nutné venkovní anténu připojovat.

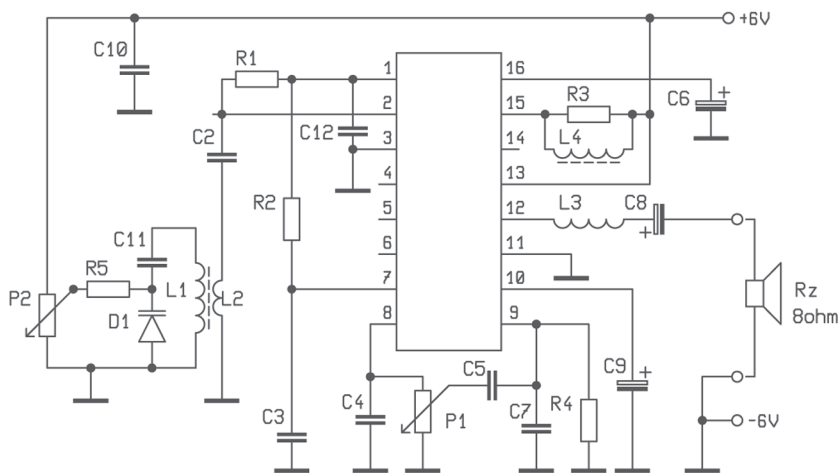
Přijímač s integrovaným obvodem

Pro pokus s příjmem středních vln
můžeme použít jednoduchý přijímač
(viz obr. 8) s integrovaným obvodem
TDA1083 nebo stejným typem ale od
jiného výrobce - A283D, publikovaný
například v KTE č.3/1994 na straně 103
a 104 jako konstrukce č.097 [1], nebo
v [2], [3] nebo [4]. Seznam použité lite-
ratury bývá na konci článku. Naučte se
psát si do vašeho sešitu ke schéma-
tům a pokusům pramen, ze kterého jste
čerpali.

Někoho od stavby přijímače odradí
právě laděný obvod. Můžete použít



Obr. 7b – Přijímač s varikapem



Obr. 8 – Přijímač pro sv s A283

a) vrak nějakého vyřazeného přijímače s nepoškozeným laděným obvodem nebo
b) laděný obvod sestavíte ze součástek, které máte k dispozici.

Laděný obvod pro střední vlny

Vyjdeme z kapacity ladícího kondenzátoru. Vyrábějí se s kapacitami 500pF, 450pF, 380pF, 270pF, 180pF, 160pF a podobně. Podle toho se navine počet závitů. Pro větší kapacitu stačí menší počet závitů a naopak.

Nelekne se, že ladící kondenzátor má víc vývodů. Jednou osičkou se mohou ovládat současně dva kondenzátory, nebo i čtyři. U přijímačů pro SV a VKV bývá kondenzátor například s $2 \times 270\text{pF}$ pro AM a $2 \times 12,5\text{pF}$ pro FM. Kapacitu jednotlivých částí můžeme změřit (pokud máme čím), nebo bývá na kondenzátoru označený popis vývodů, nebo můžeme trpělivě zkoušet metodou pokusu a omylu.

Nebo použijeme ladění varikapem a potenciometrem.

Počet závitů navineme podle původního návodu, nebo asi tolik závitů, jako má nějaká podobná v jiném přijímači, takže asi něco mezi 40 až 60. Záleží na ladícím kondenzátoru. Logicky vzato: ke kondenzátoru s menší kapacitou musíme navinout víc závitů a naopak.

Vinutí posuneme asi do jedné třetiny trámečku.

V tabulce jsou na ukázkou hodnoty navržené konstruktéry jednotlivých přijímačů

pramen	ladící prvek	vinutí
[1]	varikap ZD8V2	50 až 70 záv.
[2]	270pF nebo 2 KZ260/9V	50 až 100 záv. 0,2 CuL
[3]	5 až 30pF	110 záv. 0,25 CuL
[4]	150+64pF nebo KB113	100 záv. 0,2 CuL

Při pokusech byla použita i feritová anténa o 8 mm s 48 závitů vř lanka $5 \times 0,07$ a výsledek byl skoro stejný i s vř lankem $15 \times 0,05$ i s CuL 0,2 i s 0,4, s ladícím kondenzátorem 450 pF. Při nahrazení kondenzátoru ladící diodo u KZ260/9V2 bylo možno se stejným počtem závitů proladovat s použitým napájecím napětím 6 V pásmo, ve kterém ležely stanice na 639 kHz a 1062 kHz. Při odebrání šesti závitů a posunutím cívk na jádru se pásmo posunulo na 1062 a 1233 kHz, čili s napětím 6 V není možno proladit celý rozsah SV, ale plně stačí to na příjem místních stanic. Při napájení z ploché baterie 4,5 V se proladované pásmo ještě zužuje.

Ladíme

1. Laděním se snažíme najít libovolnou stanici, nebo stanice.
2. Zjistíme, co je to za stanici, případně její kmitočet.
3. Nakreslíme si jednoduchý plán přijímaných stanic. Viz obr. 5. Například 639 kHz 1062 kHz 1233 kHz a podobně.
4. Zjistíme, kterou stanici s nejnižším kmitočtem přijímáme. Pokud naladíme například stanici 1062 kHz a na 639 kHz ani s nejvyšší ladící kapacitou už nedosáhneme, je malá indukčnost. Pak buď
 - a) zkusíme zvýšit indukčnost posunutím cívk blíž k prostředku nebo
 - b) přivíneme několik závitů. Takže je asi lepší jich ze začátku navinout o několik víc a pak ubírat.
5. Jestliže máte při ladění dlouhý „mrtvý chod“ bez jakékoliv stanice a naladíte jenom stanici s nejnižším kmitočtem. Je indukčnost pro tento ladící kondenzátor příliš velká. Pak buď
 - a) zkusíme indukčnost zmenšit posunutím cívk blíž ke kraji, nebo
 - b) odvineme několik závitů, konec znovu zakápneme, zbytek odstříhneme, znovu odizolujeme, pocínujeme a zapojíme.
6. Ladění opakujeme. Tomu se říká „usazování do pásma“.

7. Komu stačí naladění jenom několika místních silných stanic, nemusí při otáčení ladícího kondenzátoru proladovat celé pásmo středních vln, ale jenom pásmo s těmito stanicemi.

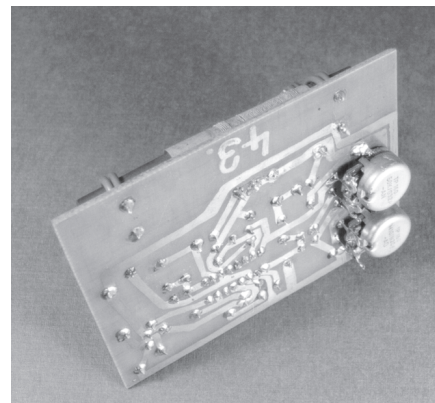
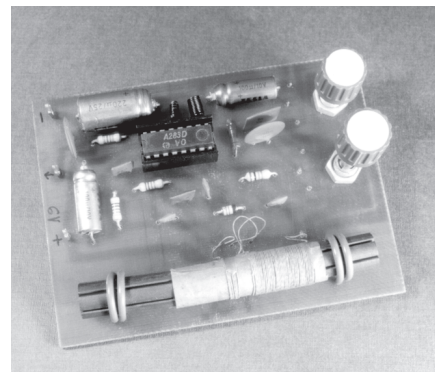
8. Kdo si chce postavit jednoduchý přijímač jenom na jedinou místní stanici, nemusí použít ladící kondenzátor, ale pevný kondenzátor a doladění provést počtem závitů a posunutím cívk na tyčce, nebo k doladění použít malíčky doladovací kondenzátor - trimr.

Pokus: Kdo říká, že se omezíme jenom na střední vlny? Zkuste navinout víc závitů a lovit v dlouhých vlnách nebo naopak s menším počtem závitů ladit krátké vlny.

V celém článku nebyly úmyslně žádné vzorečky a počítání, ono to jde i tak, orientovat se při ladění podle jiného přijímače. V průběhu psaní tohoto pokračování praktické školy došlo k některým změnám ve vysílání na středních vlnách, protože se stále více využívají VKV a tak je v následující tabulce aktuální seznam vysílacích kmitočtů našich středovlných vysílačů.

Seznam podle kmitočtů

639	ČRo1	Liblice
864	ČRo1	Strakonice
900	ČRo1	Brno
939	ČRo1	Ostrava
954	ČRo1	Plzeň, Liberec, Karlovy Vary, Dobruška, České Budějovice



981	ČRo1	Jihlava
1062	CR	Praha Zbraslav
1071	RFE	Brno Domanín
1071	RFE	Hradec Králové
1087	RFE	Litomyšl
1233	RFE	Mělník
1233	RFE	Jihlava
1233	RFE	Ostrava, Litovel, Brno Komárov
1287	RFE	Liberec, Karovy Vary, Plzeň, Rado- myšl, České Budě- jovice
1332	ČRo1	Moravské Budějo- vice
kde	ČRo1	Český rozhlas, sta- nice Praha
	ČRo6	Svobodná Evropa
	CR	Country Radio

Můžete zakroužkovat ty kmitočty, které se přijímají u vás a podle nich se orientovat při ladění.

Literatura

- [1] KTE č.3/94 na straně 103 a 104, konstrukce č. 097,
[2] AR A č.5/90 str. 188, Ondřej Weisz
[3] AR A 10/91 str. 390, Ing. Ivan Jánský
[4] AR A 3/92 str. 106, -zh-

Pokud vám některá starší čísla KTE chybějí, jsou v redakci, nebo v prodejně GM elektronik.

Co je na stupnici

rozsah	česky	angl.	něm.
dlouhé vlny	DV	LW	LW
střední vlny	SV	MW	MW
krátké vlny	KV	SW	KW
velmi krátké vlny	VKV	VHF	UKW

Trocha angličtiny a němčiny

tune - ladit	abstimmen
tunning - ladění	abstimmung
coil - cívka	Spule
core - jádro	Kern
windings (wdg) - počet závitů	Windung
recieve - přijímat	empfangen
reciever - přijímač	Empfänger
long wave - dlouhé vlny	Langwelle
short wave - krátké vlny	Kurzwelle
medium wave - střední vlny	Mittelwelle
AF - audio frequency - kmitočty zvuku - NF	
RF - radio frequency - kmitočty rozhlasové - VF	
HF - high frequency - vysoké kmitočty	
c/s - cykly za sekundu - americké označení Hz	

Mc/s - megacykly za sekundu - MHz

Rozpiska

D	GA201 nebo libovolná detekční dioda
C	1nF kondenzátor
P1	100k/N potenciometr nebo trimr
P2	47k/G potenciometr
R1	82k
R2,3	15k
R4	4k7
R5	47k
C1,C2	22nF
C3	47nF
C4,5	4,7nF
C6,9	100nF
C7,8	100mF/10V
C10,12	200mF/10V
C11	1nF
D1	KZ260/9V2
L1	48závitů vř lanko 5 × 0,07 délka lanka asi 170 cm
L2	8 závitů vř lanko 5 × 0,07 délka lanka asi 40 cm
L3	12závitů CuT 0,35 na prům. 3 mm - vzduchová samonosná.
L4	60závitů CuT 0,1 na feritovém kroužku prům 4,2 mm - délka drátu asi 45 cm

Dnes budeme ještě trochu ladit

Proč má feritová anténa dvě vinutí?

Jedno vinutí je ladící, jeho indukčnost spolu s kapacitou ladícího kondenzátoru určuje rezonanční kmitočet tohoto ladícího obvodu, tedy na jaký kmitočet je obvod naladěn. Druhé vinutí je vazební, navazuje se jím laděný obvod ke vstupu přijímače.

Pro jednoduché pokusy si můžete udělat jednoduchou stupnici tak, že na ladící kondenzátor dvěma krátkými (!) šroubky připevníte čtvereček čtvrtky, na kterou si tužkou nebo barevnými fixami (pokusy asi bude víc a při každém pokusu použijete značky jiné barvy) označíte místo, kde máte naladěnou nějakou stanici. Šroubky musí být opravdu krátké, aby nedosáhly dovnitř kondenzátoru a nepromáčklly jemné plíšky a fólie uvnitř.

V minulém čísle byl popsán pokus s nejjednodušším přijímačem, kterému se dřív říkalo krystalka, protože místo polovodičové diody byl v detektoru oprav-

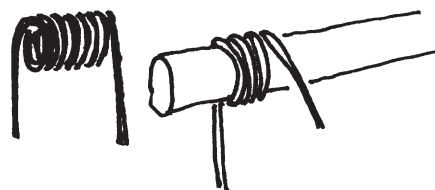
du kousek krystalické horniny - sirníku olovnatého. Takový přijímač se poslouchal na sluchátka, měl dobrou venkovní anténu a uzemnění. Protože se sluchátka dnes běžně nevyskytují, byl místo nich použit zesilovač s LM386, který máte a znáte z předchozích pokusů.

Při pokusu s přijímačem s ladícím obvodem připojeným přímo na vstup přijímače je slyšet jedna silná místní stanice skoro po celém rozsahu, jenom v jenom místě je silnější a případně další stanice se spolu pletou do sebe, jsou slyšet současně (viz obr. 1).

Při pokusu s ladícím obvodem, který je k přijímači navázán vazebním vinutím s několika závitů, zjistíte poslechem, že při ladění jsou jednotlivé stanice lépe odděleny, ladění je ostřejší a musíte ladit pečlivěji. Této vlastnosti přijímače se říká selektivita. Všimněte si, že večer po západu slunce přijímač ožije a zachytíte i další stanice, které přes den neslyšíte. Vazební vinutí bývá buď

- navinuto zvlášť nebo
- vyvedeno jako odbočka.

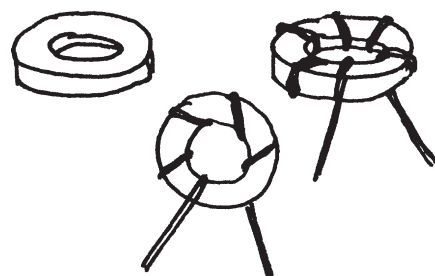
Všimněte si, že v různých dokumentacích k přijímačům bývá obvykle jeden konec ladícího vinutí uzemněn na kostru (na minus). Jeden konec vazebního vinutí bývá někdy také uzemněn, nebo bývá místo vazebního vinutí vyvedena z ladícího vinutí odbočka.



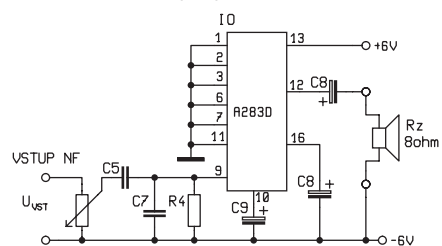
Obr. 2a – Cívka se vzduchovým jádrem a její navíjení

Vinutí vineme od konce s větším počtem závitů, pak uděláme asi 5 až 8 cm dlouhou klíčku, prstem jí trochu zkroutíme a pokračujeme ve vinutí stejným směrem. Pak všechny konce vinutí odizolujeme a pocínujeme. U odbočky si dáme pozor, abychom i při případném zkrácení zase odizolovali, pocínovali a spojili oba konce odbočky (viz obr. 2).

Vysvětlení je jednoduché. Při přímé vazbě je laděný obvod ztlumen vstupní



Obr. 2b – Toroidní jádro a pohled na hotovou cívku



Obr. 1 – Schéma zesilovače s A283D

Vstupní napětí U _{vst} mV	Výstupní napětí U _{vst} V	Reproduktor R _z Ω	Výstupní výkon P _{vst} mW	Odběr proudu I _b mA
16	1,6	bez zátěže	-	
14	1,4	8	250	110
12	1,2	4	300	145

Tab. 1

impedanci přijímače. Při použití vazebního vinutí není jakost laděného obvodu snižována zatížením přímo vstupem přijímače. Zatížení je menší podle poměru počtu závitů ladícího vinutí L1 a vazebního vinutí L2. V tomto poměru by být sice menší i velikost signálu, ale úroveň signálu ze zatíženého, ztlumeného laděného obvodu je přece také menší. Zkusíte si to prakticky, případně si udělejte od ruky jednoduchý graf. Na vodorovnou osu si naneste úhel otočení osy ladícího kondenzátoru nebo prostě jenom zachycené stanice a na svislou osu hlasitost.

Na co mu ladící kondenzátor vzadu „šroubky“?

Při pohledu do nějakého AM FM přijímače můžete uvidět na ladícím kondenzátoru nějaká kolečka s drážkou jako „šroubky“. Pokud s nimi snad chcete otáčet, zatím si to rozmyslete, nebo pokud už nemáte co zkazit, si na nich udělejte fixou značku, jenom ze zvědavosti trochu pootočte a zase vraťte zpátky, nebo čtete dále.

Úplně prakticky a bez jakéhokoliv počítání při pokusech zjistíte, že při ladění ladícím kondenzátorem můžete naladit stanice v pásmu středních vln a na krátkovlnném konci se při otáčení dál už nic neděje, nebo je tam něco divného, co už do pásma středních vln nepatří. Ladící kondenzátor má při úplném zavření tu kapacitu, která je na něm napsaná a při úplném otevření má nějakou malou. Pásmo tedy proladujeme kapacitami C_{max} až C_{min}. Protože k proladění k dolnímu konci středních vln stačí nějaká kapacita, větší než C_{min}, tak jí tam jednoduše přidáme. Paralelně k ladícímu kondenzátoru. Protože nevíme jakou, tak použijeme malý doladovací kondenzátor - trimr (viz obr. 3).

Nastavením kapacity tohoto trimru se doladí dolní, krátkovlnný konec pásma tak, aby při otočení osičky ladícího kondenzátoru na konec, byl naladěný dolní konec pásma (nejvyšší frekvence).

Ale protože se tato kapacita přidala k celému ladícímu kondenzátoru, zvětšila se i maximální kapacita C_{max} a je třeba zmenšením indukčnosti cívky doladit horní konec pásma. Tím se zase pohne dolním koncem a tak je postup třeba zopakovat. Tomu se říká usazování do pásma.

Přidáváním kapacity se šířka proladovaného pásma zmenšuje, láká to

k početnému odvození, ale zkusíme to docela prakticky. Snad jenom logicky uvážíme, že kdybychom k ladícímu kondenzátoru přidali kondenzátor se stejnou kapacitou, jakou už má, měl by minimální kapacitu C_{min} asi takovou jako byla jeho původní C_{max} a při nastavení maximální kapacity by byla C_{max} + C_{max} a tedy asi jenom dvojnásobná. Bez doplňkového kondenzátoru byl poměr maximální a minimální kapacity podstatně větší.

Pamatuj že dolní konec pásma se doladí kapacitou trimru a horní konec pásma indukčností cívky.

Trimr je buď samostatná součástka, nebo bývá u ladících kondenzátorů přímo součástí tohoto kondenzátoru. A to jsou ta kolečka s drážkou, jakoby „šroubky“. I když se s nimi dá otáčet kolem dokola, jejich kapacita se mění jenom v určitém rozsahu, podle vzájemné polohy rotorových a statorových plíšků stejně jako u ladícího kondenzátoru.

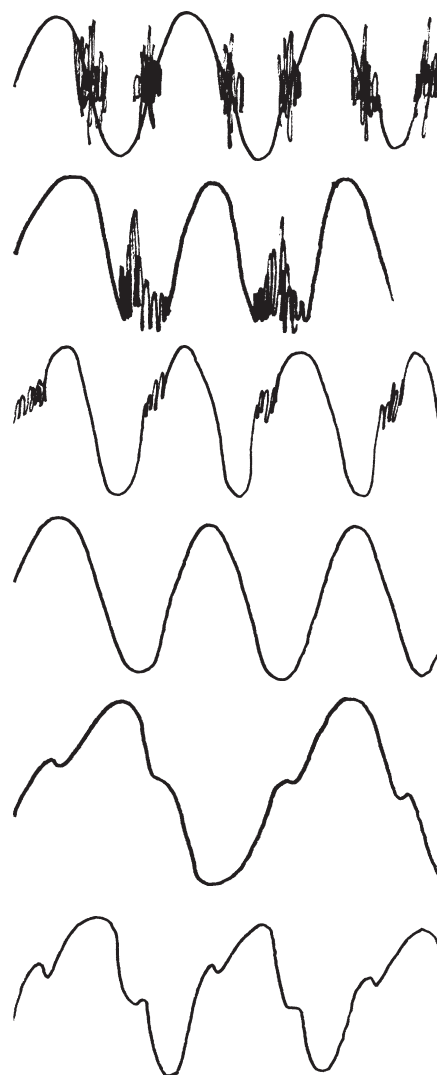
V některých přijímačích můžete najít dvojité ladící kondenzátory se dvěma trimry nebo i dvojité ladící kondenzátory pro AM i FM se svými trimry v jednom pouzdru (a s jednou osičkou). Pro zajímavost se podívejte do dokumentace nebo schématu k některým přijímačům. Tato část školičky pro vás není přímo konstrukční, je úvod do poznávání hotových zařízení a jejich případným oprav, nebo i k využití vykuchaných součástek a dílů. U fungujícího přijímače opravdu s těmito trimry nezkoušejte otáčet, nebo rozladíte i další obvody, jejichž funkci neznáte.

Ještě pár slov k TDA 1083 alias A283D

Tento asi 10 let starý obvod [5], [6], [7], [8] obsahuje obvody pro konstrukci AM a FM přijímače i s NF zesilovačem a v uváděné literatuře byl využit jenom v oškubané verzi, která pro jednoduchost a poučení postačí.

Na první pohled lze najít přechod mezi VF částí, která končí detektorem na vývodu č. 8 a odtud jde již NF signál na regulátor hlasitosti - potenciometr P1, který vede na vstup vestavěného NF zesilovače na vývodu č. 9.

Tak lze tento IO využít i jen jako NF zesilovač například druhého kanálu ve stereofonním přijímači [5], nebo jako samostatný NF zesilovač pro jiné použití (viz obr. 4).



Obr. 3 – Tvar výstupního signálu v závislosti na indukčnosti tlumivky

Pro funkci zesilovače musí být zapojené vývody č.:

- 13 - plus napájení
- 11 - mínus napájení, zem
- 12 - výstup na reproduktor
- 9 - vstup NF signálu

Na 10 a na 16 jsou nějaké kondenzátory, tak je tam necháme. Uzemněná je také 3. Při pokusech s přijímačem jste zjistili, že 2 je citlivá na dotyk prstu, ovze se směs několika stanic do sebe, tento vstup také uzemníme a také vývody 1, 6 a 7. A je nf zesilovač.

Jestliže je ve schématu zapojení nakresleno několik takto uzemněných součástek, znamená to, že jsou všechny propojeny, obvykle připájením na nějakou větší společnou plochu plošného spoje, která bývá spojená se záporným pólem zdroje a také připojená na kovovou konstrukci zařízení, na kovové části potenciometrů, konektorů, stínění atd.

Cívka L3 je malý oříšek

Je to tlumivka zabírající vř kmitům koncového stupně. Bez ní to nejde. Kdo

Napájecí napětí U_b	Výstupní napětí $U_{výst}$	Výstupní výkon $P_{výst}$
V	V	mW
6	1,2	300
9	jen 0,75	70

Tab.2

by připojil k reproduktoru osciloskop, viděl by že bez ní je užitečný NF signál rozkmitaný VF signálem, pozná se to ošklivým zvukem a větším odběrem proudu.

S tlumivkou s malou indukčností se zakmitávání a ošklivý zvuk objevuje při reprodukci nízkých kmitočtů. Se správnou tlumivkou kmitání zmizí, zvuk je dobrý.

Když jsou víc zesílené ale také víc zkrácené výšky, má tlumivka indukčnost zase moc velkou.

Tak jakou?

Buď metodu pokusu a omylu, nebo se poučit od autorů, kteří zapojení publikovali.
[1] KTE č.3/94 - „35 závitů drátem \varnothing 0,2 mm se smaltovou izolací a opředěným hedvábím na toroidním jádru o průměru \varnothing 6,3 mm z materiálu H6“,
[2] AR A č. 5/90 - „nejméně 30 závitů drátem \varnothing 0,2 CuL“,
[3] AR A č. 10/91 - 6 závitů CuL \varnothing 0,15 CuL na feritové perle \varnothing 2 x 3 mm,

[4] AR A 3/92 - „samonosná cívka 30 závitů měděného lakovaného drátu \varnothing 0,2 mm (průměr cívky 3 až 4 mm)“,
[5] Funkamateu 4/88 - „5 Wdg. 0,35-mm-CuL \varnothing 3 mm (Luftspule)“.

Z toho je vidět, že ke stejnému cíli vede více cest.

Vzduchová samonosná cívka se vine tak, že se potřebný počet závitů navine na nějakou hladkou tyčku, například na hladké tělo vrtáku (například o \varnothing 3 mm), vývody se zkrátí na potřebnou délku (asi 5 až 10 mm), odizolují, cívka se opatrně stáhne z tyčky a zapájí do plošného spoje (viz obr. 5a).

Toroidní jádro má tvar prstence, tedy kroužku s kulatou dírou, kterou se při vinutí protahuje drát a ovijí rovnoměrně kolem kroužku (viz obr. 5b).

Při dalších pokusech byly naměřeny tyto výsledky:

- a) vzduchová samonosná cívka CuL průměru 0,35 navinutá na průměru 3mm
 - 5 závitů - málo - zakmitávání na nízkých kmitočtech
 - 10 závitů - DOBRÁ
- b) toroidní jádro - ferit o průměru 4,2 mm
 - 4 závitů - málo - zakmitávání na nízkých kmitočtech
 - 5 závitů - docela dobrá
 - 6 závitů - DOBRÁ

7 závitů - moc - zkresluje výšky, nižší výkon.

V tabulce 1 jsou uvedeny výstupní napětí a výstupní výkony a odběry proudu ze zdroje 6 V při použití reproduktoru 4 ohmy a 8 ohmů.

Při měření zesilovače s reproduktorem 4 ohmy bylo zjištěno, že při napájecím napětí 6 V je maximální výstupní napětí a i výkon větší než při 9 V (viz tabulka 1).

Nejvhodnější napájecí napětí je tedy asi mezi 4.5 V až 6 V.

Literatura (pokračování)

- [5] Funkamateu č.4/88 str. 175, R. Siemeniec
- [6] Funkamateu č.8/88 str. 384, H. Parus
- [7] RFE č.5/1987 str. 319
- [8] RFE č.9/1988 str. 389

Toto jsou časopisy z bývalé NDR, jsou uváděny na ukázkou práce s literaturou, pište si do vašeho sešitu odkud které schema máte, když se k němu budete chtít vrátit.

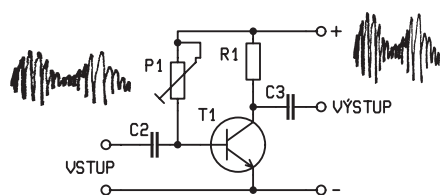
RFE znamená název časopisu Radio Fernsehen Elektronik.

RFE v přehledu vysílačů v minulém čísle Radio+ znamená Radio Free Europe - Radio Svobodná Evropa, která je vysílána jako program Českého rozhlasu ČRo6.

Ještě trocha v techniky

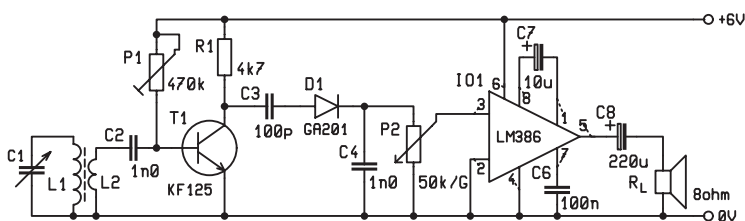
Tlumivka L3, popisovaná v minulém čísle Radio+ 9/98, se vztahuje i k popisu TDA1083 (A283D) v č. 8/98. Ve schématu v č.9/98 není zakreslena. Při prvním pokusu zjistíte, že bez ní to oravdu není ono a že si vhodnou tlumivku můžete snadno sami navrhnout, vyzkoušet a provést z materiálu, který máte dostupný.

Příjem na FM na VKV je kvalitnější, než AM na SV a KV, ale je jen místní. Vysílání na středních nebo krátkých vlnách lze zachytit podstatně dál. Hlavně večer po západu slunce se otevře brána do světa. Přijímače pro FM na VKV mají vždy určitý stupeň složitosti, zatímco AM lze zachytit doslova jenom na sluchátka s diodou (nebo bramborou místo diody). Slabý signál z laděného obvodu lze snadno zesílit a zpracovávat dál.



Obr. 1 – Vf zesilovač

22. díl



Obr. 2 – Přímosesilující zesilovač

Přímosesilující přijímač

jenom přijatý signál zesílí a detekuje. Obvykle používané přijímače mají zapojení složitější, říká se jim superhet a ty si necháme na jindy. Zapojení nf zesilovače s tranzistorem již bylo v č.12/97 na obr. 13. Vysokofrekvenční zesilovač je podobný (viz obr. 1), jenom tranzistor musí být schopen zesilovat vysoké kmitočty a vazební kapacity stačí malé.

Označování polovodičů TESLA a Siemens je podobné.

První písmeno označuje použitý materiál

G - germanium, (A)

K - křemík (B)

a druhé písmeno označuje druh součástky A - dioda pro detekci

B - dioda pro ladění (varikap)

C - tranzistor nízkofrekvenční

D - tranzistor nízkofrekvenční výkonový

F - tranzistor vysokofrekvenční

S - tranzistor spínací

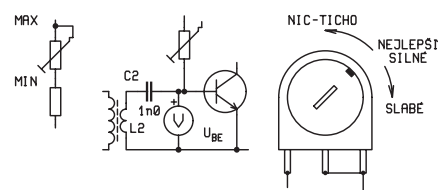
T - tyristor

U - tranzistor výkonový spínací

Y - usměrňovací dioda

Z - Zenerova dioda

případné třetí písmeno a číslice upřesňují o jaký typ jde. (Písmeno Y obvykle znamená, že se jedná o t.zv. průmyslový typ).



Obr. 2a, b, c

Příklad:

KC 237 TESLA a BC 237 (Siemes) je křemíkový - tranzistor - nízkofrekvenční - atd..

KB 105 (BB 105)

křemíková - kapacitní dioda (varikap)

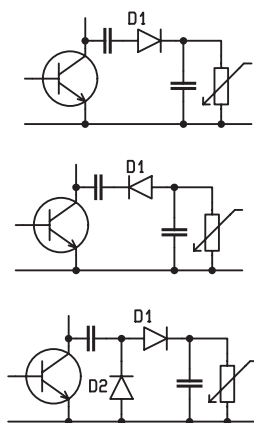
GA201 (AA116)

germaniová - dioda detekční

KF... (BF...)

křemíkový - tranzistor vysokofrekvenční

Vlastnosti jsou popsány v katalozích. Bud' jen nejzákladnější informace, nebo v konstrukčním katalogu „všechno“. Různí výrobci mají ale různé označování.



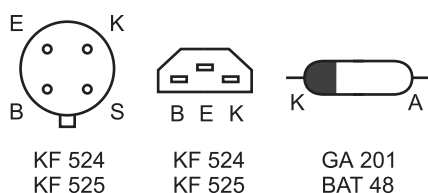
Obr. 3a, b, c – Detekce

1. pokus

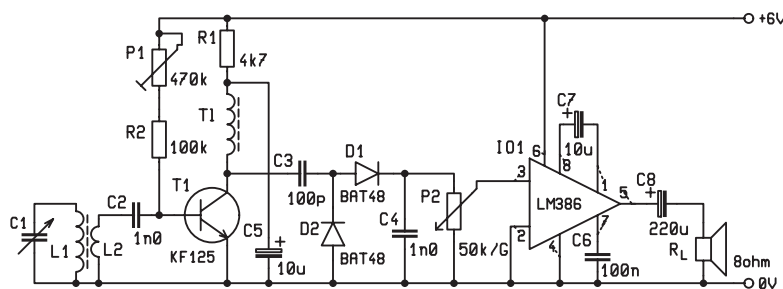
Tranzistor T1 zesílí slabý signál z laděného obvodu. Rezistor R1 je pracovní, zatěžovací rezistor, na kterém vzniká průtokem proudu signál. Trimrem P1 se nastavuje takový proud do báze, aby tranzistor co nejlépe zesiloval. Pro jednoduchost by toto vysvětlení pro začátek mohlo stačit.

Pamatuj: ještě před prvním zapojením trimr nastav na největší rezistivitu.

Trimr zpočátku nastav na největší rezistivitu. Kdyby byl trimr nastaven na malou hodnotu, tekla by velký proud do báze a tranzistor by se mohl zahřát a zničit. Pak pomalu (!) trimrem pootáčeš. Signál by se měl postupně trochu zesilovat, až do místa, kde je poslech nejsilnější a nezkraslený. Při dalším pootáčení se najednou poslech zeslabí a úplně zmlkne. Dál trimrem neotáčeš, neotoč ho do polohy s nejmenší rezistivitou, nebo se tranzistor zničí (vlastně i to je zajímavá zkušenost).



Pouzdra tranzistorů a diod



Obr. 4a – Zapojení přímoces. přijímače s tlumivkou

Proto se v některých zkušebních zapojeních vkládá jakýsi ochranný rezistor, který vymezí rozsah změn rezistivity od hodnoty R2 do hodnoty R2 + P1. Rozsah změn je menší a také nastavení je jemnější. (Viz obr. 2).

Vazební kondenzátor C2 propouští vysokofrekvenční signál, ale stejnosměrné napětí z báze oddělí. Kdyby byl C2 vynechán, zkratovalo by se napětí na bázi přes kousek drátu vinutí L2 přímo na zem a tranzistor byl zavřený.

2. pokus

Trimr opět nastav na maximum a zkus jinou hodnotu rezistoru R2.

Vyzkoušej hodnoty 2k2, 3k3, 4k3, 6k8 nebo i 8k2 a 10k. Aha, čím menší rezistor v kolektoru, tím menší stačí hodnota R1 a naopak. A pro rezistory 8k2 a vyšší už je hodnota P1 malá a musí se dát větší. Máme nastavený pracovní bod tranzistoru.

3. pokus

Zkus obrátit detekční diodu (viz obr 3a a 3b). Hraje pořád stejně? Ono je jedno, jakou půlvlnu signálu dioda detekuje. Jednu půlvlnu dioda propustí a tím signál detekuje.

4. pokus

Co s druhou půlvlnou? Zkusíme detekovat i jí (viz obr. 3c). Tomuto zapojení se říká celovlnný detektor. Dioda D1 je zapojena v sérii, je to sériový detektor, D2 je zapojena paralelně, je to paralelní detektor.

5. pokus

Všimli jste si, že v různých přijímačích jsou nějaké cívečky. Mají tu vlastnost, že mají malý ohmický odpor ale střídavému proudu kladou tím větší odpor, čím je jeho kmitočet vyšší. Jestliže ho tlumí, říká se jim tlumivky. Zkusíme takovou cívečku použít jako pracovní zátěž v kolektoru (viz obr 4.). Kondenzátor C1 nám horní konec tlumivky pro signál uzemní. Na R2 tedy již v napětí nebude, protože „spodní“ konec rezistoru je pro signál uzemněný. R2 tam ale ponecháme, protože nám nastavuje pracovní bod pro stejnosměrné napájení

tranzistoru. Opět zkusíme trimrem nastavit pracovní bod.

6. pokus

Tlumivku můžeme navinout pro naše pokusy různou. Fantazii se meze nekladou, ale zkuste použít nějaký tenký lakovaný drát o průměru asi 0,1 mm (nebo co vám padne pod ruku). Můžete navinout například 200 závitů na feritové jádro M4. Vypadá jako šedý krátký šroubek bez hlavičky. Na druhou cívku navijte třeba 400 závitů a zkuste výsledky porovnat.

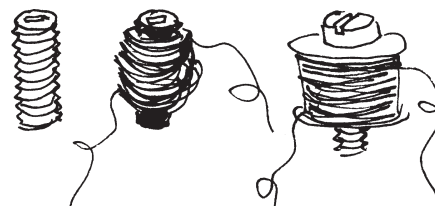
Jestliže nemáte feritové jádro, (můžete ho vykuchat z nějakého vraku přijímače), zkuste použít třeba šroubek M2,5x15 nebo prostě 2 cm dlouhý kousek hřebíku šedesátky, nebo prostě cokoliv.

Aby se dala tlumivka připojit do nepájivého kontaktního pole, je možné na tenký drát vývodu připájet asi 1,5 cm silnějšího drátku například odstříženo ze zkracovaného vývodu nějakého rezistoru,

Ze zvědavosti si můžete ohmický odpor své cívky změřit ohmetrem. Kupodivu pro vysokofrekvenční signál má cívka tytéž vlastnosti jako rezistor v předchozích pokusech. Ale. Čím vyšší kmitočet, tím se její vlastnosti uplatňují více. S tlumivkou s menším počtem závitů je silnější poslech stanic na nižších kmitočtech (například 639kHz) a s tlumivkou s vyšším počtem závitů je zase silnější poslech na vyšších kmitočtech (1233 kHz apod).

7. pokus

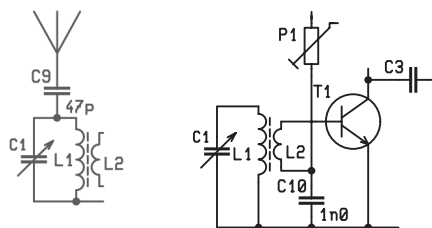
Pokud je příjem při všech pokusech příliš slabý, je dobré použít nějakou anténu. Mnohdy stačí půlmetrový kus drátu, například šňůra s banánkem. Měla by se připojit přes nějaký malý kondenzátor (asi 50 pF).



Obr. 4b – Tlumivky

8. pokus

Proč má feritová anténa dvě vinutí? Tak si to zkuste. Připojte se přímo na laděný obvod (jako v č.8/98 na obr 7a). Jedna silná místní stanice je rozptýlena skoro po celém pásmu. Laděný obvod je totiž zatlučen vstupním obvodem zesilovače. Proto se laděný obvod navazuje vazebním vinutím. Čím menší je počet závitů vazebního vinutí, tím je sice menší přenesené vysokofrekvenční napětí, signál je slabší, ale tolikrát je menší vliv tlumení vstupu zesilovače (a zatlučený laděný obvod vlastně také dává menší napětí, že?). Při použití vazebního vinutí je ladění ostřejší, je zapotřebí ladit velmi jemně.



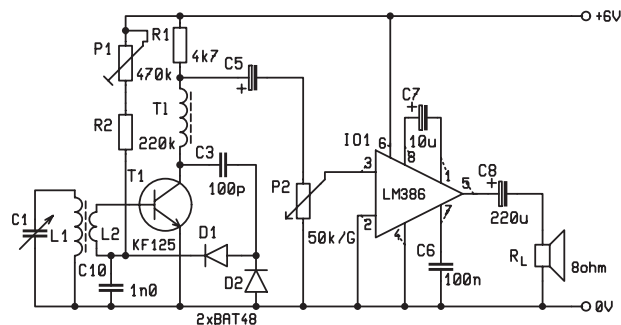
Obr. 5, 6

9. pokus

V některých zapojeních je jiný způsob vazby. Živý vývod vazebního vinutí jde přímo na bázi, vazební kondenzátor se může vynechat. Druhý vývod vinutí není přímo uzemněn, pro signál je uzemněn kondenzátorem C5. Sem je tak přivedeno stejnosměrné napětí pro bázi T1 (viz obr. 6).

10. pokus

V předchozích pokusech se tranzistorem zesílil jenom vř signál, diodami detekoval a vedl na zesilovač. V t.zv. reflexním zapojení se detekovaný vř signál vrátí na vstup a tranzistor ho také zesílí. Jako pracovní zatěžovací odpor ale poslouží rezistor R2 a signál se odvádí do zesilovače z tohoto rezistoru (obr. 7).



Obr. 7 – Reflexní zapojení přijímače

Provedení

Všechny popisované pokusy je možno provádět na nepájivém kontaktním poli. Ale. Každý kousek drátu může působit jako „anténa“, zapojení je citlivé na dotyk, přiblížení ruky, rozmístění součástek, délku vývodů, kňučí, píská a tak se zdá, že oproti práci se spínacími obvody, je vř technika duchařina. Proto je nutné používat co nejkratší propojovací drátky, zkrátit vývody, například kondenzátory C4 a C6 připojené na „kostru“ musí mít vývody co nejkratší. Když budou dělat stejný pokus dva lidé, nebudou jejich výsledky stejné. Záleží na mnoha vlivech. Tato část praktické školy není stavební návod, ale úvod do vlastního experimentování. Všechny své pokusy si nakreslete do svého sešitu a stručně popište, abyste se k nim nemuseli vracet a udělejte si pro sebe stručný závěr.

Například:
feritová anténa musí mít dvě vinutí
celovlnný detektor dává silnější signál než detektor s jednou diodou
pracovní bod se musí nastavit pro každý tranzistor jinak
večer hraje rádio lépe než ve dne.

Úkol na příště: jaká součástka má označení BB204 ?

Jistě jste si všimli, že napájecí napětí je v těchto pokusech 6V. Kdo chce, může použít napájení z ploché baterie, nebo

použije nějaký zdroj z předchozích pokusů, případně své větší napětí upraví stabilizátorem s 7806. Starší čísla KTE jsou k dostání v redakci nebo prodejnách GM elektronik.

Trocha angličtiny

antenna - anténa
diode - dioda
detection - detekce
detector - detektor
amplification - zesílení
amplifier - zesilovač
wire - drát
wireless - bezdrátový

Použité součástky:

FA	- feritová anténa podle KTE8/98
R1	2k2, 3k3, 4k7, 6k8, 8k2
R2	M1, M22
P1	M47 trimr (nebo až1M)
P2	50k/G potenciometr
C1	ladící viz KTE 8/98
C2, 10	1n
C3	100pF
C4	1n
C5	10F/6V
C6	100n
C7	10F/6V
C8	220F/6V
C9	50pF
T1	KF124, 125, KF524, 525 aj
D1	GA201, BAT48 aj
IO	LM384

Laděné obvody pro VKV

Přijímače na VKV jsou poměrně složité a bývala to taková maturita vyspělého amatéra: postavit, oživit a sladit přijímač na VKV. Superhet na VKV má v podstatě tyto části -

- laděný vstupní obvod
- laděný oscilátor
- mezifrekvenční zesilovač
- FM detektor
- NF zesilovač
- a různé další obvody

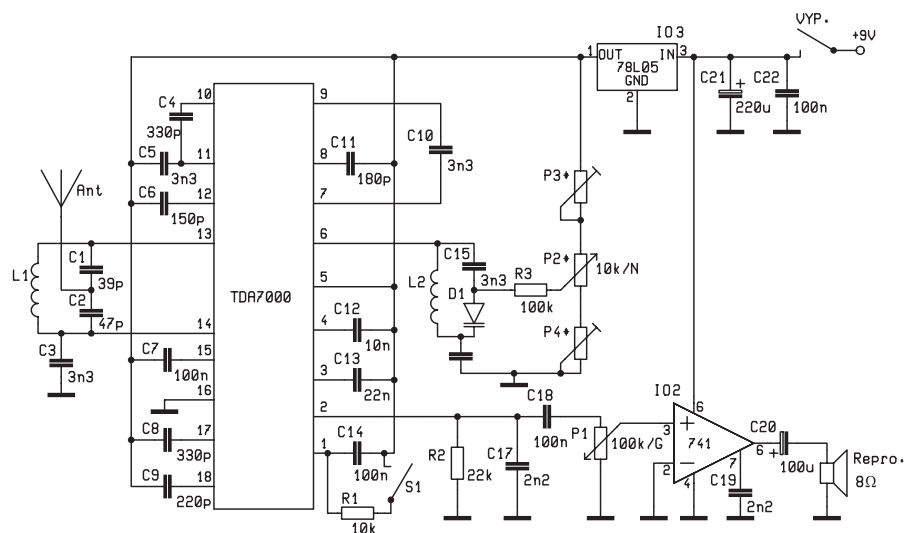
Vstupní laděný obvod podobně jako u AM přijímačů „vyhledává“ stanice. Zde

je laděný v pásmu 87.5 až 108 MHz. Oscilátor je laděn souběžně se vstupním obvodem, ale tak, aby jeho kmitočet byl neustále o určitý kmitočet vyšší. Přijatý vstupní kmitočet se směšuje s kmitočtem oscilátoru a jejich rozdílový kmitočet se dále zesiluje v mezifrekvenčním zesilovači. Ten je naladěn jenom na tento kmitočet a kvalitně ho zesiluje. Celý vřp je v tom, že se současně ladí i vstupní obvod i oscilátor a musí se zajistit jejich souběh. Toto vše nastudujete v jiné literatuře, my se soustředíme na praktické řešení.

Při konstrukci je důležité správné rozmístění součástek na plošných spojích a co nejkratší vývody součástek. Každý kousek drátu nebo vodivé cestičky se chová jako indukčnost. Toho se využívá například u „tištěných“ cívek. Mohou mít tvar a) ploché spirály b) meandru

Když budete rozebírat nějaký vysloužilý televizor, možná tam takovéto cívky najdete, někdy i s ladícími jádérky, kolem kterých není navinutý žádný drát. „Cívka“ je na druhé straně destičky na plošném spoji.

23. díl



Obr. 1

Přijímač s TDA7000

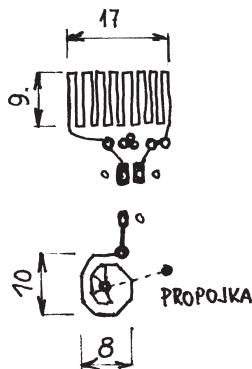
Nejjednodušší přijímač, na kterém si můžeme vyzkoušet techniku VKV, je osazen integrovaným obvodem TDA7000, který obsahuje celou VF část až po NF výstup (viz obr. 1).

Laděné obvody

- jsou zjednodušeny tak, že
- a) vstupní laděný obvod je širokopásmový, to znamená, že zabírá celou šířku pásma VKV,
- b) ladí se jenom oscilátorem
- c) jako ladící prvek je použitý varikap.

V literatuře uvedené na konci článku najdete popis různého provedení laděných obvodů.

Indukčnost L1 vstupního obvodu i L2 oscilátoru bývá vzduchová cívka se 3 až 7 závitů drátu 0,4 až 1 mm navinutá na průměru 3 až 6 mm, (pro pásmo jenom CCIR vycházejí asi 4 závity). V provedení na plošném spoji [8] má cívka vstupního laděného obvodu tvar meandru s vývody na obou stranách cestičky. Plochá spirála oscilátorové cívky má jeden vývod na vnějším obvodu „šneka“ a druhý vývod z prostředku se vyvede krátkou drátovou propojkou (viz obr.2). Aby ne-



Obr. 2 – Anténa; L1 – vstupní cívka, L2 – oscilátorová cívka

došlo k nežádoucí vazbě, je u vinutých cívek podle [6] vstupní cívka naležato a oscilátorová nastojato.

Ladící kapacita bývá převážně varikap, někde ladící kondenzátor 30pF nebo jenom kapacitní trimr do 22pF. Jde o jediné: moci ladit v celém požadovaném pásmu.

Varikap

Má určitou kapacitu, která je uvedena v katalogu buď bez napětí nebo při nějakém malém napětí. Zvyšováním napětí se tato kapacita zmenšuje. Například KB105 a podobně i KB205 má 17pF při 1 V, 11pF při 3 V, asi 2pF při 25 V.

Tyto údaje obvykle najdete v katalogu.

Například:

KB105 zelená nebo i BB105 17pF
KB109 žlutá nebo i BB109 26 až 32pF
BB104, BB204 zelená 34 až 39pF
modrá 37 až 42 pF

Pamatuj:

Dolní konec pásma je daný touto minimální kapacitou při minimálním napětí a indukčností cívky L1. Horní konec pásma je daný kapacitou při maximálním ladícím napětí.

Potenciometr

Napětí na varikapu se nastavuje nejednodušeji potenciometrem. Osičkou potenciometru lze otočit jenom o 270 stupňů, tedy jenom o třičtvrtě otočky. To je příliš citlivé a tak se na osičku dává nějaký mechanický převod nebo se dá použít víceotáčkový potenciometr, například t.zv. ARIPOT. Ten je drahý, ale někdo ho možná má ve vaku nějakého přístroje (osciloskopu, měřicího přístroje, analyzátoru atd). Je kvalitní, ale veliký a těžký. Spíše seženete víceotáčkový potenciometr

z předvolby televizního přijímače, někdy i s ukazatelem naladění. Mívají odpor 10k nebo i 100k. Moc nevydrží, není stavěný na neustálé ladění, spíše na naladění na oblíbenou stanici a občasné přeladění.

Ohmmetrem snadno zjistíte, kde má krajní vývody a který je vývod od jezdcy (viz obr. 4).

Naladění do pásma

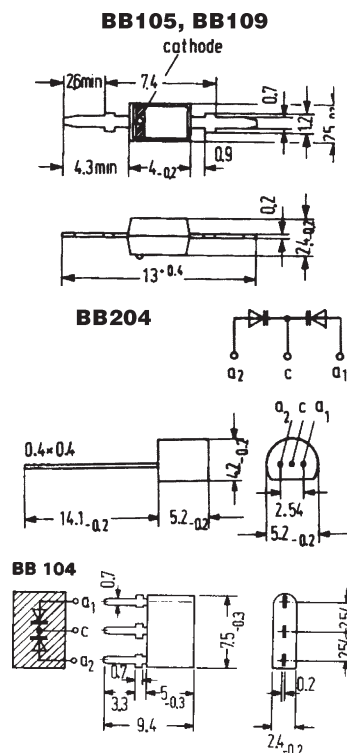
Postačí jenom ss voltmetr a kontrolní přijímač. Použijeme nějaký varikap a nějakou cívku. Ladíme a zkoušíme naladit jakoukoliv stanici. V některých oblastech, zvláště v Praze, je celé pásmo pokryté množstvím stanic a tak se při ladění můžete orientovat podle nich. Laděním na kontrolním přijímači zjistíme která to je a na jakém kmitočtu vysílá. Změříme napětí na varikapu. Ladící napětí se dá měřit přímo na ladící diodě, ale měření může být ovlivněno měřidlem a tak je vhodnější ho měřit na jezdcí potenciometru. Všimněte si, že zde měříme proti kladnému pólu zdroje. Při měření proti zemi by nebylo měřeno napětí pro varikap (viz obr. 5).

Kondenzátor v serii s varikapem výslednou kapacitu neovlivní, jenom zabraňuje, aby se ladící napětí „zkratovalo“ přes maličký ohmický odpor cívky.

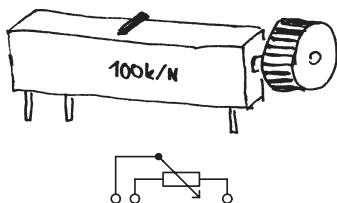
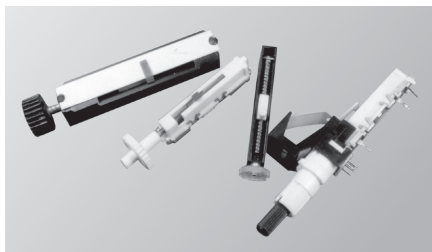
Otázka na příště. Jaká je výsledná kapacita varikapu 17pF v serii s kondenzátorem 3300pF?

Naladění dolního konce pásma

Na dolní konec pásma ladíme snižováním napětí. Nastane tato situace:



Obr. 3 – Různá provedení varikapů



Obr. 4 – Potenciometry; na fotografii několik „vykuchaných“ potenciometrů ze strých televizorů

a) Dosáhneme dolní konec pásma a ještě bychom mohli dál - buď můžeme použít varikap s menší kapacitou (místo KB109 použít KB105) nebo zmenšíme indukčnost, tedy zmenšíme počet závitů, nebo opatrně cívečku roztáhneme, nebo u kresleného šneka jeho cestičku zkrátíme propojkou.

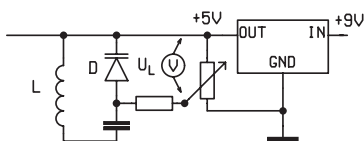
b) Pokud je to jenom o trochu, tak o půl, nebo jeden volt pod dolním koncem pásma, nevádí, to už zařídíme vymezením minimálního ladícího napětí.

c) Dojedeme jenom někam doprostřed pásma, níž to nejde - použijeme varikap s větší kapacitou (místo KB105 použijeme KB109) nebo zvětšíme indukčnost - použijeme cívku s větším počtem závitů nebo u kresleného šneka přetneme zkracovací cestičku, aby celková délka byla větší.

Chceme-li kapacitu zvětšit víc, lze použít varikapy zapojené paralelně. V BB104 nebo BB204 jsou v jednom pouzdře dva. Při jejich paralelním zapojení lze s vhodnou cívkou proladit s napětím 0,45 až 1,35 V pásmo VKV podle normy OIRT 65 až 74 MHz, dále celé mezispásmo se „sanitkami“ a od 4 V do 9,5 V pásmo VKV podle normy CCIR od 87,5 do 108 MHz. V pásmu OIRT ještě vysílají některé zahraniční stanice. Dnes se soustředíme na používané pásmo od 87,5 do 108 MHz.

Naladění na horní konec pásma

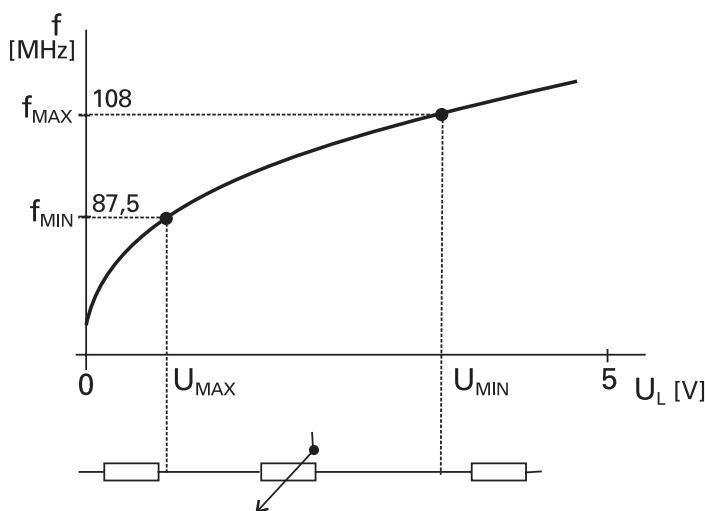
Potenciometrem nastavujeme vyšší napětí a tak ladíme stanice na vyšších



Obr. 5

kmitočtech. Průběžně měříme ladící napětí a sledujeme, kde už jsme. Za koncem pásma VKV obvykle ještě jde ladit, ale tam už nic není, jenom ticho („letadla“ jsou ještě výš, asi od 118 MHz). Takže všechny stanice jsou nahuštěny jenom na části potenciometru, zbytek je nevyužitý. Aby nám celý ladící rozsah zůstal na potenciometru, můžeme postupovat prakticky nebo počtově.

Zjistíme, že je třeba celá polovina odporové dráhy nevyužitá. Tak k potenciometru připojíme do série rezistor se stejnou hodnotou. Potřebné ladící napětí budeme měnit potenciometrem a zbylé napětí zůstane na rezistoru. Hodnotu rezistoru můžeme odhadnout nebo vypočítat, nejjednodušší je použít místo rezis-



Obr. 6 – Závislost přijímaného kmitočtu na ladícím napětí

toru trimr, potenciometrem se naladíme na konec jeho odporové dráhy a ladíme tímto trimrem tak, až naladíme stanici na horním konci pásma. Pak můžeme trimr odpojit, změřit jeho odpor a použít rezistor s nejbližší vhodnou hodnotou.

Přesné nastavení pomocí výpočtů napěťového děliče by i s kalkulačkou zřejmě trvalo déle a došli byste k podobnému výsledku.

Ladící napětí musí být stabilizované. Kdyby bylo brané přímo z baterie, kolísalo by podle kolísání odběru při změnách hlasitosti a přijímač by se rozladoval.

Dolní konec pásma nemusí být zrovna na nulovém napětí, průběh přírůstku kmitočtu podle změny napětí není lineární, při malém napětí roste strmě, takže malým posunutím ladícího napětí do lineární části se jednotlivé stanice na stupnici rozptýlí na stupnici stejnoměrně (viz obr. 6).

Anténa

Stačí jenom asi 80 cm drátu, lepší je prutová nebo dobrá venkovní.

NF zesilovač

můžete použít jakýkoliv. K maličkému přijímači stačí malý zesilovač, například s LM386, který máte z předchozích pokusů.

Pozor. Rezistor R6 na NF výstupu č.7 IO1 má hodnotu 22k. Kdybyste připojili potenciometr 25k, byla by výsledná hodnota jenom asi 12k. Proto by potenciometr P2 měl být 100k. Protože nastavuje hlasitost, víte už z předchozích lekcí, že by měl být logaritmický.

Reproduktor

máte z předchozích pokusů 8 ohmový. Víte, že malý reproduktor hraje slabě, reproduktor s větší membránou hraje silněji.

Baterie

Přijímač můžete napájet : z malé devítivoltové baterie, ze dvou plochých baterií nebo ze síťového adaptéru nebo jiného zdroje.

Při hlasitém poslechu se malá devítka rychle vybije, ploché baterie vydrží déle ale jsou větší a těžší. Podle napájení se rozhodněte pro provedení:

miniaturní přenosné na sluchátka, na malou devítku nebo stolní s větším reproduktorem na dvě ploché nebo na síťový adaptér.

malý přenosný přijímač s konektorem pro větší reproduktor a konektorem pro externí napájecí zdroj.

Použité součástky

IO1 TDA7000
IO2 LM386
IO3 78L05
D1 KB109 (viz text)
R1 10k
R2 22k
R3 100k

C1 39
C2 47
C3 3n3
C4 330
C5 3n3
C6 150
C7 100n
C8 330
C9 220
C10 3n3
C11 180
C12 10n
C13 22n
C14 100n
C15 3n3

C16 10n
C17 2n2
C18 100n
C19 100n
C20 100F/10V
C21 220F/10V
C22 100n
P1 100k/G s vypínačem
P2 10k/N (více otáčkový)
P3 trimr 1k (viz text)
P4 trimr 4k7 (viz text)
L1,L2 4 závity CuL 0,5 na průměru
5 mm
R reproduktor 8 ohmů
B baterie 9 V

Praktická rada. Jdete-li kupovat nebo objednávat součástky, napište si je na papír popořadě podle druhu a hodnot. Budete obslouženi podstatně rychleji.

Návazná literatura:

- [1] KTE 2/93 s. 56-58, stavebnice 022
[2] AR Elektus 1993 s.24
[3] AR A 7/93 s. 8
[4] AR A 11/95 s. 7-8
[5] AR C 4/98 s. 4-6
[6] ELO 1/86 s. 27
[7] Funktechnik 7/83 s.281-282
[8] RIM APOLLO-FM č. 8347
[9] ST 4/84 s.335 s

K přijímači patří anténa

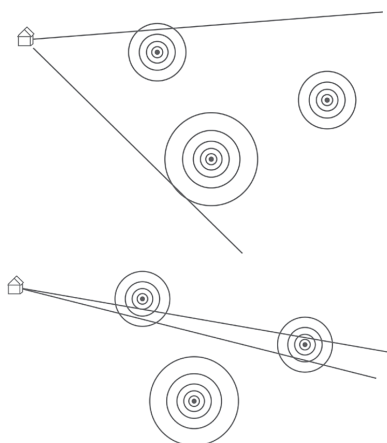
Nová slova: anténa, vod, pásmo, kanál, zářič, dipól, reflektor, direktor, polarizace

Je to téma na celou knihu, nebo několik, doporučenou literaturu najdete na konci článku, zde si o tématu uděláme praktický obrázek a seznámíme se jen s tím, co by mohlo být přednostně užitečné znát.

Omezíme se jenom na antény pro příjem VKV rozhlasu a televize.

Ještě před několika lety byla znamením technického pokroku anténa nebo pěkná anténní soustava na střeše domu. Městské domy se ježily celým lesem antén na střechách nebo na oknech. Ten dnes bývá hlavně ve městech nebo velkých obytných domech nahrazen společnou televizní anténou (STA) nebo kabelovým rozvodem. Při pohledu na antény pro STA nebo individuální příjem můžeme rozlišit tyto základní vlastnosti:

- vzhled, konstrukční provedení
- přijímané pásmo
- směr příjmu
- polarizaci
- zisk
- technický stav



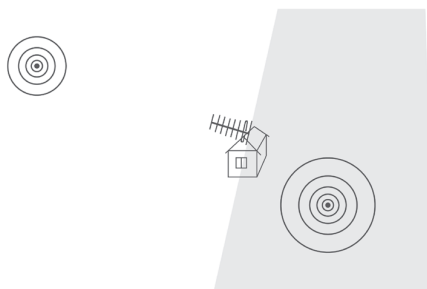
Obr. 1, 2 – Anténa s velkým, resp. malým úhlem vyzařování

Vzhled

Na první pohled rozpoznáte tyto druhy:

- prutová anténa
- YAGI
- síto

Prutová anténa - „bič“ bývá na přenosných přijímačích, střechách aut, je určena pro VKV, mnohdy bývá teleskopická - výsuvná, s délkou asi 60 až 150 cm.



Obr. 3 – Reflektor zabraňuje příjmu zezadu

YAGI - „jagi, jagina“ je pojmenovaná podle japonských fyziků Yagi a Uda. Bývají dlouhé 0,5m až 3m, různě široké, s různým počtem prvků, vždy mají typický tvar jakoby „rybí kostry“.

Síto uvidíte rovné, lomené, prohnuté, kulaté. To samo vlastně není anténa, ale její nejvýraznější část - reflektor.

Základním prvkem televizních antén, které můžete vidět na střechách, bývá tzv. zářič, dipól. K němu je připojený kabel, tzv. svod. Podle délky tohoto zářiče můžeme odhadnout, pro jaký kmitočet je anténa určena. Obvykle má délku asi „lambda půl“, tedy polovinu délky vlny.

Přijímané pásmo

Vlnová délka se z kmitočtu vypočítá podle vzorce

$$\lambda = c/f$$

kde (čti lambda) je vlnová délka v metrech

24. díl

pásmo	kanál	rozsah [MHz]
I	K1	48.5-56.5
	K2	58 až 66
II	K3	76 až 84
	K4	84 až 92
	K5	92 až 100
III	K6	174 až 182
	K7	182 až 190
	K8	190 až 198
	K9	198 až 206
	K10	206 až 214
	K11	214 až 222
	K12	222 až 230
IV až	K21	470 až 478
V	K60	782 až 790

Tab. 1

c je rychlost šíření elektromagnetického vlnění (jako světla)

f je kmitočet v Hertzech

Příklad 1

Jaká je vlnová délka kmitočtu 98 MHz?

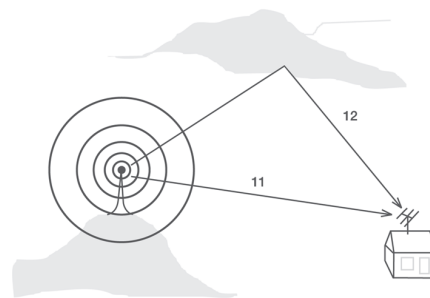
$$\lambda = 300000000/98000000$$

$$\lambda = 300/98$$

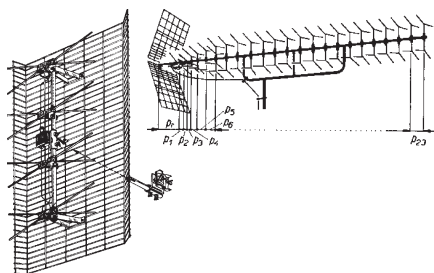
$$\lambda = 3.061 \text{ [m]}$$

Délka půlvlnného dipólu tedy bude asi $3.06/2=1.53 \text{ [m]}$

Mezinárodními úmluvami jsou kmitočty přidělovány různým službám ozna-



Obr. 4 – Při odrazu od hor je dráha 12 delší, signál je přijat také (se spožděním); na obrazovce je vidět týž obraz, ale posunutý; směrová anténa tento odražený signál nepřijme



Širokopásmové antény se skupinovými direktory pro K21–K60, vhodné do otevřeného prostoru bez rušivých odrazů; oproti dipólu mají asi 4x vyšší zisk

čovány společným označením určitého pásma, které se pak dělí na kanály.

Zatím jsme si říkali o těchto pásmech:

- DV - dlouhé vlny
- SV - střední vlny
- KV - krátké vlny
- VKV - velmi krátké vlny

Rozhlasové vysílání

VKV podle OIRT je v rozmezí 67 až 73 MHz
VKV podle CCIR je v rozmezí 87.5 až 108 MHz

OIRT se zjednodušeně říkalo „východní norma“ a CCIR „západní norma“. Dnes je vysílání VKV rozhlasu na našem území v pásmu od 87,5 do 108 MHz a tak poznáme, že antény s délkou dipólu asi 1,5 m jsou pro toto pásmo.

Televizní vysílání

se dělí na vysílání v:

- I. až III. pásma, ve kterém je 12 kanálů a ve
- IV. a V. pásmu na kanálech 21 až 60.

Kanál je označení pro rozmezí kmitočtů potřebných pro přenos vysílání jedné stanice. Například pro osmý kanál najdete údaje:

rozsah 190-198 MHz, nosný kmitočet obrazu 191,25 MHz a nosný kmitočet zvuku 197,25 MHz.

Šířka televizního kanálu je tedy 8 MHz, kanály kmitočtově navazují těsně na sebe (takže třeba dva sousední kanály zabírají 16 MHz). To nás zajímá proto, že antény jsou

- úzkopásmové nebo
- širokopásmové.

Tabulku si přepište do svého sešitu a doplňte si ji sami. Všimněte si, že mezi kanálem K5 a K6 je nějaká mezera a také mezi K12 a K21 je určité zdánlivě nevyužitý pásmo. Můžete použít nějaký počítačový program a tabulku si případně doplňte i o délku vlny, atd.

Poznámka: To, čemu se lidově v televizních přijímačích říká kanály, jsou „předvolby“, očíslovaná místa v paměti, ve kterých jsou uloženy jednotlivé stanice.

Přesněji řečeno: v těchto místech jsou uložena data nebo informace, kterými se

řídí naladění kanálového voliče nebo vstupní jednotky přijímače na určitý kmitočet.

Směr příjmu

Prutová anténa je všesměrová, vhodná pro místní příjem u přenosných nebo mobilních rozhlasových nebo televizních přijímačů.

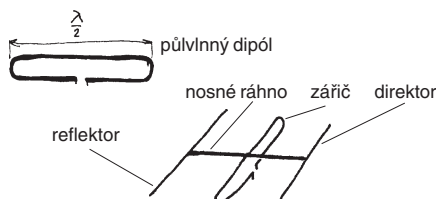
Směrové antény jsou nastaveny směrem k vysílači.

U přijímače s prutovou anténou tedy stačí jenom laděním najít vhodnou stanici a poslouchat, případně anténu zkusmo trochu naklánět do různých stran. V místech se slabým signálem je třeba použít venkovní anténu a tu již natočit směrem k vysílači. Směr najedeme podle

- směru antén sousedů
- směru ke známým vysílačům
- směru k horám
- náhodným otáčením do všech stran.

Na mnohých horách byly postaveny vysílače pro šíření televizního a rozhlasového vysílání. Pro I. až III. i IV. a V. pásmo i VKV rozhlas. Přesné údaje najdete v literatuře:

- umístění kanál
- program
- výkon
- polarizaci



Nejjednodušší anténa YAGI

Údaje o umístění a kanálu bývají obvykle dlouhodobě platné, protože při každé změně by si všichni obyvatelé museli měnit drahé antény. Může se měnit výkon vysílače, vysílaný program se může změnit prakticky „přes noc“.

Do libovolné mapky si zakreslete okolí vysílače a vaše místo příjmu. Doplňte si čísla kanálů, na kterých vysílají a případně poznámku o výkonu a polarizaci. Výkon je sice důležitý, ale hodně záleží i na výšce vysílače a místě vašeho příjmu.

Směrovost antén je daná jejich technickou konstrukcí, jsou antény úzce směrové, obvykle i úzkopásmové, které nevidí neslyší napravo nalevo a mohou přijímat jenom jeden vybraný vysílač a antény s určitým úhlem příjmu.

Příjem zezadu bývá potlačen i různým provedením reflektoru s jedním, dvěma, třemi, čtyřmi prvky s odrazovou stěnou rovnou, lomenou, prohnutou a pod.

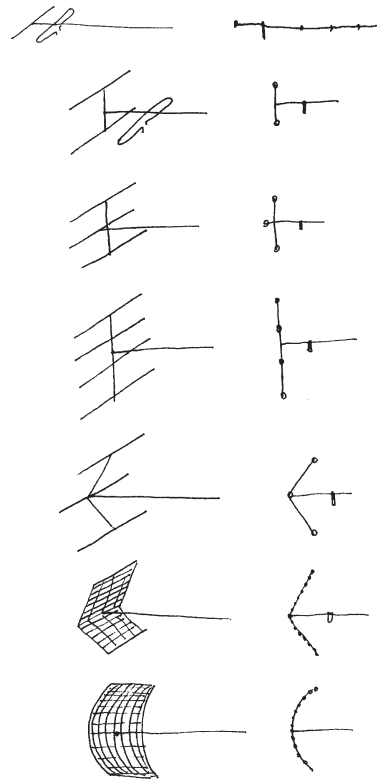
Směr k vysílačům je důležitý. Z jednoho směru bud s výhodou můžete přijímat víc vysílačů s různým programem, nebo vám bude nějaký vysílač stát v cestě k jinému vysílači a jeho příjem vám bude rušit, nebo dokonce ho znemožní.

V některých případech je třeba z určitého směru přijímat jediný vysílač tak, aby příjem nebyl rušen jinými vysílači z jiných směrů nebo odrazem vysílání téhož vysílače od hor, nebo budov.

To platí i v případě vzdálených vysílačů, kdy ve stejném směru vysílání je jiný vysílač na blízkém kanálu, například směrem od Prahy Ještěd na 31. kanálu a Sněžné kotly na 30. a 35. kanálu, nebo Hoher Bogen na 28. kanálu a Cukrák na 26. kanálu a Mezivraty (u Votic) na 30. kanálu.

V jiných případech je výhodné přijímat z určitého směru více vysílačů ve stejném pásmu širokopásmovou anténou s širším úhlem příjmu. Například na sever od Prahy je možno v jednom směru zachytit 12. kanál Bukovou horu, 8. kanál Ještěd a kupodivu i slaboučký 11. kanál Černou horu. To není sice žádná výhoda, ale ukázka širší záběru antény. Výhoda je to v případě, že na jednu anténu přijímáte vysílače s různým programem, například v pohraničí naše i zahraniční.

Kromě Prahy a okolí je možno prakticky ve všech oblastech přijímat i zahra-



Různé druhy reflektorů (čím složitější, tím kvalitnější funkce); shora – jednorvkový se dvěma, třemi a čtyřmi prvky a nejnižší s různě tvarovanými reflektory – mřížkami

niční vysílání skoro v místní kvalitě, možnost jejich příjmu zjistíte buď dotazem, pohledem na střechy nebo zkusmo.

Dnes v době běžného satelitního příjmu zájem o dálkový příjem poklesl, ale na mnoha místech našeho území je pro příjem některých našich programů stále nutné dobré technické vybavení.

Polarizace

Někoho možná překvapí, že některé antény pro III. pásmo jsou otočeny jako letadlo „na křídlo“, tedy svými prvky svisle, přijímají vysílání s vertikální polarizací. To viděl ten, kdo jezdí na sever Čech nebo Jeseníků. S vertikální polarizací vysílají tzv. převaděče, tedy místní vykrývací vysílače. Tak také vysílají některé neveřejné služby. Ve IV. a V. pásmu se vysílá jenom s horizontální polarizací.

Zisk

Při pořizování antény je důležitý i údaj o zisku, tedy, jak velké napětí antény dodává v porovnání s pouhým dipólem. Obecně čím větší číslo, tím větší zisk. YAGI antén - čím delší anténa, tím větší zisk. Délkou se myslí násobek vlnové délky. Nejednodušší tříprvková YAGI anténa s délkou 0,5 lambda dává asi dvojnásobné napětí, anténa s celkovou délkou 3 lambda dává čtyřnásobek oproti dipólu. Dalším prodlužováním zisk stoupne již jenom málo a pak už ne.

Větší zisk dávají anténní soustavy.

Na střechách také můžete uvidět dvojčata vedle sebe nebo nad sebou, nebo čtyřčata a jsou důkazem technické úspěšnosti jejich tvůrců, protože ty se běžně v obchodě koupit nedají a jejich montáž a nastavení vyžaduje odborné znalosti i řemeslnou zručnost a patřičné vybavení.

Mezi anténní soustavy také kupodivu patří i „matrace“, kde jsou nad sebou dvě nebo čtyři samostatné celovlnné dipóly a také anténa „x-color“ (čti ics kolor) a podobné, které nemají direktory ve tvaru jednoho tenkého prvku, ale mají skupinové direktory ve dvou řadách nad sebou, nebo mají tvar vidlic, motýlků nebo smyček. Obvykle to bývají širokopásmové antény s velkým ziskem.

Anténa bývá svými rozměry vyladěná buď na jeden jediný kanál tak, že mívá velký zisk jenom na tomto jednom kanálu nebo skupinu sousedních kanálů celé pásmo (III, nebo i IV-V)

Technický stav

Na první pohled poznáme špatný stav, jestliže anténa je skloněna dolů nebo nahoru větrem, některé prvky chybí má ohnuté jednotlivé prvky námrazou nebo ptactvem je na používaném komíně očuzovaná sazemi má utržený svod

(Uživatel pozvolné změny mnohdy nepozná, někdy je při silném signálu i při hrubých závadách obraz i zvuk jakž takž přijatelný. Někdy i bez antény, na „kus drátu“).

Pořizujeme anténu

Pokud chcete začít s příjmem v novém místě, například pro přestěhování, na chatě a podobně, zjistíte si na jakých kanálech z jakého směru a v jaké kvalitě a jaký program se ve vašem místě přijímá.

Běžná domovní anténní soustava tedy mívá anténu pro I. nebo III. pásmo IV. a V. pásmo

případně bývá doplněna o anténu pro VKV rozhlas příjem jiného, například zahraničního vysílače.

Pro příjem v I. nebo III. pásmu obvykle stačí anténa určená pro jeden kanál, pro IV. a V. pásmo je vhodná širokopásmová anténa, v místě, kde je možný příjem jen jednoho vysílače stačí anténa na tento jeden kanál. A pak je ještě zapotřebí svod, stožár, konektory, zesilovače, výhybky, slučovače atd...

Poznámka:

Pásmo KV je do 30 MHz, tedy do 10 m VKV od 30 do 300 MHz, tedy od 10 do 1 m UKV od 300 do 3000 MHz, tedy od 1 do 0,1 m

VKV se také říká pásmo metrových a UKV decimetrových vln, satelity vysílají na centimetrových vlnách.

Otázka na příště: proč se amatérskému pásmu 145MHz říká „dvoumetr“:?

Cizí slova

mobilit - pohyblivý (v ruce, na vozidle, aj.)
zářič - (sl.)žiarč, (ang.)radiator, (rus.) vibrator
horizontální - vodorovný
vertikální - svislý

Literatura:

Český, Milan; Anténa pro příjem rozhlasu a televize (vydáváno opakovaně)
Rothammel, Karl; Antennenbuch, Berlin, 1975
AR B 6/81, Krupka Z.
AR B 1/82, Macoun J.
AR B 1/84, Macoun J.
AR B 2/86, Macoun J.
Přehled rozhlasových a televizních vysílačů, Československý DX klub, Kvasice; 1997
Anténí technika, TEROZ, Loštice; 1998

Decibely?

Nová slova: decibel, útlum, zisk, logaritmus.

V prospektech a technických údajích často bývají jakési dB, zkoušíme se jim vyhnout, vynechat je, ale stále na ně narážíme, tak do nich. Navážeme přitom na předchozí povídání o anténách.

První případ:

Televizor je připojený svodem k nejjednodušší anténě - dipólu. Na vlastní oči vidíme, že příjem je „nic moc“, proto použijeme lepší anténu, příjem je lepší. Získali jsme lepší příjem, říkáme, že tato anténa má oproti dipólu zisk. Viz obr.1.

Kdybychom mohli měřit vysokofrekvenční napětí dodávané anténou, změřili bychom

- napětí dodávané dipólem a označili ho u_1 a
- napětí dodávané lepší anténou bychom označili u_2 .

Početně vyjádříme kolikrát je napětí u_2 větší než u_1 .

Napíšeme:

$$A = u_2/u_1$$

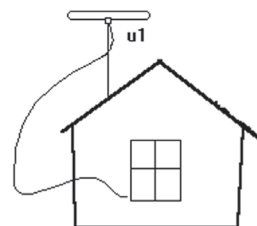
kde A je bezrozměrné číslo které udává kolikrát je u_2 větší než u_1 . Nemá žádné jednotky.

Pro jednoduchost budeme uvažovat, že tato lepší anténa dodává napětí dvakrát větší, než dipól. Můžeme

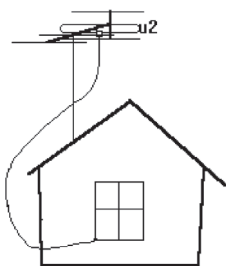
říci, že proti dipólu má dvojnásobný zisk.

Mnohdy se tento poměr vyjadřuje v decibelech. Používá se vzorec

$$A = 20 \times \log(u_2/u_1)$$



Provozní zisk antény se vztahuje k napětí dodanému dipólem (u_1)



Zisk je poměr napětí u_2 dodávaného anténou a napětí u_1 dodávaného dipólem

Nebojte se počítání, pro ty kteří logaritmy ještě nebo už neznají je tu jednoduchý návod.

Počítáme od zadu

- $u_2/u_1 = 2$
- logaritmus čísla 2 najdeme v tabulkách nebo na kalkulačce $\log 2 = 0,30103$ a pak dopočítáme zbytek vzorce
- $A = 20 \times 0,30103$
- $A = 6$ a do hranaté závorky doplníme jednotky [dB] a čteme je „decibel“.

Aha, teď už víme, že 6 dB znamená dvojnásobné napětí!!

Postup na kalkulačce ve Windows 3.1:

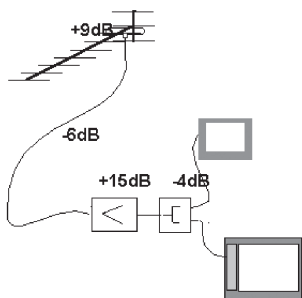
- napiš první napětí
- stiskni /
- napiš druhé napětí
- stiskni = nebo ENTER
- stiskni LOG
- stiskni *
- napiš 20
- stiskni = nebo ENTER
- přečti výsledek

Případ druhý

A teď to vezmeme opačně. V prospektu vidíme, že anténa má zisk 12dB. Rozlouskneme si to pozpátku dosazením do vzorce:

$12 = 20 \log(u_2/u_1)$ celou rovnici dělíme 20 a máme

$0,6 = \log(u_2/u_1)$ a v tabulkách hledáme číslo, které má logaritmus 0,6. Najdeme číslo 4. To znamená, že tato anténa dodává do kabelu napětí 4 krát větší, než by dodával dipól. (Samozřejmě se jedná o zisk na též uvažovaném kanálu nebo pásmu.)



Výpočet zisků a ztrát mezi anténou a televizorem

Na kalkulačce ve Windows

- napiš hodnotu v dB
- stiskni /
- napiš 20
- stiskni = nebo ENTER
- stiskem MS ulož do paměti nebo si to prostě zapamatuj
- napiš 10
- stiskni tlačítko x^y
- stiskem MR přečti z paměti nebo napiš zapamatované číslo
- stiskni = nebo ENTER
- přečti hodnotu napěťového poměru

Převody s dB

Když už víme jak, můžeme si údaj v decibelech kdykoliv vypočítat nebo si při čerstvé paměti uděláme tabulku.

K tomu můžeme použít

- matematické tabulky
- kalkulačku - například i ve Windows
- Calc602 nebo podobný tabulkový program
- QBasic - v DOS

Tabulkový editor Calc602

V Calc602 si uděláme jednoduchou tabulku:

- Převod poměru napětí na decibely
Je to prosté (viz obr.2). Ve sloupci A počínaje řádkem 5 je poměr napětí u_2/u_1 , ve sloupci B je vzorec pro výpočet v decibelech. Vzorec se sám ihned vypočítá a zobrazí výsledek.

Na příkladu je

ve sloupci A libovolná hodnota, kterou si přejete

ve sloupci B je vzorec $=20*\text{LOG}(A5)$ přičemž A5 je buňka ve sloupci A a řádku 5.

Označením více políček ve sloupci, počínaje políčkem se vzorcem a stiskem na pátou ikonu zleva se šipkou dolů nebo současným stiskem Ctrl a D (jako dolů) se tento vzorec nakopíruje do všech označených políček a tak si můžete udělat celou tabulku podle vašeho přání.

- Převod dB na poměr napětí

Pokud chcete tabulku opačnou, tedy s převodem dB na poměr napětí, použijete vzorec

$$=10^{(A5/20)}$$

kde A5 je buňka ve sloupci A na 5. řádku. Do sloupce A si můžete napsat jakýkoliv poměr v dB. Pro zajímavost jsou v ukázce některé „kulaté“ hodnoty a ve druhé ukázce hodnoty, které se mohou vyskytovat v údajích antén a dalšího příslušenství.

Komu vadí mnoho desetinných míst, přidá do vzorce zaokrouhlení na jedno desetinné místo

$$=\text{ROUND}(10^{(A5/20)},1)$$

Jazyk QBasic

Tutěž radost z tvoření budete mít i při spuštění programu QBasic v MS DOS. (V



Přenos libovolného dvojbranu se vypočítá podle vztahu $A = u_2/u_1$

PS DOS jsem ho nenašel). Program si s vámi může i popovídat, jenom si to tak musíte sami naprogramovat. Napíšete jednotlivé programové řádky a pak program spustíte příkazem RUN, nebo stiskem F5. O Basicu si můžeme říci někdy jindy, zde jen maličkou poznámku k logaritmu. Basic počítá s přirozeným logaritmem a dekadický logaritmus čísla x se vypočítá podle vztahu $\text{LOG}(x)/\text{LOG}(10)$. Vyzkoušejte si to například na čísle 2, jeho logaritmus už znáte.

První příklad:

```
INPUT „Zadej pomer napeti“; U
A = 20 * LOG(U) / LOG(10)
PRINT A; „[dB]“
```

Druhý příklad - tabulka:

```
CLS
FOR U = 1 TO 10
A = 20 * LOG(U) / LOG(10)
PRINT U, A; „[dB]“
NEXT U
```

Příklad třetí - převod dB na poměr napětí

```
INPUT „Zadej dB“; D
U = 10 ^ (D / 20)
PRINT „Pomer napeti je“; U
```

Praktické využití

Vysokofrekvenční napětí asi měřit málokdo, jde spíš o zhodnocení údajů z katalogů a prospektů, kde je vyjádření v dB u antén, kabelů, sluchávků, zesilovačů atd.

a) antény

Jestliže kupujeme anténu, zajímá nás nebo je v katalogu uvedeno:

- pro jaký kanál, nebo pásmo je určená,
- provozní zisk G_p v dB
- počet prvků
- činitel zpětného příjmu v dB
- hmotnost.

Pro některé příjmové podmínky je důležitý i úhel příjmu v horizontální rovině, tedy úhel příjmu ve směru osy antény, kdy ještě úroveň signálu nepoklesla o víc než o 3dB.

Pamatuj: provozní zisk antény je uváděn jako poměr napětí uvažované antény v porovnání s dipólem.

b) kabely

Útlum kabelu záleží na jeho konstrukčním provedení, délce a kmitočtu a uvádí se v dB/100 m. Opět je to poměr napětí. Poměr napětí na začátku kabelu a na jeho konci.

c) sluchávky, výhybky

Sluchávky, výhybky, symetrizační členy a podobné pasivní prvky také úroveň signálu ovlivňují. Přenos signálu se opět uvádí v dB.

Soubor Edit Vzorce Styl Data Graf Mal				
B5 =20*LOG(A5)				
C:\DOC\KTE\NB3				
A	B	C	D	
1	Převod poměru napětí na dB			
2				
3	poměr	převod na	poměr	převod na
4	u2/u1	dB	u2/u1	dB
5	1	0,00	10	20,00
6	2	6,02	100	40,00
7	3	9,54	1000	60,00
8	4	12,04	10000	80,00
9	5	13,98	0,1	-20,00
10	6	15,56	0,01	-40,00
11	7	16,90	0,001	-60,00
12	8	18,06	0,0001	-80,00
13	9	19,08		
14	10	20,00	0,5	-6,02
15	20	26,02	0,05	-26,02

Tab. 1 – Převod poměru napětí na dB

d) anténní zesilovače

U zesilovačů se uvádí zesílení v dB pro určité pásmo.

Proč se vlastně používají decibely, když je to tak krkolomné, proč nestačí prostě zesílení jako poměr?

- a) decibely se snadno sčítají a odečítají
- b) snadno se vyjádří tisíce nebo tisícnásobek původního napětí

Případ třetí

Z katalogu zjistíme třeba, že anténa má zisk 9 dB

20 kabelu má útlum -6 dB

Snadno zjistíme, že výsledný zisk je $9 - 6 = 3$ [dB]

Případ čtvrtý

uvažujeme, že při příjmu na nějakém kanálu má anténa zisk 9 dB

20 m kabelu má útlum -6 dB

anténní zesilovač má zisk +15 dB

rozbočovač má útlum -4 dB

Celkový výsledný zisk je $9 - 6 + 15 - 4 = 14$ [dB]

Celkově můžeme zhodnotit tyto ztráty a zisk tak, že:

anténa dodává napětí se ziskem 9 dB, ale průchodem kabelem dojde k zeslabení o 6 dB (na výstupu kabelu bude jenom poloviční napětí z toho, které nám dodává anténa). Signál je zesilován zesilovačem se ziskem +15 dB, který nahradí ztráty v kabelu a ještě něco zbyde, signál bude dostatečně zesílený a i když v rozbočovači pro druhý televizor dojde k zeslabení o 4 dB, bude celkově signál na vstupu do televizoru o 14 dB silnější než by byl signál dodaný samotným prostým dipólem.

Nemusíme tedy pracně vyhodnocovat napětí v jednotlivých úsecích, stejně ho neznáme, stačí podle údajů, které změřil někdo jiný a napsal do katalogu sčítat zisky a odečítat ztráty

a vyhodnotit až výsledek. Buď nám stačí údaj v dB, nebo si ho již známým způsobem převedeme na napěťový poměr.

Kde údaje najít?

Parametry antén, kabelů a dalších prvků najdeme v katalogích a prospektech. Katalogy lze běžně koupit nebo získat na výstavách, například specializovaný katalog antén a příslušenství i s kmitočty rozhlasových a televizních vysílačů, který redakci poskytla firma TE-ROZ Loštice. V mnohých katalogích nejsou jenom ceny a obrázky, ale i důležité technické údaje, ze kterých se můžete poučit.

Přenos obecně

Obecně vezmeme nějaký dvojbran, naměříme napětí na vstupu u_1 a napětí na výstupu u_2 a počítáme podle vzorce. Máme dvě možnosti.

a) prostě dělíme větší číslo menším, zdá se to jednodušší.

Když je výstupní napětí větší, říkáme, že máme zisk a píšeme znaménko + a naopak když je na výstupu napětí menší, říkáme, že máme útlum a píšeme znaménko -

b) otrocky počítáme a dojdeme k témuž výsledku, jenomže nám to znaménko vyjde.

Nevěříte? tak do toho:

Příklad 1.

Vstupní napětí je 1 V a výstupní je 2 V. Počítáme podle vzorce

$$A = 20 \cdot \log(u_2/u_1)$$

$$A = 20 \cdot \log(2/1)$$

$$A = 20 \cdot \log 2 \text{ v tabulce najdeme } \log 2 = 0,30105$$

$$A = 20 \cdot 0,30105$$

$$A = 6 \text{ [dB]} \text{ máme zisk } 6 \text{ dB}$$

Příklad 2.

Vstupní napětí je 2 V a výstupní je 1 V. Počítáme podle vzorce

Soubor Edit Vzorce Styl Data Graf Makra Nasta						
B5 =10^(A5/20)						
C:\DOC\KTE\NB3.TC6						
A	B	C	D	E	F	
1	Převod dB na poměr napětí					
2						
3	úroveň	poměr	úroveň	poměr	úroveň	poměr
4	dB	u2/u1	dB	u2/u1	dB	u2/u1
5	1	1,12	11	3,55	26	19,95
6	2	1,26	12	3,98	40	100,00
7	3	1,41	13	4,47	60	1000,00
8	4	1,58	14	5,01	80	10000,00
9	5	1,78	15	5,62	100	100000,00
10	6	2,00	16	6,31		
11	7	2,24	17	7,08	-6	0,50
12	8	2,51	18	7,94	-12	0,25
13	9	2,82	19	8,91	-26	0,05
14	10	3,16	20	10,00	-40	0,01

Tab. 2 – Převod poměru dB na napětí

$$A = 20 \cdot \log(u_2/u_1)$$

$$A = 20 \cdot \log(1/2)$$

$A = 20 \cdot \log(0,5)$ a tady to je pro ty, kteří ve škole brali logaritmy a vědí, že logaritmus čísla 0,5 je $-1 + 0,699$ a tedy

$$A = 20 \cdot (-1 + 0,699)$$

$$A = 20 \cdot (-0,301)$$

$$A = -6 \text{ [dB]}$$

Opravdu vyšlo to samé, jenom znaménko je záporné.

Pomůcka pro ty, kteří logaritmy neznají:

10 má jednu nulu, logaritmus deseti je 1

100 má dvě nuly, logaritmus sta je 2

1000 má tři nuly, logaritmus tisíce je 3

Počítáme s počítačem

Pro jednořádkový zápis matematických vzorců na počítači se používá:

+	-	plus a mínus
*	/	krát a děleno
^		mocnina
3.14		desetinná tečka
12345		čísla se píšou bez mezer
(A/(B+C))		pouze kulaté závorky
2*PI*F		nestačí jenom 2f
10E3		je deset na třetí
atd.		

Jazykový koutek

Jednotka decibel je složená z předpony deci - desetina a základní jednotky Bel, pojmenované po Grahamu Bellovi. Podstatné jméno decibel se používá podobně jako v jiných jazycích nesklonné, nebo jak se stalo zvykem u Čechách, skloňované podle rodu vzoru hrad.

Oprava z minulého čísla

Při přípravě článku pro tisk došlo k několika chybám:

V obrázku odrazu signálu od hor je přímý směr označen I1 a odražený I2

K obrázku antén s tvarem „matrace“ a „X-color“ patří jiný text. X-color je vhodná pro volné prostředí bez odrazů, matrace i do husté zástavy.

K anténě patří kabel

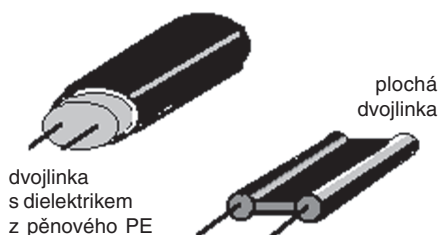
26. díl

Kabely jsou na první pohled:

- plochý - dvojlinka (obr. 1)
 - kulatý - koaxiální (obr. 2)
- nebo také podle způsobu zapojení
- symetrický
 - nesymetrický s impedancí
- 300 ohmů
 - 75 ohmů
 - jiný

Anténa obvykle bývá souměrná už na první pohled, dipól má své konce vyvedené do montážní krabice na dvě svorky, pod šroubky a je jedno na který šroubek se co připojí. V katalogu bývá obvykle uvedeno, že anténa má impedanci 300 ohmů.

Televizor má vstupní konektor pro anténu kulatý. Jeden pól konektoru je kovový kroužek okolo a druhý je ta trubička uprostřed. Připojovací konektor je také kulatý, na obvodovém kroužku je spojen s opletením okolo kabelu, které elektricky stíní živý vodič, který jde středem kabelu je připojen na střední kolík konektoru. Toto zapojení je tedy nesouměrné, v návodu k obsluze televizoru, videa, přijímače na VKV je obvykle uvedena vstupní impedance 75 ohmů.



Obr. 1

Pamatuj

Anténa je symetrická s impedancí 300 ohmů

Přijímač má nesymetrický vstup s impedancí 75 ohmů.

Symetizační člen vzájemně přizpůsobuje symetrický obvod 300 ohmů a nesymetrický obvod 75 ohmů. Symetizační členy se běžně prodávají, lze ho i snadno vyrobit podle návodů v literatuře, kterou si zájemci jistě prostudují a najdou v ní mnoho konkrétních návo-

dů a poučení, které se do malé školičky nemůže vejít.

Symetrický obvod funguje stejně z jedné i druhé strany. Přizpůsobuje 300 ohmů na 75 ohmů i 75 ohmů na 300 ohmů.

První sestava: (obr. 3)

anténa symetrická 300 ohmů

kabel symetrický 300 ohmů

symetizační člen u televizoru 300/75 ohmů

televizor s nesymetrickým vstupem 75 ohmů

Druhá sestava: (obr. 4)

anténa symetrická 300 ohmů

symetizační člen u antény 300/75 ohmů

nesymetrický kabel 75 ohmů

televizor s nesymetrickým vstupem 75 ohmů.

Takže symetizační člen použijeme tak jako tak, buď přímo v montážní krabici u antény nebo v malé krabičce u televizoru. Záleží jenom na tom jaký kabel použijeme.

Starší sestava: (obr. 5)

anténa 300 ohmů

svod symetrickou dvojlinkou 300 ohmů

televizor se symetrickým vstupem 300 ohmů.

Dříve se televizory vyráběly s 300 ohmovým souměrným vstupem, možná že ho někde ještě máte. Někdy mívá dva vstupy pro I.-III. pásmo a pro IV. a V. pásmo.

Jaký kabel?

Posuzujeme tyto vlastnosti:

- impedance
- útlum kabelu
- provedení
- cena
- další vlastnosti

a) Impedance

- 75 ohmů pro přijímací a video techniku, souosý
- 50 ohmů pro měřicí přístroje, souosý
- 300 ohmů pro symetrické anténní svody
- 93 ohmů pro počítačové sítě arcnet, souosý
- atd.



Obr. 2 – Koaxiální kabel a jeho složení – a) vnitřní vodič drát, b) vnitřní vodič lanko, c) od středu: Cu drát, plné PE dielektrikum, Cu fólie, Cu opletení

b) Útlum v kabelu záleží na jeho

- druhu
- délce
- kmitočtu přenášeného signálu
- stáří a technického stavu.

Uvádí se obvykle v dB/100 m při určitém kmitočtu. Některé kabely zvláště na střechách vlivem prostředí - slunečním svitem, mrazem, sazemí, deštěm, pohybem větrem, třením a otlučením o okraje budov, apod. stárnou a jejich přenosové vlastnosti se zhoršují. Pokud se kabel najednou neutrhne, mnohdy si toho nikdo ani nevšimne, obraz i zvuk se zhoršují postupně (mnozí lidé si kvůli špatnému kabelu a anténě koupí novou televizi).

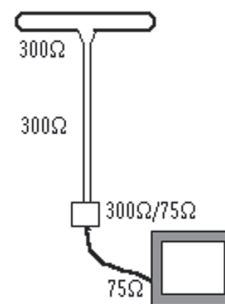
c) Provedení

300 ohmů - dvojlinka:

- plochá dvojlinka (obr. 1a)
- dvojlinka s pěnovým PE dielektrikem (obr. 1b)

Svod provedený dvojlinkou je ovlivňován blízkostí stěn, měla by být na opěrách, volně v prostoru.

Plochá dvojlinka kmitá ve větru, je velmi náchylná na vlivy klimatu, vlastnosti vedení zhoršují i (vodivé) saze na povrchu - jsou v elektrickém poli mezi oběma vodiči.



Obr. 3 – Symetizační šlen u přijímače

Oválná dvojlinka je vůči vlivům klimatu odolnější, ve větru nekmitá.

75 ohmů - koaxiální kabel:

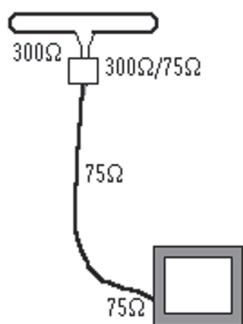
Vnitřní vodič může být

- lanko - kabel je ohebný (obr. 2a)
- drát - pro pevné instalace (obr. 2b)

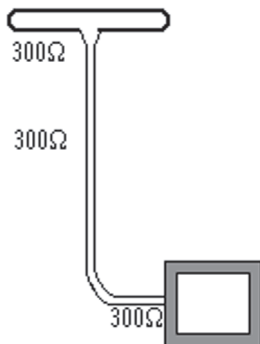
Vnitřní izolační výplň může být plný nebo pěnový PE-polyetylen, „vzduch“ s polystyrenovými vymezovacími kalíšky, nebo i jiné materiály. Tento materiál

kabel	rozměr	100	200	1000 MHz
plochá dvojlinka	8 mm	4,5	6,7	19 dB/100 m
oválná dvojlinka	5,6 mm	5,3	8	22 dB/100 m
jádro kabelu VCEOY	6 mm	13	19	45 dB/100 m
tvorí drát o průměru	8 mm	10	14	30 dB/100 m
	10 mm	6,7	10	26 dB/100m
kabel o průměru	lanko	8,2	12	30 dB/100 m
10,3mm s jádrem Cu	drát	6,7	10	26 dB/100 m

Tab. 1



Obr. 4 – Symetizační člen u antény



Obr. 5 – Symetrická anténa, svod i vstu

nejenže drží vnitřní vodič ve střední poloze, ale dielektrická konstanta izolačního materiálu také ovlivňuje impedanci kabelu.

Stínění bývá provedené různě hustým opletením, fólií, trubkou apod. Na provedení stínění velmi záleží, uvádí se tzv. „krytí“ v procentech, ale velmi důležitá je trvanlivost. Porušenou izolací proniká do kabelu vlhkost, stínění oxiduje a tím se kvalita značně zhoršuje. Proto se opletení provádí z pocínovaných nebo postříbřených drátků, případně s dalším krytím proti vlhkosti hliníkovým nebo měděným páskem, nebo stínění měděnou ohebnou celistvou trubkou.

Plášť má různou kvalitu

- jen do vnitřních prostorů
- mrazuvzdorný
- netoxický při požáru

Materiál pláště bývá PVC nebo PE.

Barva napoví (někdy) impedanci a druh kabelu

zelený - 75 ohmů, šedý - 50 ohmů - vf kabel

žlutý - počítačové sítě ETHERNET
bílý, černý, mléčný, hnědý, modrý, apod.
Tloušťka kabelu

- tenký kablík na místní propojky uvnitř přístrojů,

- 6 mm a 8 mm kabel pro běžné použití,
- 10 mm je dražší, ale má menší útlum.

Porovnej údaje vybrané z tabulky [1]
Z tabulky lze vyčíst, že:

Dvojlinka má menší útlum než koaxiální kabel

Thustší koaxiální kabel má menší útlum než tenčí.

Kabel s lankem má o trochu větší útlum než s drátem

d) Cena

Správná šetrnost je na místě. Tenčí, levnější kabel stačí na krátké vzdálenosti, kde bude útlum zanedbatelný. Nebo naopak skrblení na dobrém kabelu znehodnotí kvalitu antény, přijímače a ostatních celků. Tam, kde stačí kabel pro obvyčejné prostředí, je škoda mrhat penězi i materiálem na speciální kabel. Naopak kabel neodolný vůči vlivům klimatu ve venkovním prostředí se za rok může vyhodit, je z něj odpad a musíte stejně koupit nový.

e) Další vlastnosti

Některé kabely lze snadno ohnout, některé jen velkým obloukem, poloměr ohybu bývá také v katalogu uveden, stejně jako další vlastnosti a parametry - činitel zkrácení, kapacita na metr, zvláštní povrchová úprava, atd. Někdy je za označením kabelu přidáno LSF, což označuje kabel se stejnými elektrickými vlastnostmi, ale nehořlavý, který při hoření neuvolňuje jedovaté látky (halogenidy - chlorované uhlovodíky) a dým. Takové kabely se používají pro kabelové rozvody v místech, kde by při požáru toxické plyny mohly způsobit otravu.

Impedance

U rezistoru uvažujeme, že má svůj ohmický odpor, kondenzátor má svou kapacitu a cívka má indukčnost. Obvody, které mají kapacitu, indukčnost i ohmický odpor, mají svou vlastnost vyjádřenou jako impedance, která se uvádí v ohmech. Jak to, že kabel má impedanci třeba 75 ohmů bez ohledu na jeho délku?

Vezmeme jakýkoliv kus kabelu, změříme jeho kapacitu, kupodivu to jde, potom kabel na druhém konci zkratujeme, spojíme oba vodiče a změříme indukčnost tohoto kabelu. To už jde hůř, indukčnost je dost malá a asi to moc přesně nepůjde. Indukčnost se dá zjednodušeně vypočítat podle vzorce, který se dá na jednom řádku zapsat $Z = \sqrt{L/C}$, čili odmocnina z L děleného C. Musíme dosadit základní jednotky. Kdo může, ať měří, ostatní uvažují dále.

Dvakrát tak dlouhý kus má dvakrát tak velkou kapacitu a dvakrát tak velkou indukčnost a tak je impedance stejná. A tak je to s každým kouskem kabelu, říkáme že má svou charakteristickou impedanci. Při spojení obvodů s různou impedancí dojde k tzv. nepřizpůsobení, což se projevuje zhoršením přenosu signálu. Pro televizní techniku a příjem na VKV používáme obvykle 75 ohmů a 300 ohmů.

Je to velice zjednodušené vysvětlení, vážní zájemci všechno najdou v patřičné literatuře.

Pamatuj

Impedance spojovaných obvodů má být stejná.

Hledáme v katalogu

Podle naší normy je možno z typu kabelu vyčíst základní vlastnosti - v [1] AR B2/86 jsou velmi pěkně uvedené údaje v tabulkách i s odkazem na literaturu a normy (mj. ČSN 34 7730 - vysokofrekvenční káble koaxiální a symetrické, a přidružené normy). Zde je označení sestaveno z pětispisemového kódu a dvou skupin číslic, udávajících impedanci napáječe a průměr dielektrické izolace, popř. rozteč vodičů symetrických kabelů.

1. písmeno - druh kabelu

V - vf souosý (koaxiální) kabel

P - vf souměrný kabel (dvojlinka)

2. písmeno - materiál a konstrukce středního vodiče

C - drát Cu (měděný)

L - lanko Cu

A - postříbřený drát Cu

B - lanko z postříbřených drátů Cu

D - poměděný drát Fe (ocelový)

3. písmeno - dielektrická izolace

E - plný PE (polyetylen)

C - pěnový PE

B - balonkový PE

K - kalíškový PE

R - trubka PE

P - plný TEFLON

V - vzduch

4. písmeno - druh stínění

O - jednoduché opletení z drátů Cu

D - dvojité opletení z drátů Cu

Z - zvlněná trubka Cu

A - jednoduché opletení z postříbřených drátů Cu

B - dvojité opletení z postříbřených drátů Cu

F - ovinutí fólií nebo páskem Cu

H - ovinutí fólií nebo páskem Al

U - ovinutí fólií nebo páskem Cu a opletení z drátů Cu

5. písmeno - vnější plášť

Y - měkčený PVC

M - měkčený PVC mrazuvzdorný

E - plášť z PE

D - dvojvrstva z PE a PVC

P - teflon

F - fluorovaný etylénpropylen

barva:

zelená - kabely 50 ohmů

šedá - kabely 75 ohmů

khaki - mrazuvzdorné bez ohledu na impedanci

černá - všechny kabely s vnější izolací PE

Například VCEOY 75-3,7 je vf souosý kabel - s vnitřním vodičem tvořeným Cu

drátem - s plnou dielektrickou izolací PE - se stíněním jednoduchým opletením Cu dráty - vnějším PVC pláštěm - impedancí 75 ohmů a průměrem nad dielektrickou izolací 3,7mm. V katalogu zjistíme, že to je běžný 75 ohmový zelený kabel s vnějším průměrem 6mm.

PLCE 300-5,6 je vř symetrický kabel, dvojlanka - vodič tvořený Cu lankem - dielektrikum pěnový PE - zevní plášť PE - impedance 300 ohmů - vzdálenost vodičů 5,6 mm.

Při otevírání světa je na našem trhu sortiment kabelů s různým značením od různých výrobců a různými katalogovými údaji. Někdy bývá místo naší desetinné čárky používána desetinná tečka, útlum bývá někdy v dB/10 m, jeden a tentýž kabel má různá označení (např.: UR No.M67 je ekvivalent RG 213/U) a odkazy na různé normy (např. evropská IEC 96 No. 50-7-2, nebo vojenská MIL-C-17), atd. Jde o to, naučit se vyhledat si to podstatné.

Takže není kabel jako kabel, je z čeho vybírat, je lépe si údaje dobře prostudovat a pak teprve ho koupit.

Zkuste si přeložit údaje o tomto kabelu: UR No. M70

7/0.19mm plain copper stranded conductor, solid polyethylene insulation, plain copper braiding and sheathed in black PVC.

Characteristic impedance 75 W

Attenuation (per 10m) 5.2 dB at 1000 MHz

Overall dia. 5.8 mm

trocha angličtiny:

D.P. - decimal point - desetinná tečka

O.D. - overall diameter - zevní průměr

PE - polyetylen

PVC - polyvinylchlorid

aluminium - hliník

copper - měď

copper plated steel - poměděná ocel

silver - stříbro

silver plate - postříbřený

tinny - cín

tinned copper - pocínovaná měď

steel - ocel

air - vzduch, vzduchový

aerial - anténní

downlead - anténní svod

low-loss - s malými ztrátami

cable - kabel

V katalozích najdete různé kabely, z katalogu RS byly vybrány jako příklad údaje o těchto kabelech:						
Satelitní TV75 ohmů, měděný drát, dielektrikum PE se vzduchovými komůrkami						
	zevní Ø	jádro	100	200		1000 MHz
CT125	7,8	1/1,25	4,9	7,05		16,7 dB/100 m
CT 167	10,1	1/1,67	3,7	5,4		12,8 dB/100
zvláštní úprava s bariérou proti vlhkosti hliníkovým páskem, pro teploty -40 až +80 °C						
CT81	6,15					24,8 dB/100 m
CT125	10,7					17,4 dB/100 m
TV/VIDEO75 ohmů, měděný drát nebo lanko, plný PE, dvojité stínění						
	zevní Ø	jádro	100			1000 MHz
type 1 TM3205	7,5	1/0,8	8,7			37 dB/100 m mléčně bílý
type 2 TM3304	6,5	1/0,6	1,1			46 dB/100 m mléčně bílý
type 3	8	7/0,28	9,8			33 dB/100 m černý
VF KABELYčerný nebo bílý, dielektrikum plný PE						
	zevní Ø	jádro	100	200		1000 MHz
RG59 B/U	75 W	6,15	1/0,643	13	19	46 dB/100 m Fe poměděný drát
UR No.M70	75 W	5,8	7/0,19	15	52 dB/100 m	Cu lanko
RG58 C/U	50 W	5,0	19/0,18	20	31	76 dB/100 m lanko pocínovaná měď
UR No.M76	50 W	5,0	7/0,32	16	53 dB/100 m	Cu lanko
Svody TV anténUniradio - 75 ohmů, černý, šedý, bílý						
	zevní Ø	jádro	100			900 MHz
UR No.M203 low-loss	7,25	1/1,12	7,5			26 dB/100 m Cu drát
UR No.M202 standart	5,1	7/0,25	11			40 dB/100 m Cu lanko, pěnový PE
Jsou ale i kabely s jinou impedancí, například:						
Kabel pro počítačové sítě ARCNET - 93 ohmů						
			100	400	1000 MHz	
RG62 A/U	6,15	1/0,643	8,5	18		29,7 dB/100 m Fe poměděný drát
Žluté kabely pro počítačové sítě ETHERNET - 50 ohmů						
„Tlustý“	10,3		1/2,172			1,7dB/10m při 10 MHz
„Tenký“ (šedivý)	4,65		19/0,188			4,59 dB/10 m při 10 MHz
Cheapernet	5,46		19/0,2			neuvedeno

conductor - vodič

wire - drát

plain - čistý, nepokovený

stranded - splétaný, lanko

insulation - dielektrická izolace

isolation - oddělovací, oddělení

solid - plný, jednolitý

single - jednoduchý, jeden (vodič)

double - dvojité, dvojité (izolace)

pair - pár, dva vodiče

twin - dvojité, dvojice

braiding - opředení, opletení, stínění

cellular - pěnový (PE)

coaxial - koaxiální, souosý

cover - kryt

covered - pokrytý

sheat - zevní plášť kabelu

sheated - opláštěný

suitable - vhodný

outdoor - venkovní

in - uvnitř

inner - vnitřní

impedance - impedance

nominal - jmenovitá (impedance)

attenuation - útlum

flame retardant - špatně hořlavý

halogen free - neobsahující chlór

low smoke and fume - s malým vývinem

dýmu a výparů

MIL - military, armádní provedení

black - černý

brown - hnědý

cream - mléčně bílý

green - zelený

grey - šedivý, šedý

khaki - vojenská zelená

white - bílý

yellow - žlutý

Použitá literatura:

[1] AR B 2/86, Macoun, Jindra; str. 46-55

[2] RS components catalogue 1997, str. 43-60

[3] FK technics katalog 1997/98 str. G7,8

Kouzelné krabičky usnadňují instalaci i složitých anténních systémů

27. díl

Nová slova: slučovač, výhybka, anténní zesilovač, kanálový zesilovač, napájecí výhybka, rozbočovač

Případ první:

anténa na IV. a V pásmo

anténa na III. pásmo

slučovač

symetizační člen

svod

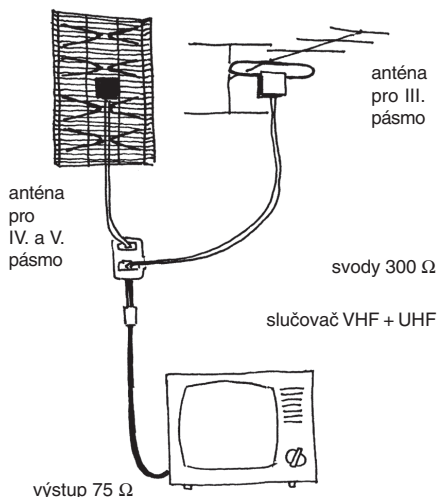
televizor

Již od dob, kdy začal vysílat tzv. II. televizní program na IV. a V. pásmu a lidé si pořizovali k anténě na I. nebo III. pásmo i

anténu pro IV. a V. pásmo, se začaly prodávat krabičky pro sloučení obou signálů do jednoho kabelu. Oba vstupy jsou symetrické a výstup nesymetrický. Tento slučovač lze připojit

a) „nahore“ u antén

b) „dole“ u televizoru



Obr. 1

Výhody a nevýhody svodů provedených dvojlinkou nebo souosým - koaxiálním kabelem byly probrány minule.

Někdy je třeba použít anténní zesilovač. V některých místech stačí tzv. „kanálový“ zesilovač pro příjem jediného vysílače v dané oblasti, který lze zachytit.

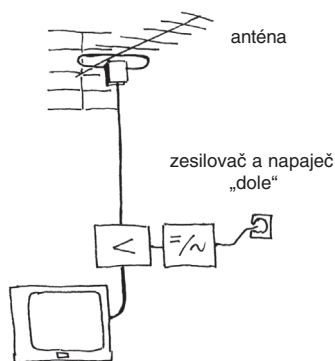
Někdy je možno z jednoho směru zachytit širokopásmovou anténou více vysílačů, pro zesílení se použije tzv. „širokopásmový“ zesilovač.

Případ druhý:

anténa
symetrizační člen 300/75 ohmů
svod 75 ohmů
anténní zesilovač 75 ohmů
napájecí zdroj pro zesilovač
televizor 75 ohmů

Napájení zesilovače

Pokud máte svod z antény svedený na půdu, nebo do prostoru blízko antény, kde je zavedená síťová zásuvka, můžete zesilovač umístit tam i s napájecím a dalšími „krabičkami“. Někdy se zesilovač umísťuje „dole“. Výhodnější je umístit zesilovač blíž k anténě, stejně jako hvězdářský dalekohled na horách, než ve smogu města. Zesilovač je také možno napájet „po kabelu“.

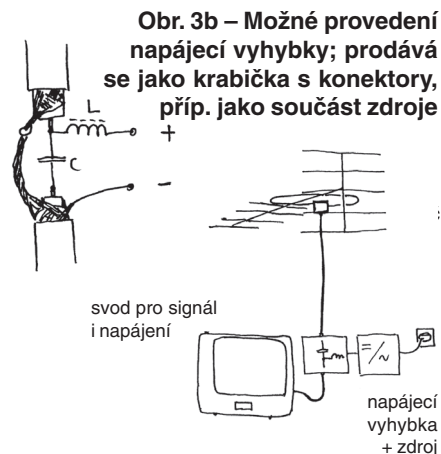


Obr. 2

Případ třetí:

anténa
anténní zesilovač
svod
napájecí výhybka
napájecí zdroj 230V/12V=
televizor

Není v tom žádná věda. Když napájecí výhybku otevřete, budete překvapeni jednoduchostí. Cívka několika závitů drátu navinutá samonosně nebo na černé feritové tyčince je tzv. vysokofrekvenční tlumivka. Přes ní do kabelu projde stejnosměrné napětí pro napájení zesilovače. Druhá součástka je malý kondenzátor, který zabrání, aby se toto napětí nedostalo na vstup přijímače, ale v signál normálně prochází. V zesilovači je tím samým způsobem provedeno oddělení stejnosměrného napětí od signálu.



Obr. 3a

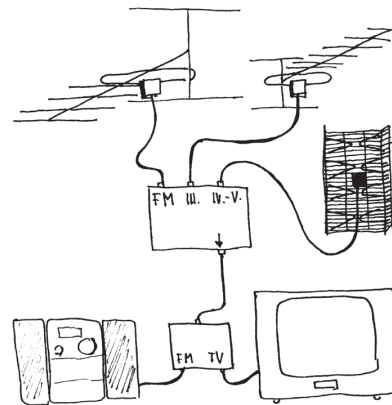
Kombinací slučovače a širokopásmového zesilovače vznikl anténní zesilovač se vstupy pro

- FM rozhlas,
- TV v I.-III. pásmu,
- TV v IV.-V pásmu

s jediným výstupem do jediného kabelu. Potom je třeba zase oddělit televizní signál od signálu FM rozhlasu. To dělá výhybka. Opět je velmi jednoduchá, pro laika je to krabička se vstupem signálu do 40 do 800 MHz a jedním výstupem pro FM rozhlas a druhým výstupem pro příjem televizního signálu.

Případ čtvrtý:

anténa pro FM rozhlas
anténa pro III. TV pásmo
anténa pro IV. - V. TV pásmo
v každé z nich je symetrizační člen
slučovač + zesilovač
napájecí zdroj
svod
výhybka
TV přijímač
FM přijímač



Obr. 4 – Zesilovač se slučovačem pro tři antény; pásmová vyhybka, FM přijímač, televizor

Pro rozdělení dostatečně silného signálu do více přijímačů se používá tzv. rozbočovač, který má jeden vstup a dva nebo i víc výstupů.

Případ pátý:

... svod od anténního systému rozbočovač

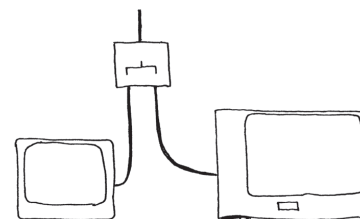
1. přijímač
2. přijímač

Pokud nám silný nebo blízký místní vysílač zahlcuje příjem jiných stanic, lze tento kanál zatlumit kanálovou zádrží. Kanálová zádrž je obvod naladěný na určitý kanál tak, že ostatní kmitočty jsou přenášeny bez omezení a vybraný kanál je potlačen.

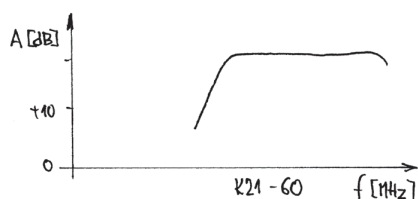
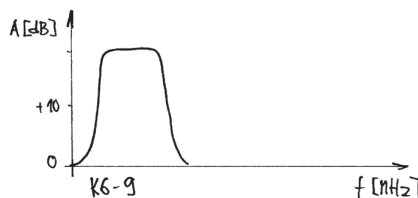
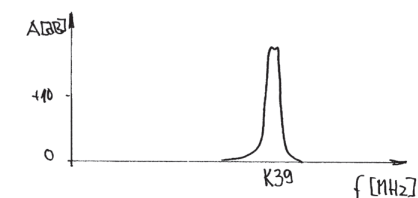
Pokud je požadovaný přijímaný signál přehlušován silnějšími signály na jiných kanálech, lze ho vybrat kanálovou propustí. Kanálová propust je obvod naladěný na určitý kanál tak, že je propouštěn jenom tento kanál a ostatní jsou potlačeny.

Pokud je signál z jedné z několika antén příliš silný a po sloučení by zahltil vstup zesilovače, lze ho zatlumit útlumovým článkem. Útlumové články se vyrábějí s různými útlumy, nebo lze útlum nastavit. Na rozdíl od kanálových zádrží naladěných na určitý kmitočet, kanál nebo pásmo jsou obvykle širokopásmové.

To jsou základní kostičky stavebnice. Stačí jenom vědět čísla pásem a kanálů, jejich kmitočty znát nemusíme, kdybychom je potřebovali, najdeme je v tabul-



Obr. 5 – Rozbočovač pro dva výstupy

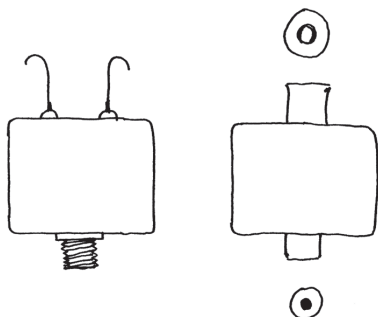


**Obr. 6 – a) Kanálový zesilovač,
b) pro skupinu kanálů,
c) širokopásmový zesilovač**

ce. Zisky a útlupy na zesilovačích, propustích, zádržích, útlumových článcích, anténách a kabelech jsou vyjádřeny v dB a ty se jenom sčítají a odčítají. V tom je kouzlo decibelů. Mezi tyto „kostičky“ stavebnice na přání patří i antény, kabely a konektory.

Slučovače

Sloučit lze i signály ze dvou antén na téměř pásmu. Například pro příjem místního vysílání jednou anténou z jednoho směru a příjem třeba zahraničního vysílání jinou anténou z jiného směru. Vhodný slučovač najdete v katalogu, nebo si ho objednáte na přání. Vstupní i výstupní impedance bývá obvykle 75 ohmů.



**Obr. 7 – a) Antenní zesilovač pro
vestavění do montážní krabice; vstup
300 Ω/symetrický – pod šrouby,
výstup 75 Ω/nesymetrický –
konektorem F
b) Antenní zesilovač průchozí –
na kabel: vstup dutinka – 75 Ω,
výstup kolík – 75 Ω**

(Pozn.: Slučovače fungují na obě strany - pro sloučení dvou signálů ze dvou antén nebo jako kmitočtová výhybka pro rozdělení signálu například pro rozhlasové pásmo VKV a pásmo příjmu TV.)

Zesilovače

Z technických údajů jsou pro nás zajímavé tyto údaje

- a) zesílení
- b) kmitočtové pásmo (nebo kanály)
- c) šumové číslo

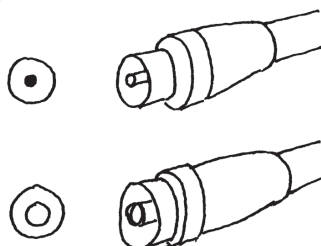
Zesílení se uvádí v decibelech, případně se uvádí v souvislosti s kmitočtovým pásmem, v katalogu bývá graf nebo tabulka naměřených hodnot. Kmitočtové pásmo bývá uvedeno obvykle číslem kanálu nebo kanálů. Zesilovače se vyrábějí

- kanálové (např. K39)
- pro skupiny kanálů (např. K6-K9)
- širokopásmové (např. K21-K69)

Šumové číslo F si nebudeme zatím rozebírat. Stačí vědět, že čím menší, tím je šum menší. V katalogu bývá uvedeno také.

Podle technického provedení jsou zesilovače

- anténní - pro vestavění do montážní krabice
- průchozí - na kabel
- domovní soupravy pro kabelové rozvody



**Obr. 8 – Konektor IEC, a) PLUG
(angl.), STECKER (něm.) – KOLÍK;
b) SOCKET, BUCHSE – DUTINKA**

Konektory

Mají zaručit trvanlivý, kvalitní spoj jednotlivých částí rozvodu za odpovídající cenu. Jiné požadavky mají profesionální služby, armáda a jiné jsou dost dobré pro civilní použití. V katalogu zabírají konektory celou stránku (nebo několik). Základní rozdělení je na „samečky a samičky“ nebo bývají uváděny jako, MALE - FEMALE, Jeniček - Mařenka. Nepohoršujte se, vždyť i známý konektor JACK čtený jako džek znamená v angličtině Jarouš.

Pamatuj:

- | | |
|---------|------------------|
| samec | - samice |
| kolík | - dutinka |
| male | - female |
| plug | - socket (angl.) |
| stecker | - buchse (něm.) |

Česky je to zástrčka - zásuvka, ale málokdo hned ví, co je co.

Konektory pro dvojlinku mají dva ploché nože, jejichž polohou lze rozlišit svod pro FM rozhlas, I.-III. pásmo a IV.-V. pásmo.

Konektory pro souosý vodič používají v televizní technice jsou podle konstrukce buď pro vestavění do panelu - přijímače, zesilovače, apod a pro instalaci na kabelu.

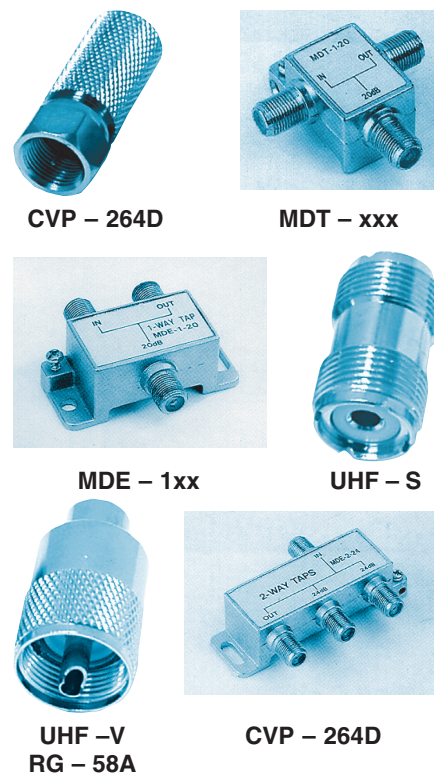
- IEC - jednoduché konektory pro pouhé nasunutí
- BNC - po nasunutí jsou zajištěny potažením - zajišťovacím kolíčkem v drážce
- F - konektory o průměru 7mm se šroubovací pojistnou matkou, pro příjem ze satelitů i domovní rozvody
- atd. - různé šroubovací konektory, různé velké, s různými výstupy na čelní straně, s různou povrchovou úpravou (chromování, niklování, stříbření, kadmiování atd.).

Některé katalogy uvádějí k určitým kabelům i vhodné konektory [3], [5].

Praktické provedení

Podle místních příjmových podmínek je vytvořen plán

- jaké programy budou přijímány
 - z jakých vysílačů
 - na jakých kanálech
 - z jakého směru
 - jak silně
- podle toho jsou zvoleny antény podle jejich



**Obr. 9 – a) konektory, b) prvky pro
rozvody signálu – odbočovače**

- příjmových kmitočtů nebo pásem,
 - zisku
 - směrovosti
- proveden plán
- slučování signálů z jednotlivých antén
 - jejich zesilování nebo ztlumování
 - umístění případné hlavní jednotky a napájení
 - rozvodu po domě a nakonec
 - celkové vyhodnocení zisků a útlumů.

Montáž antény je dobré zadat specializované firmě, která ručí za technické provedení, ochranu před účinky atmosférické elektřiny (tedy uzemnění stejně jako má hromosvod) a umí se pohybovat po střeše. Dobrá firma vám také může změnit sílu signálů a navrhne, případně i provede celý anténní rozvod.

Od teoretické přípravy je krok k praktickému provedení. Před vlastní prací je dobré provést si nácvik odizolování kabelů případně montáže konektorů. Kabely jsou různě silné a jsou k nim uvažovány i určité typy konektorů. Podrobný popis metod montáže konektorů by byl na samostatný článek.

Před montáží načisto je možno anténu provizorně umístit na strom, za komín, na balkón, nebo jenom na židli do okna, nasměrovat jí někam, odkud se asi bude přijímat a připojit jí k televizoru. Někdy

stačí umístění o metr dál a příjem se zřetelně změní. Pro zkoušení a směřování někteří technici používají malý přenosný televizor.

Útlum v kabelu jednoduše vyzkoušíte tak, že přenosný televizor umístíte poblíž antény, například na půdě, nahladíte si nějaký slabší vysílač a pak zkusíte televizor k anténě připojit přes celý zakoupený kus kabelu pohozený vedle. Podle zhoršení kvality příjmu odhadnete jestli bude stačit jenom kabel, nebo jeho dostačující část, nebo zda bude třeba přidat zesilovač. Pokud budete používat rozbočovač, zkusíte si nanečisto útlum i s ním. Při provádění rozvodu načisto si už můžete dát záležet. V katalogu zjistíte, že existuje celá řada montážního příslušenství - příchytěk, lišt, průchodků, krabic se zásuvkami, ale i stožárů, držáků atd.

Kdo by chtěl domácí úkol, může si zkusit provést projekt anténní soustavy pro své místo bydliště, pro rodinný domek, chatu nebo obytný dům. Když to nepoužijete vy, můžete zkušeně poradit sousedům.

Při studiu problematiky anténních systémů a kabelových rozvodů poznáte i stará instalovaná zařízení, která při

dobré údržbě stále slouží. můžete se poučit o dlouhodobé odolnosti vůči vlivům prostředí, kdy i zdánlivě zcela zkorodovaný zesilovač je uvnitř netknutý a plně funkční.

Nebojte se si své náčrtky do vašeho pracovního sešitu kreslit od ruky, jde to rychle a budete kreslit jenom to podstatné. Vždy je doplňte popisem, aby bylo jasné, k čemu se vztahují.

Slovníček

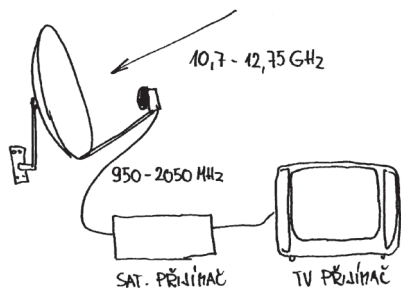
anglicky:	německy:	česky:
amplifier	Verstärker	zesilovač
preamplifier	Vorverstärker	předzesilovač
band	Bereich	pásmo
splitter	Verteiler	rozbočovač
Německy:		
Zweifachverteil	- dvoucestný rozbočovač	
Anglicky		
2 way splitter	- dvoucestný rozbočovač	

Literatura:

- [1] Amatérská radia - viz předchozí články
- [2] Katalog TEROZ Loštice
- [3] Katalog 98 KATHREIN na CD-ROM Version 4.0
- [4] Catalogue RS components 1997
- [5] Katalog. list VEB Antennenwerke Bad Blankenburg r.1985

Příjem ze satelitů

Za posledních 10 let i u nás zlidověl přímý příjem ze satelitů (DBS - Direct Broadcasting Satellite), na střechách, balkonech a u oken se objevily kulaté „paraboly“. Podmínkou příjmu je, že i na naše území dopadá signál vysílaný ze satelitů, což zase tak samozřejmé není. Například na mapkách v katalogu na CD firmy Kathrein je vidět území pokryté signálem. Obrysové čáry s číslem uvádějí koeficient, který by se dal uvést jako plochy se stejně silným signálem při určité velikosti signálu. Například na obr. 1 jsou v oblasti příjmu s anténou o průměru 60 cm i celé Čechy, pro příjem se stejnou intenzitou signálu je na Slovensku nebo ve Francii zapotřebí anténu s průměrem 75 cm a ve Španělsku 90 cm (viz obr 2a).



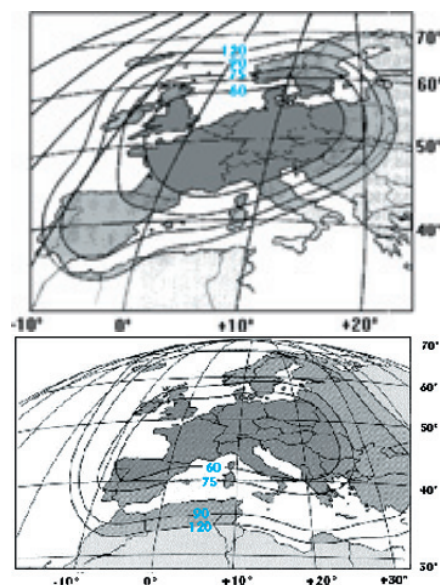
Obr. 1 – Základní sestava přijímače

Zatímco signál ze satelit Eutelsat II F6 Hot Bird pokrývá celou Evropu, na východě až po oblast „Bílé Rusi“ a na jihu až po sever Afriky (viz obr 2b).

- Příjem pozemních vysílačů je omezen
- výkonem vysílače
 - vzdáleností od vysílače
 - výškou vysílací a přijímací antény nad krajinou
 - překážkami mezi přijímací a vysílací anténou
 - kmitočtovým pásmem.

U příjmu ze satelitů určených pro individuální příjem stačí aby místo příjmu bylo v oblasti pokryté signálem a nic nebránilo přímému „výhledu“ na místo, kde je satelit.

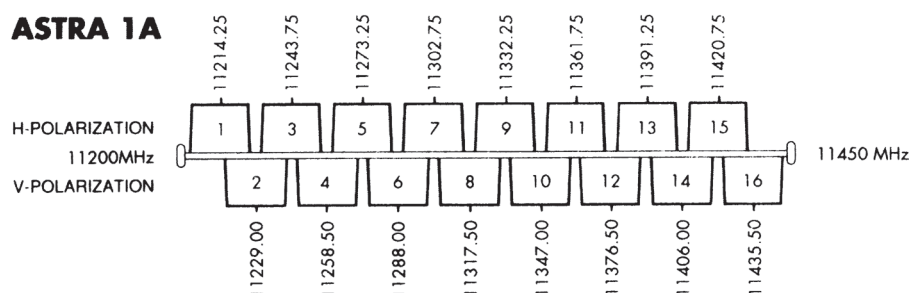
Od prvního Sputniku 1 vypuštěného 4. října 1957 se prostor okolo Země zaplnil množstvím nejrůznějších satelitů s nejrůznějšími posláními a samozřejmě s radiovým spojením se zemí. První komunikační satelit byl vypuštěn v roce 1965 a dostalo se mu hezké přezdívky „Early Bird - Ranní ptáček“. Satelity obíhají po nejrůznějších drahách, přelétávají nad nejrůznějšími místy nad zemí, v různých výškách. Spisovatele Arthura C. Clarka již v roce 1945 napadlo, že by satelit mohl obíhat nad rovníkem v takové výšce a takovou rychlostí, že by zemi



Obr. 2 – a) Pokrytí území signálem Astra; b) signálem Eutelsat II F6 Hot Bird

oběhl za 24 hodin. A protože i Země se otáčí, „visí“ takový satelit nad určitým místem nad zemí. Takto je zaparkováno již mnoho různých satelitů, mnohé z nich jsou určeny právě pro náš domácí příjem, jiné jsou určeny pro nejrůznější služby, pro příjem jejich signálů jsou také

ASTRA 1A



Obr. 6 – Střídání sudých a lichých kanálů s vertikální a horizontální polarizací Astra 1A

a další a další (Telecom, Intelsat, PAS, atd..)

Takže musíme mít nejen anténu zaměřenou na určitý satelit, ale také musíme mít přijímač schopný přijímat v jeho vysílacím pásmu. To zajišťuje tak zvaný konvertor, který převádí signál přijatý anténou na kmitočet, který lze poslat po kabelu do speciálního přijímače, který může tento signál zpracovat a upravit tak, aby ho bylo možno sledovat na televizním přijímači (viz obr. 1).

To, co je vidět před parabolickým zrcadlem je LNB - Low Noise Block - nízkošumový blok, který má v podstatě tyto části:

- ozařovač - feedhorn
- polarizátor
- LNC - vlastní konvertor

Ozařovač - feedhorn - ožiarovač je vysoustružená trubka s profilovaným různě drážkovaným hrdlem, což je vlastně vstupní obvod pro mikrovlny. Zde už není rezonanční obvod s ladícím kondenzátorem a navinutou cívkou s nějakou indukčností, ale přesně definovaná dutina. Ozařovač je zakrytý teflonovým víčkem proti vniknutí vlhkosti.

Polarizátor - je nutný pro nastavení polarity roviny příjmu. To už známe z běžných TV antén. Mohou být umístěné naležato pro příjem vysílání s horizontální polarizací a nebo „na bok“ pro příjem s vertikální polarizací.

Vysílání ze satelitu také přichází ve dvou rovinách - s vertikální a horizontální polarizací a podle toho je třeba nastavit i polaritu přijímače.

LNC je vlastní těleso s konvertorem. V konvertoru je oscilátor, který kmitá například na kmitočtu 10 GHz a jeho kmitočet se směšuje s přijímanými kmitočty a jejich rozdílový kmitočet už jde na výstup z konvertoru, zde už na běžný F-

konektor (nebo i jiné druhy VF konektorů) a kabelem do přijímače, který už není na střeše, ale v bytě, nebo v domě.

I starší zařízení mají dobrou životnost a tak se můžete v praxi setkat i s nimi. Konvertory jsou buď pro jedno pásmo, například

11 GHz v rozsahu 10,950-11,700 GHz nebo

12,5 GHz v rozsahu 12,500-12,750 GHz



Obr. 7 – Vstupní konvertory – LNB

nebo mohou pracovat ve dvou pásmech přepínáním napětí přiváděným z přijímače volbou LNB A a LNB B.

Příklad převodu kmitočtů z přijímaného pásma s kmitočtem oscilátoru 10 GHz:

$$f_{výst} = f_{vst} - f_{osc}$$

$$f_{min} = 10\,950 - 10\,000 = 950 \text{ [MHz]}$$

$$f_{max} = 11\,700 - 10\,000 = 1\,750 \text{ [MHz]}$$

výstupní kmitočet v rozsahu 950 až 1750 MHz. Tyto kmitočty lze kvalitním kabelem již vést k přijímači

Při kmitočtu oscilátoru 11 475 pro pásmo 12,5 GHz je

$$f_{min} = 12\,500 - 11\,475 = 1\,025 \text{ [MHz]}$$

$$f_{max} = 12\,750 - 11\,475 = 1\,275 \text{ [MHz]}$$

Při kmitočtu oscilátoru 10,750

$$f_{min} = 11\,700 - 10\,750 = 950 \text{ [MHz]}$$

$$f_{max} = 12\,500 - 10\,750 = 1\,750 \text{ [MHz]}$$

Novější družicové přijímače mohou zpracovávat širší pásmo a jejich výstupní kmitočty jsou v pásmu 950 až 2050 MHz.

Je jasné že musí být použit co nejvyšší kabel s co nejmenšími ztrátami.

Polarita signálů umožňuje větší nahuštění kanálů vedle sebe, liché s ho-

rizontální polarizací a sudé s vertikální.

Polaritu lze přepnout

- mechanicky otočením celého konvertoru
- polarizační výhybkou
- otáčením polarizačního plíšku
- magnetickým polarizérem
- napěťově

Přepínání se provádí dálkově ovládacím napětím od přijímače. O tom více příště.

Úkol na příště: zopakujte si zeměpis a zjistěte si zeměpisné souřadnice místa, kde bydlíte.

Slovníček

sever	north	nord
jih	south	sud
východ	east	ost
západ	west	west

ozařovač feedhorn

LNB Low Noise Block - nízkošumový (vstupní) blok

LNC Low Noise Converter - nízkošumový konvertor

LNA Low Noise Amplifier - nízkošumový předzesilovač

Prameny

[1] Bradáč, Jindřich; Satelitní technika populárně, Grada 1993

[2] Krieg, Bernhard; Satelitní televize (méně teorie, více praxe) - HEL Ostrava 1992

[3] AR B 6/1990 Úvod do problematiky družicových přijímačů, ing. Krupka, Z., ing. Kunc, J.

[4] AR B 6/1992 Stavební prvky družicového přijímače, ing. Jiří Otýpka CSc.

[5] ST 6/1989 str. 211-213, ing. Procházka, M., Primární zářiče pro malé parabolické antény

[6] Radiotechnika 5/1988 str. 220-221 (MLR), Viletel István, Műholdvevő 4.

[7] ST 2/1987 str. 69-70, Orientace antén pro družicový příjem, ing. Jansa, J.

[8] Funkschau 17/1987 str. 54, Satellientempfang - Standorte

[9] ELO 7/1986 str. 12-18

[10] ST 2/1988, str. 71, Program „Polar-mount“, ing. Otýpka, J.

[11] RFE 5/1990, str. 326-329, Dipl.-ing. André Tatter, Antennenwinkelbestimmung eines Satellitenstandortes

[12] Kralj, M.; TELE-audiovision; München 7(1987) 40, s.20

[13] Kathrein - katalog 1998

Jaký satelit?

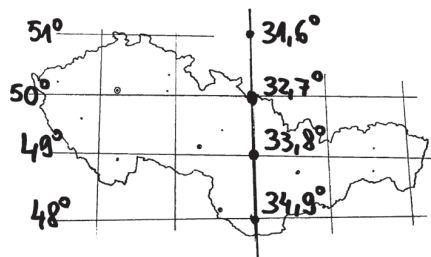
Přijímač s příslušenstvím lze koupit v obchodě i s návodem o obsluze. Montáž antény zvládnou šikovné ruce. Kam anténu nasměrovat vám poradí sousedi, ale alespoň něco byste měli vědět.

Anténa musí být nasměrována na satelit. Směr příjmu parabolického zrcadla je dán jeho optickou osou. V minulém čísle byly uvedeny dvě modifikace parabolické antény -

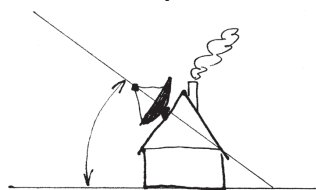
s ohniskem uprostřed - prime focus a s ohniskem mimo střed plochy - offset anténa.

U obou se jedná o tutéž plochu rotačního paraboloidu, u prvního druhu o plo-

29. díl



Obr. 1a – Ilustrační mapka s hodnotami elevace pro různé zeměpisné šířky, vzhledem k místnímu poledníku



Obr. 1b – Elevace – grafické znázornění pojmu

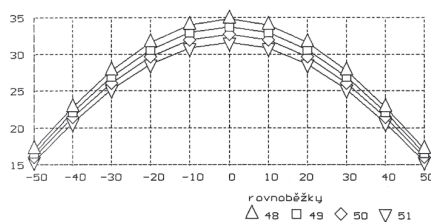
chu souměrnou kolem osy a u druhého o plochu nad osou. Proč? Čím víc na jih, tím víc musí být anténa nakloněna nahoru a pak vypadá jako velká mísa, ve které se může usazovat sníh, námraza, saze, nečistoty a pod, které zhoršují příjem a anténa se musí čistit. Když se použije jenom výřez z této plochy, která zůstane v původním úhlu, je optická osa tatáž a přitom plocha antény je skoro svislá. Čím víc k severu, tím víc je svislá.

U offsetových antén by měl být počáteční úhel uveden v technické dokumentaci, nebo na měrci stavitelného držáku antény.

Při montáži a směřování se postupuje buď přesně podle kompasu (buzoly), vodováhy (libely), úhloměru, olovnice a různých latí a úhlových šablon nebo docela prostě způsobem kdo hledá a najde. Druhý způsob je možný při směřování malých parabol na středně výkonný satelit typu Astra, protože vyzařovací úhel malé paraboly je větší a spíše se strefíte, to už bylo uvedeno v minulém čísle.

Pro nasměrování musíme vědět

- jaký satelit chceme přijímat
- na jaké pozici je
- jaká je zeměpisná délka a šířka místa příjmu
- zda máme vhodné přijímací zařízení.

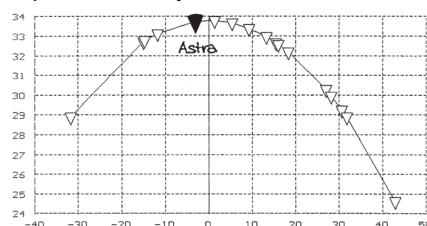


Obr. 3 – Elevace k satelitu, vzhledem k místnímu poledníku

Ne všechny satelity totiž můžeme běžným zařízením přijímat. V údajích o satelitu nás bude zajímat:

- pozice na orbitální dráze,
- pásmo, ve kterém vysílá (některé vysílají i v pásmu 4GHz - pro ně jsou zapotřebí velké parabolické antény a samozřejmě i jiný konvertor),
- potřebná minimální velikost paraboly
- způsob modulace - PAL, SECAM, NTSC, D2MAC
- zakódování pouze pro platící majitele dekodérů.

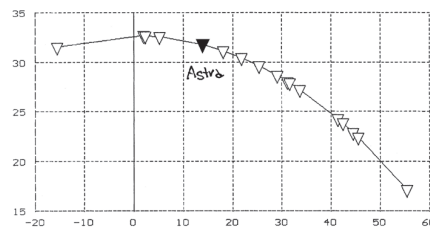
Teprve potom je vám k něčemu údaj o druhu programu, jazyku vysílání, kmitočet, polaritě a zvukovém doprovodu. Tyto údaje je možno najít například ve specializovaném časopise [3], nebo na internetu. Kdo s ním umí, najde sám, kdo ne, může zkusit pomůcku na konci článku. Některé údaje se mění, například v minulém pokračování malé školy byl úmyslně ilustrativně ponechán údaj z katalogu pro rok 1998 o satelitu Eutelsat II-F3 na 16 stupních východní délky. V prosincovém čísle [3] je uvedeno, že se tento satelit přesouvá na jinou pozici a je nahrazen satelitem Eutelsat W2, který programy přebírá. Divák změnu satelitu nepozná, dokud nejsou programy změněny nebo naopak vítaně přidány, jako například u Astra.



Obr. 3a – Pohled na satelity od Hodonína (17° v.d./49° s.š.)
Pozice satelitu

se udává jako souřadnice místa na zeměkouli, nad kterým „visí“. Protože tyto satelity jsou na orbitální dráze nad rovníkem, tedy nad nultým stupněm, uvádí se pouze zeměpisná délka s doplněním E - east - východní délka nebo W - west - západní délka.

Souřadnice na zemi najdete na mapě nebo v atlase, to je učivo ze základní školy, zde je pro zjednodušení pozice uváděna jako desetinné číslo - například DSF 28,5° nebo Astra 19,2°. Takže i pro výpočty je vhodné souřadnice místa příjmu převést na desetinné číslo. I když nemáte přesnou mapu, stačí vám papírové měřítko a kalkulačka a počítání na celé stupně. Uznejte sami, jste schopni třeba i jen zatlouct tyčku k rajčatům svisle s přesností na stupeň? A jak se vám zdají být rovně. Podívejte se na školní úhloměr a je vám jasné, že desetiny stupňů můžete zanedbat. Když se při montáži



Obr. 3b – Pohled na satelity od Kyjeva (30° v.d./50° s.š.)

a směřování strefíte na celé stupně, bude to stejně směřováním podle kvality příjmu a ne nějakými měřickými pomůckami a dokonalými výpočty. Nemějte strach, strefili se všichni, na jejichž balkonech a domech parabolické antény vidíte.

Vhodné přijímací zařízení

- přestavuje parabolickou anténu vhodné velikosti,
- LNB pro určité pásmo, nebo spíše univerzální pro všechna pásma,
- přijímač pro příjem televizního nebo rozhlasového vysílání.

V poznámce bývají uváděny normy televizního signálu:

pokud je vysílání v D2-MAC musí ho také umět zpracovat satelitní přijímač,

PAL - obvyklý v západní Evropě,

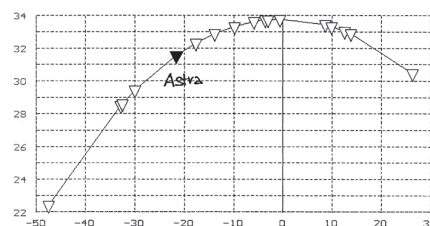
SECAM - obvyklý ve Francii a dříve v celé východní Evropě,

NTSC - používaný v USA.

U nás se přecházelo ze SECAM na PAL a proto se televizní přijímače vybavovaly automatickým přepínáním PAL/SECAM a běžného posluchače to ani nezajímalo, prostě to bere jako samozřejmost.

Zlověstná poznámka Pay TV (place-ná) nebo kód. systém znamenají, že signál je upraven tak, že si ho do sledovatelné podoby může dekodovat jenom ten, kdo má zakoupený dekodér nebo zaplacen zvláštní poplatek.

V minulém čísle byla zmínka o polaritě signálu. Ta vás bude zajímat až při ladění na jednotlivé kanály. Nic není třeba mechanicky otáčet, polaritu přepínáte dálkově nastavením na přijímači. Stejně jako přijímané pásmo. Proto je mimo koaxiálního kabelu od LNB k přijímači ještě od přijímače k LNB přiváděno přepínací napětí pro nastavení polaritě a přepínání pásem. U některých přijíma-



Obr. 3c – Pohled na satelity od Paříže (2,5° v.d./50° s.š.)

Turksat 1C	42°E					
Cine 5	120	11.007	V	7.02/7.20	PAL	turecky
TRT TV1	240	11.175	H	6.65	PAL	turecky
Eutelsat W2	16°E					
RTM Marokko	70	10.972	V	6,60	PAL	arabsky
Business TV	80	11.163	H	digitál.	B-MAC	orig.tón
Hot Bird	13°E					
Duna TV	70	10.815	H	6,50	PAL	maďarsky
BBC World	70	10.989	V	7.02/7.20	PAL	anglicky
Thor I/II/III	0,8°W					
TV Danmark	80	11.216	V	digitál.		D2-MAC angl./dánsky
Amos-1	4°W					
ART TV	80	11.342	H	6.60	PAL	polsky
Telecom 2B/2D	5°W					
France 2	90	12.564	V	5.80	Secam	francouzsky
Intelsat 705	18°W					
RAI	120	11.012	V	6,60/6,65	PAL	italsky
PAS-3R	43°W					
Přenos.kan.	120	12.575	H	6.60/7.20	PAL/NTSC	originál.tón

Tab. 4 – U satelitů je uvedena pozice, vysílaný program, potřebná velikost paraboly, kmitočet kanálu, polarizace, zvukový doprovod, norma a jazyk

čů jsou již jednotlivé kanály, i polarita nastaveny výrobcem, u jiných přijímačů se po zadání CHANNEL SEARCH nebo ADVANCED SEARCH přijímač samočinně naladí, podobně jako u autorádia, jenomže zde má víc práce a také to trochu déle trvá. Nejrychlejší je AUTOMATIC INSTALLATION, ale to už je vždy věcí technické výbavy přijímače.

Směrování antény

Po přišroubování antény je třeba ji nastavit ve směru nahoru, kterému se říká elevace a ve směru doleva nebo doprava, který bývá uváděn jako azimut.

Turisté vědí, že zakalená střelka kompasu ukazuje na sever, zde je azimut 0° a pak dále ve směru hodinových ručiček

je na východě azimut 90° , na jihu je 180° a na západě 270° . Takže máte dvě možnosti. Buď je azimut uveden v oboru 0° až 360° nebo je směr uveden jako odchylka od jihu o určitý úhel na východ nebo na západ, což je pro praktičtější.

Satelity nejsou rozházeny po obloze jako hvězdičky, ale jsou jako korálky navlečené na šňůrce. Dráha je nejvýše nad místním poledníkem. Z jednoduchého grafu si můžete pro jednotlivé rovnoběžky zjistit výšku satelitu nad obzorem. Na ose x jsou vyneseny rozdíly mezi místním poledníkem a pozicí satelitu.

Na ose x si najdete rozdíl mezi místním poledníkem a pozicí satelitu a na ose y si najdete na křivce pro určitou rovnoběžku potřebnou elevaci.

	A	B	C	D	E
1	Výpočet směru antény na satelit				
2			stupně	radiány	
3	satelit		19,2	0,3351032	
4	přijímač s.š.		49	0,8552113	
5	přijímač v.d.		17	0,296706	
6					
7	azimut:		177,09	-0,050858	
8	elevace		33,73	0,58878670	6,555755
9					

Obr. 4 - Výpočet elevace a azimutu v programu Calc602. Malá pomůcka pro dosud neznalé: do buněk C3, C4 a C5 napíšete souřadnice satelitu a přijímače. Do buňky D3 napíšete převod na radiány $=C3/180*PI$. Buňku D3, D4 a D5 označíte a provedete nakopírování tohoto vzorečku dolů současným stiskem Ctrl+D. Do buňky D7 napíšete vzoreček $=ATAN(TAN(D5-D3)/SIN(D4))$. Do buňky E8 napíšete pomocnou část vzorečku, kterou potom budete dosazovat do D8, takže v E8 bude $=COS(D4)*COS(D5-D3)$. Do buňky D8 napíšete $=ATAN((E8-0.15103)/SQRT(1-E8*E8))$. Tyto úhly je třeba převést na stupně, takže do buňky C7 napíšete $=180+D7/PI*180$ a do buňky C8 napíšete $=D8*PI/180$. Pak stačí dosazovat různé pozice satelitů a míst příjmů a tabulka se vám sama ihned přepočítá. Během sekundy máte výsledek. Tak na co tabulky. Protože jsme ve škole, zkuste si to pro nejrušnější souřadnice a trochu přemýšlejte.

```

REM *** smerovani anteny na satelit ***
CLS
PI = 3.14159
REM *** PREVOD STUPNU NA RADIANY ***
Q = PI / 180
INPUT "poloha satelitu"; B
INPUT "zemepisna delka"; A
INPUT "zemepisna sirka"; C
REM ***ELEVACE***
QA = Q * A
QB = Q * B
QC = Q * C
X = COS(QC) * COS(QA - QB)
Z1 = (X - .15105) / (SQR(1 - X ^ 2))
EL = ATN(Z1) / Q
REM ***AZIMUT***
Z2 = (TAN(QA - QB)) / SIN(QC)
AZ = 180 + ATN(Z2) / Q
REM ***DEKLINACE***
Z3 = SIN(QC) / (.6262 - COS(QC))
D = ATN(Z3) / Q
PRINT "-----"
PRINT "ELEVACE:", EL
PRINT "AZIMUT:", AZ
PRINT "DEKLINACE:", D

```

Obr. 5 – Výpočet elevace a azimutu v programu Qbasic

Na dalších grafech jsou ilustrativní pohledy na satelity tak jak jsou vidět od Kijeva (50°s.š. 30°v.d.) a Paříže (49°s.š. 2,5°v.d.) a ze 49°s.š. a 17°v.d.

Nechtějte přesné tabulky pro všechna místa, je to zbytečné. Jestliže chcete přijímat satelit Astra, podívejte se na tabulku pro území s rozmezím mezi 12° a 22°v.d. na 49°s.š. Puntičkáři si mohou podle následujících vzorečků udělat tabulky i pro jiné rovnoběžky a zjistí to, co dělá většina lidí selským rozumem: namíří parabolu někam na jih a zvedne ji do úhlu odpovídajícímu asi 33 stupňů a pak pohybem doleva nebo doprava se snaží zachytit příjem ze satelitu a pak upravením zdvihu - elevace jí nastaví do směru s nelepším příjmem.

s.š.	elevace	deklinace
48	34,88	7,11
49	33,79	7,21
50	32,70	7,30
51	31,61	7,38

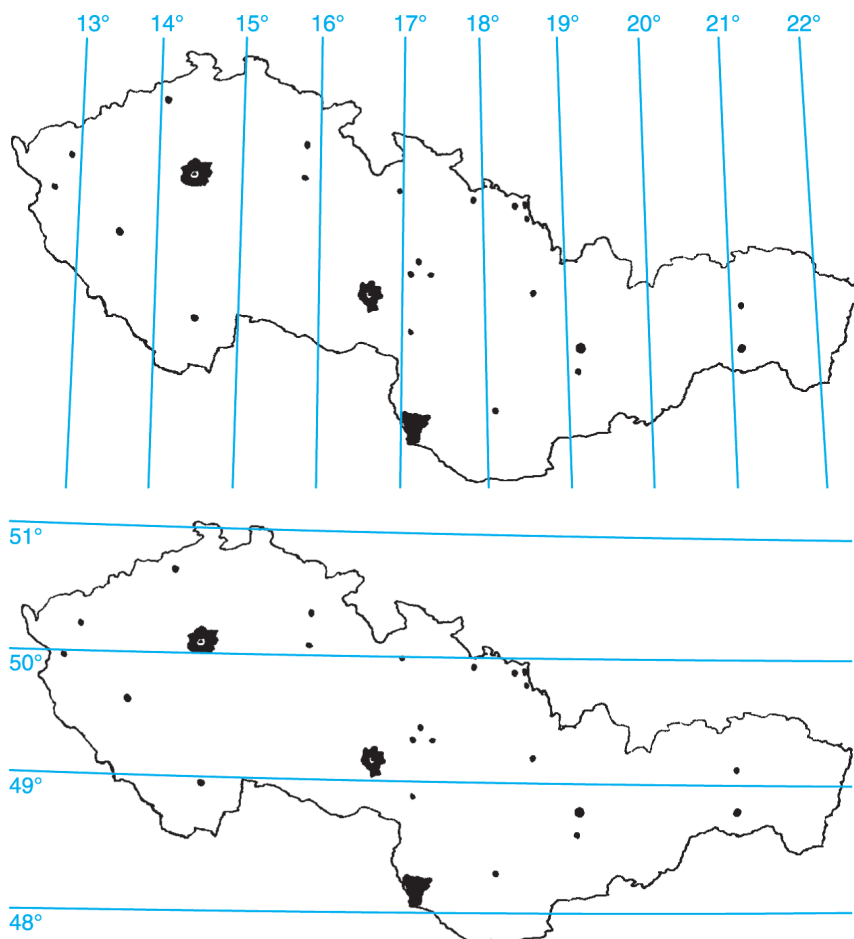
Tab.1 – azimut pro různé severní šířky

v.d.	48	49	50	51
12	-9,2	-9,3	-9,5	-9,6
13	-8,0	-8,0	-8,2	-8,3
14	-6,6	-6,7	-6,8	-6,9
15	-5,3	-5,4	-5,6	-5,6
16	-4,1	-4,2	-4,2	-4,3
17	-2,8	-2,8	-2,9	-3,0
18	-1,5	-1,6	-1,6	-1,6
19	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3
20	1,0	1,0	1,0	1,1
21	2,3	2,3	2,4	2,4
22	3,6	3,6	3,7	3,7

Tab. 2

Tyto tabulky si můžete udělat kdykoliv sami, ale proč? Vám stačí jenom na mapě najít polohu vašeho příjmu, zjistit si polohu přijímaného satelitu a dosadit je do vzorečku.

Vzorečky pro výpočet byly publikovány například v [1] [2] [7], postup vý-



Obr. 6a, b – Zeměpisné souřadnice míst v ČR a SR
(nahore poledníky, dole rovnoběžky)

počtu pomocí počítače v [6] [9] [10]. Když už znáte vzorečky, uděláte si jednoduchý program sami například v programu Basic (je v MS-DOS, ale technicky není problém si qbasic.exe a qbasic.hlp přkopírovat i do PS-DOS nebo Windows 95) nebo v nějakém tabulkovém editoru, například v Calc602 nebo Excel.

Poznámky k výpočtům

Neznalé potrápí nějak divné výsledky až do okamžiku, kdy si přečtou, že úhly ve stupních je třeba pro výpočty převést na radiány a výsledek zase na stupně. Jednoduše úhel ve stupních násobíte Ludolfovým číslem a dělíte 180.

Malý rozdíl je v některých příkazech: Qbasic ATN SQR pí je třeba definovat PI = 3.14159

Calc602 ATAN SQRT PI

Malá pomůcka pro dosud neznalé. Do buněk C3, C4 a C5 napíšete souřadnice satelitu a přijímače.

Do buňky D3 napíšete převod na radiány = $C3/180 \times \pi$.

Buňku D3, D4 a D5 označíte a provedete nakopírování tohoto vzorečku dolů současným stiskem Ctrl+D.

Do buňky D7 napíšete vzoreček = $\text{ATAN}(\text{TAN}(D5-D3)/\text{SIN}(D4))$

Do buňky E8 napíšete pomocnou část vzorečku, kterou potom budete dosazovat do D8, takže v E8 bude = $\text{COS}(D4) \times \text{COS}(D5-D3)$.

Tyto úhly je třeba převést na stupně, takže do buňky C7 napíšete = $180 + D7/\pi \times 180$ a do buňky C8 napíšete = $D8 \times \pi/180$.

Pozice	Satelit	Elevace	Azimut
42°v.d.	Turksat	1C28,88	-31,71
28,5°v.d.	DSF Kopernikus	32,71	-15,09
28,2°v.d.	Astra 2A	32,76	-14,70
26°v.d.	Arabsat 2A	33,12	-11,85
19,2°v.d.	Astra 1A/B/C/D	33,75	-2,91
16°v.d.	Eutelsat W2	33,78	1,32
13°v.d.	Hot Bird 1/2/3/4/5	33,66	5,29
10°v.d.	Eutelsat II-F2	33,38	9,24
7°v.d.	Eutelsat II-F4M	32,97	13,15
5,2°v.d.	Sirius1	32,65	15,48
4,8°v.d.	Sirius2	32,571	5,98
3°v.d.	Telecom2C	32,19	18,28
4°z.d.	Amos-1	30,27	26,96
5°z.d.	Telecom 2B/2D	29,95	28,16
5°z.d.	Nilesat 101	29,25	30,54
8°z.d.	Telecom 2A	28,88	31,71
18°z.d.	Intelsat 705	24,62	42,85

Tab. 3 - Tabulka elevací a azimutůk satelitům z místa na 17° v.d. a 49° s. š.

Pak stačí dosazovat různé pozice satelitů a míst příjmů a tabulka se vám sama ihned přepočítá. Během sekundy máte výsledek. Tak na co tabulky. Protože jsme ve škole, zkuste si to pro nejrůznější souřadnice a trochu přemýšlejte.

Jednoduchý program v jazyce Basic (čti bejzik) má podobný postup: stanovíte si proměnnou PI a pomocnou proměnnou pro převod stupňů na radiány zadáte souřadnice ve stupních a převedete je na radiány provedete výpočet elevace, azimutu a deklinace a necháte je vypsát na obrazovce.

Program pište pečlivě, každá čárka má svůj význam.

S pomocí tohoto programu jenom trošičku doplněného si můžete udělat tabulku satelitů, které jsou nad obzorem.

Při pokusech o příjem z jiných satelitů zjistíte, že údaje o jejich vysílání jsou užitečné. Pokud nemáte přijímač pro D2-MAC, nebo dekodér pro zakódované vysílání, nebo dostatečně velkou parabolu, nebo přijímač pro patřičnou normu vysílání (PAL, Secam, NTSC), atd, nebudete moci vysílaný pořad sledovat.

V následující tabulce jsou pouze ilustrativní ukázky různých pozic satelitů, potřebné velikosti paraboly, kmitočet kanálu, polarita, zvukový doprovod, norma a jazyk.

Kde hledat v síti? Zkuste:

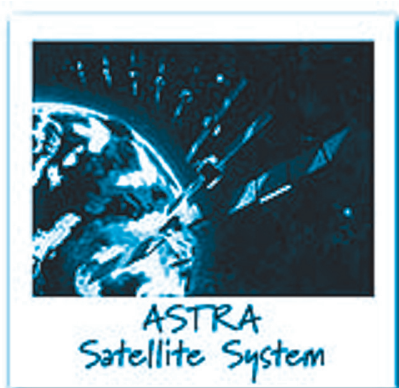
<http://hlava22.fsv.cvut.cz>
<http://ekox.fsv.cvut.cz/astra1a.shtml>
www.mobil.cz/sat/prehled.html
www.astra.lu
www.arab.net/arabsat
www.eutelsat.org
www.francetelecom.fr
www.intelsat.com
www.panamsat.com

Použitá literatura:

- [1] Bradáč, Jindřich; Technika příjmu ze satelitů
- [2] Krieg, Bernhard; Satelitní televize (méně teorie, více praxe) - HEL Ostrava 1992
- [3] Satelit Plus č.12/1998 - tabulky str. 16. až 23.
- [5] Kathrein - katalog 1998
- [6] ST 2/1987 str. 69-70, Orientace antén pro družicový příjem, ing. Jansa, J.
- [7] Funkschau 17/1987 str. 54, Satellientempfang - Standorte
- [8] ELO 7/1986 str. 12-18
- [9] ST 2/1988, str. 71, Program „Polar-mount“, ing. Otýpka, J.
- [10] RFE 5/1990, str. 326-329, Dipl.-ing. André Tatter, Antennenwinkelbestimmung eines Satellitenstandortes
- [11] Kralj, M.; TELE-audiovision; Mnchen 7(1987) 40, s.20

Ještě než otevřeme nové téma, vraťme se krátce k 28. části. Reagoval na ni mimo jiné Ing. Humlhans, jehož pouhým otiskujeme, neboť věříme, že promnohé z vás jsou praktické.

Nejen „školáky“ ze školy praktické elektroniky Rádia plus možná zaujme, že z Internetu lze získat informace o aktuálně provozovaných televizních a rozhlasových programech na transpondérech dvou u nás nejčastěji přijímaných satelitních systémů ASTRA 1A -D a Eutelsat II F1 (Hot Bird 1 - 5). Kdo je alespoň občas sleduje, zjistil, že obvyklé „změna programu vyhrazena“ opravdu



platí a to nejen co do skutečné náplně vysílání, ale i jeho provozovatele. Existují sice specializované časopisy, kde se

lze o změnách dozvědět, ale vzhledem k výrobním lhůtám nebo intervalu vydávání nemohou, často asi ani neohlášené změny podchytit. Na webovských adresách www.eutelsat.com nebo www.astra.lu naleznete samozřejmě mnoho dalších informací, ale tento příspěvek chce především upozornit na možnost „stažení“ seznamů televizních (a rádiových) kanálů ve tvaru souborů tabulkového procesu MS EXCEL. To umožňuje vytřídit a získat, na rozdíl od jinak rozsáhlých tištěných seznamů velmi snadno, ty informace, které nás právě zajímají a ty si pak případně vytisknout. Ale teď přímo k věci.

Astra - po zadání adresy <http://www.astra.lu> a připojení, zvolíme mezi komunikací v angličtině, francouzštině, němčině a španělštině. V případě vybereme Channel Guides a následně Download. Po natažení stránky si vybereme myší co nás zajímá, zda analogové nebo digitální televizní nebo rozhlasové programy a formát souboru *.xls (Excel 3) nebo textový *.csv (lze vložit do různých tabulek a databází). Pravým tlačítkem myši vyvoláme menu z něhož vybereme možnost uložení do souboru a to běžným způsobem na náš pevný disk provedeme.

Eutelsat - tentokrát vyjdeme z domovské stránky <http://www.eutelsat.com>



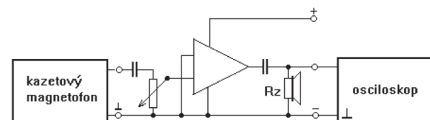
a po kliknutí na tlačítko start posléze volíme „German version“ nebo rovnou <http://www.eutelsat.de>. V anglické verzi, alespoň v době psaní příspěvku, tabulky nebyly. Na německé stránce zvolíme „Frequenzen als Excel-Datei“ a následně buď vybereme soubor Excel (tentokrát 97) přímo nebo v komprimované podobě jako soubor ARJ. V tomto případě jsou televizní i rozhlasové programy, analogové i digitální v jednom souboru. Zkratkou se lze dostat přímo ke stažení souborů přes adresu <http://www2.eutelsat.de/tvfrequenzen/download.htm>. Stažení souborů provedeme obdobně jak to bylo popsáno v případě Astru.

Máme-li již soubory na svém disku, můžeme si je pomocí programu EXCEL97 třídit a řadit služby vysílané na jednotlivých kanálech satelitů podle našich požadavků co se týče kmitočtu, žánru, jazyka, polarizace, kódování, čísla transpondéru.

nová slova: osciloskop, generátor, milivoltmetr

Na výstupu nízkofrekvenčního zesilovače je připojený reproduktor, výstupní signál slyšíme. Když na tentýž výstup připojíme osciloskop, můžeme tvar výstupního signálu vidět. Protože je hudba nebo řeč proměnlivá, vidíme na obrazovce různé rozkmitaný pás. Toto zobrazení se používá k orientaci ve zvukovém záznamu při editaci zvuků při počítačovém zpracování. Při elektrotechnických měřeních se na osciloskopu zobrazují souvislé periodické děje - pro měření nízkofrekvenčního zesilovače použijeme jako zdroj signálu nízkofrekvenční generátor.

Nízkofrekvenční generátor je na první pohled skříňka, která má stejně jako CD přehrávač, mikrofón, gramofón, atd. výstup tvořený dvěma vodiči, které se připojí na vstup zesilovače. Hudba a řeč jsou směsí různých tónů, které mají výšku, barvu a sílu a i při zkoušení zesilovače signálem

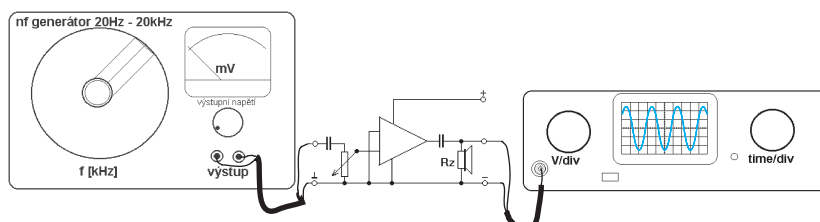


Obr. 1 – Zobrazení signálu na výstupu

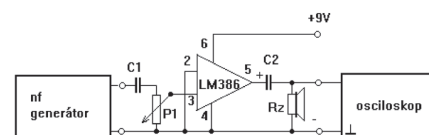
z NF generátoru můžeme nastavit jeho výšku - tedy kmitočet a sílu - tedy velikost výstupního napětí. Tvar výstupního signálu bývá obvykle sinusový. (Viz obr. 4).

Osciloskop je na první pohled skříňka, kterou připojujeme podobně jako reproduktor dvěma vodiči na výstup měřného zařízení. Na obrazovce je vidět tvar signálu. Nás zatím zajímá jenom vstup, na který se přivádí signál a možnost upravit si obrázek tak, aby se dal dobře pozorovat. Jedním knoflíkem se obvykle dá nastavit velikost obrázku a druhým počet period na obrazovce.

Nechtějte popis nějakého určitého osciloskopu, jste ve škole a ne v recitačním kroužku, kde se učí zpaměti básnička. Podívejte se na jakýkoliv osciloskop, který je po ruce.



Obr. 3 – Praktické zobrazení zapojení měřících přístrojů a zesilovače

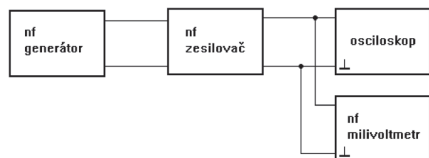


Obr. 2 – Na vstupu zesilovače z Rádia plus – KTE č. 12/97 je připojen nf generátor a na výstupu je zobrazen osciloskopem

Zobrazení signálu

Nastavení velikosti svisle

a) Knoflík pro nastavení velikosti obrázku ve svislém směru bývá obvykle mnohopolohový přepínač s označením V/div a ovládá vstupní zesilovač osciloskopu. V/div znamená napětí ve voltech nebo milivoltech na každý dílek. Je-li tedy na obrazovce zobrazen signál s ampli-



Obr. 4 – Blokové schéma zapojení měřících přístrojů při měření nf zesilovače

tudou 4 dílků a přepínač je na rozsahu 200 mV, je amplituda signálu $4 \times 200 = 800 \text{ mV}$.

Počet period

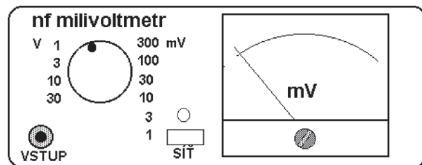
b) Knoflík pro nastavení počtu period ve vodorovném směru bývá obvykle mnohopolohový přepínač s označením time/div a ovládá rychlost časové základny, tedy jak rychle běží paprsek po obrazovce, což nám může být teoreticky jedno, prostě si chceme zobrazit signál tak, abychom viděli, jaký má tvar. Obvykle si necháme zobrazit tak asi dvě až tři periody signálu. Ale když už jsme u toho, můžeme změřit jak dlouho jedna perioda trvá tak, že změříme, přes kolik dílků je zobrazena. Je-li tedy na obrazovce zobrazen signál s periodou dlouhou 3 dílků a přepínač rychlosti časové základny time/div je v poloze 0,5 ms, je doba periody $3 \times 0,5 = 1,5 \text{ milisekund}$.

Každý je hračka a zkouší, co to udělá, když přepne až na konec, určitě si to zkusíte i vy a tak malé vysvětlení. Při pomalé rychlosti vidíte, že paprsek jede jako když se píše zleva do prava, rychle přeběhne zpět a pak zase znovu píše zleva doprava a tak se to stále opakuje. Při vyšší rychlosti už je vidět rychle kmitající vodorovná čára a při ještě vyšší rychlosti už oko pohyb vnímá jako souvislou čáru. Druhý extrém je při zobrazení signálu, kdy vidíte na obrazovce několik period, při dalším přepnutí jich je zobrazeno víc a při ještě vyšší rychlosti stačí osciloskop zobrazit tolik period vedle sebe, že je vnímáte jako souvislý světlý pás.

Synchronizace

c) Vraťme se zpět k zobrazení několika period signálu. Obrázek by měl být pěkně zastavený, ale někomu pluje po obrazovce nebo je vidět několik přes

sebe rozkmitaných nepokojných křivek, které vůbec nejsou k pozorování. To je proto, že když paprsek dojde na konec obrazovky a přebíhá znovu na začátek, nezačíná znovu na začátku průchodem nulou, ale tam, kde právě je. To napravuje synchronizace, důmyslný obvod, který spouští nové zobrazení až při průchodu signálu „nulou“. Nastavení synchronizace je ještě jednodušší než její vysvětlení. Knoflíkem synchronizace SYNC nebo LEVEL (úroveň velikosti signálu, při kterém se zobrazení signálu synchronizuje) pootočíme tak, až se obrázek zastaví. A ještě k tomu se u některých osciloskopů u tohoto knoflíku rozsvítí LED. Protože synchronizace může být ovládaná i z venku - externě nebo zevnitř - interně, stiskneme přepínač do polohy INT (pomůcka - interna v nemocnici je pro vnitřní nemoci).

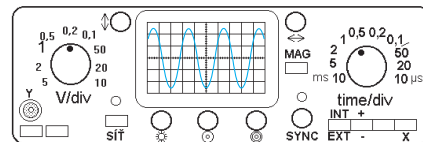


Obr. 6 – Vysvětlující obrázek k měření amplitudy a periody

Nastavení obrazu

d) Další ovládací prvky jsou buď označeny piktogramy - sluníčko je jas, soustředné kroužky jsou zaostření a podobné soustředné mezikruží je astigmatismus, což je také druh zaostření. Těmito třemi prvky si nastavíme stopu tak, aby byla ostrá a ne moc široká. Nejprve si stáhneme jas tak, aby byla stopa paprsku přiměřeně vidět a potom jí oběma knoflíky zaostření zaostříme, případně doostříme až při zobrazení signálu po celé ploše obrazovky.

Celý obrázek si můžeme posunout knoflíky se šipkami nahoru-dolů a vlevo-vpravo. Jako pomůcka slouží vypínač signálu, nenápadné tlačítko někde u vstupního konektoru označené 0. Přitom si můžeme stopu nastavit přesně na prostředek obrazovky nebo vůbec stopu najít, když je někde „za rohem“, tedy mimo stínítko, buď někde nahoře (dole) nebo vpravo. To bylo dalších osm ovládacích



Obr. 7 – Ilustrativní zobrazení ovládacích prvků obecného osciloskopu

prvků a to nepočítáme ještě síťový vypínač, který bereme jako úplnou samozřejmost.

Pamatuj: při přerušení měření během dne není nutné osciloskop vypínat, ale je třeba stáhnout jas, aby paprsek nevypaloval svou stopu do stínítka, což se projeví „slepu“ vodorovnou čárou uprostřed obrazovky. To je jedna z prvních věcí, které si všimnete při koupi staršího osciloskopu a tomu by potom měla odpovídat i cena.

Další prvky

e) Ještě pro úplnost si řekneme něco o dalších ovládacích prvcích.

MAG je magnifier - tedy časová lupa, kdy si můžete určitou část zobrazené křivky „roztáhnout“ a pozorovat nějaký určitý detail, zákmit, přechod, nebo prostě cokoliv.

X je horizontální obrazový zesilovač, který se používá ke zvláštnímu zobrazení, při kterém je ale vypnutá časová základna. Jestliže budete mít na osciloskopu stále svislou čáru uprostřed ať děláte, co děláte, podívejte se, jestli jste náhodou nevypnuli časovou základnu.

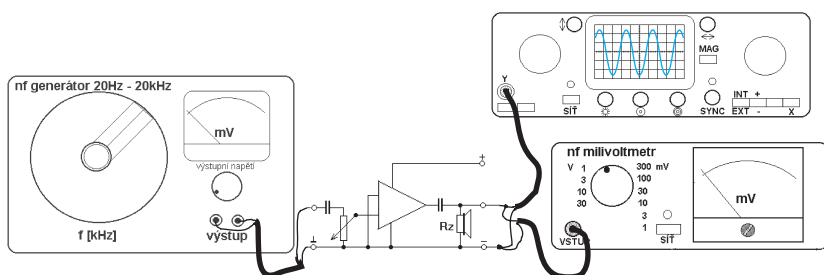
+ - určuje, jestli bude zobrazení začínat kladnou nebo zápornou půlvlnou.

AUTO u některých osciloskopů zapíná synchronizaci.

Vstup osciloskopu

Na vstupu osciloskopu je obvykle souosý konektor, ke kterému se připojuje kabel, zakončený dvěma banánky, z nichž jeden je živý. Jestliže se ho budeme dotýkat rukou, bude osciloskop reagovat „jako živý“ - na obrazovce se bude objevovat vlnící se křivka. Na druhý můžete sahat jak chcete, nic se neděje, je připojený na kostru osciloskopu, na zem, „na minus“. Živý bývá někdy červený, což je barva ohničku a zem zelený, což je barva trávy, nebo černý s barvou hlíny, atd., určité na vhodné pomůcky pro zapamatování přijdete sami.

POZOR! při připojení osciloskopu na zesilovač, který má jeden přívod reproduktoru na zemi a druhý „živý“, musíte „zem“ osciloskopu také připojit na zem!!! Tři vykřičníky jsou málo. Kdo to splete a má zesilovač napájený ze zdroje, který má mínus zdroje také připojený na zem, zkratuje si výstup zesilovače a jde kupovat nový IO.



Obr. 5 – Praktické zapojení podle obr. 4

Pozor při měření zesilovače, zapojeného do můstku, kdy ani jeden z přívodů na reproduktor není spojen se zemí. Jakmile zem osciloskopu připojíte na kterýkoliv z těchto přívodů, zase ho zkratujete a máte o zkušenost víc. To je jenom varování pro pokročilé.

Označování vstupů

Z geometrie víme, že vodorovnou osu označujeme x a svislou osu y. Ve vodorovném směru nám paprsek vychyluje časová základny a ve svislém směru vertikální zesilovač. Vstupní konektor tedy bývá označen Y.

To je pro jednopaprskové osciloskopy. Jestliže máme dvoupaprskový osciloskop, má dva vstupní zesilovače označené A a B a také dva vstupy A a B a když už je to tak, bývá i vstup jednopaprskového osciloskopu někdy označován písmenem A. Kdo má dvoupaprskový osciloskop a chce měřit jako na jednopaprskovém, prostě stiskne přepínač A a bude pozorovat pouze jednu stopu. Druhou je možno odvést někam z cesty, třeba dolů.

Před vlastním měřením je vhodné udělat si malý nácvik obsluhy generátoru a osciloskopu třeba hrou. Jeden šibal přepne přepínače do různých poloh a druhému řekne, aby mu zobrazil například signál s kmitočtem 1kHz a amplitudou 600 mV. Druhý do hry nejdříve zapne oba přístroje, zapne kabel osciloskopu na výstup nf generátoru na generátoru nastaví požadovaný kmitočet a hrubě velikost výstupního signálu na osciloskopu najde na obrazovce stopu a nastaví ji doprostřed, zaostří a nastaví vhodný jas zkontroluje že není vypnutý vstup 0 přepínačem vstupního zesilovače V/div nastaví velikost obrázku

zapne vnitřní synchronizaci INT a knoflíkem SYNC obrázek zastaví přepínačem časové základny time/div nastaví počet period (2-3) výstupním napětím generátoru nastaví požadovanou velikost amplitudy, kterou průběžně měří pomocí rastru na obrazovce a polohy přepínače V/div.

A pak si úkoly obrátí. Tak si to krásně procvičíte a můžete přikročit k vlastnímu měření.

Měření zesilovače

Na vstup zesilovače připojíme nf generátor a na výstup osciloskop. Znovu: zemní přívod na zem, živý na výstup! Na nf zesilovači nastavíme kmitočet 1kHz. Nikdo vám ho nevnučuje, ale lidské ucho slyší kmitočty v rozsahu asi od 20 Hz do 20 kHz, tedy od hloubek až po výšky a 1kHz pro nás může představovat středy a navíc je to kulaté číslo. Samozřejmě můžeme zesilovač přezkoušet v celém přenosovém pásmu, ale kmitočtovou charakteristiku změříme až po základním měření. Ke změření výstupního napětí a vstupního napětí ale nepoužijeme osciloskop. Drahé digitální osciloskopy sice na obrazovce zobrazí naměřené hodnoty číselně, ale „sílu signálu“ můžeme naměřit levněji.

Nízkofrekvenční milivoltmetr

Napětí měříme voltmetrem. Obvyklé voltmetry měří napětí stejnosměrné nebo střídavé a jsou cejchované pro síťový kmitočet 50 Hz. Protože měřený signál je v nízkofrekvenčním rozsahu 20 Hz až 20kHz, použijeme nízkofrekvenční voltmetr. Obvyklé voltmetry měří napětí v rozsahu od 1 V do 300 V. My potřebujeme měřit i v rozsahu milivoltů a tak se tedy náš měřicí přístroj jmenuje nízkofrekvenční milivoltmetr a někdy se

označuje NFmV metr. Opět je to na první pohled skříňka se vstupním konektorem pro kabel se dvěma přívody - zemním a živým, měřidlem se stupnicí a přepínačem rozsahů a vypínačem.

Měří se stejně jako u jakéhokoliv voltmetru. Před měřením se přepne na nejvyšší rozsah, připojí na měřený objekt, zvolí vhodný rozsah, přečte naměřená hodnota a pak zase přepne na velký rozsah, aby se při příštím měření většího napětí, než je nastavený rozsah, měřicí přístroj nezničil.

Domácí úkol: zkuste se podívat na libovolný osciloskop, který uvidíte ve škole, v časopisu, katalogu, z výlohou, na výstavě a pokuste se najít ovládací prvky, které znáte. Pokud máte možnost si i „sáhnout“, budete o zážitek bohatší a zjistíte, že všechny osciloskopy mají mnoho věcí podobných a že pro vás nebude problém je poznat a používat.

Slovníček

AF - audio frequency - nízkofrekvenční kmitočet	
AV - audio voltmeter - nízkofrekvenční voltmetr	
AF generator - nf generátor	
oscilloscop - osciloskop	
brightness - jas	
focus - zaostření	
astigmatismus - astigmatismus	
horizontal - horizontální - vodorovný	
vertical - vertikální - svislý	
synchronization - synchronizace	
CRT - cathode ray tube - obrazovka	
magnifier - časová lupa	
mains - síť, síťový vypínač	
power - napájení, síťový vypínač	
internal - interní - vnitřní	
external - externí - vnější	
level - úroveň (spouštění synchronizace)	

Měření nf zesilovače

nová slova: výstupní výkon, limitace, vstupní napětí

„Jaký máš zesilovač?“

„Dvacetiwattový.“

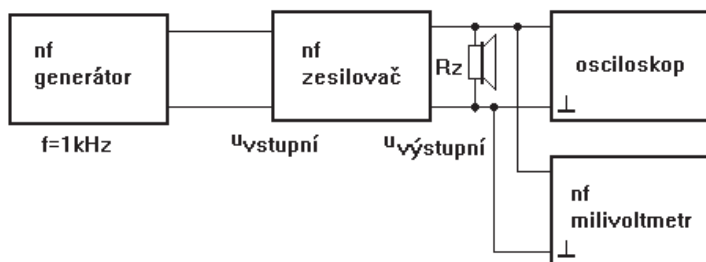
Z praktického hlediska nás bude zajímat především :

výstupní výkon

maximální vstupní napětí

maximální odběr proudu

Výkon je první údaj, který se u nf zesilovače obvykle uvádí i když ostatní jsou neméně důležité a k nim postupně také dojdeme.



Obr. 1 – Zapojení měřících přístrojů pro měření výkonového nf zesilovače

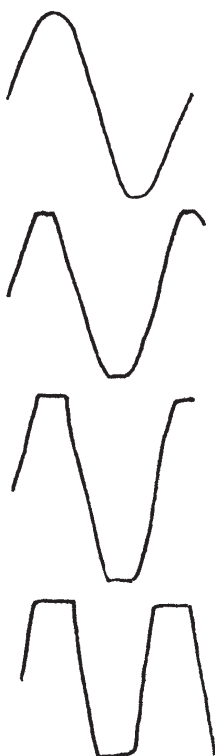
31. díl

Měřicí přístroje zapojíme podle popisu v minulém čísle. Dbáme přitom na zásady:

Na napájení stačí běžné propojovací kablíky ale pro přívod signálu musí být použity stíněné kablíky, viz [1] str. 25, tedy od nf generátoru ke vstupu zesilovače a od výstupu zesilovače k osciloskopu a nf milivoltmetru.

Na „živý“ výstup zesilovače nesmí být připojen přívod od uzemněného stínění, viz [2] str. 35 (výstup by se zkratoval na zem).

Kabely musí být připojeny tak, aby nedošlo ke zkratu mezi banánky nebo krokodýlky ani při dotyku ani samovolným pohybem ohebného kabelu.



Obr. 2 – a) Čistý sinusový průběh signálu, b) počátek limitace, c) limitace, omezený signál, d) silně limitovaný průběh

Bývá dobré si ještě před měřením měřicí přístroje vyzkoušet, nastavit, zvlášť ve školách, kdy ovládací prvky zůstanou nastavené nějak od posledního měření, nebo si s nimi někdo ještě hrál a „všechno je jinak“. Není na škodu si celé zapojení vyzkoušet bez zesilovače, a teprve potom se zesilovačem.

S nf milivoltmetrem zacházíme jako s obvyklým voltmetrem - po skončení měření ho vždy přepneme na nejvyšší rozsah, jinak riskujeme uražení ručičky nebo zničení voltmetru.

Postup

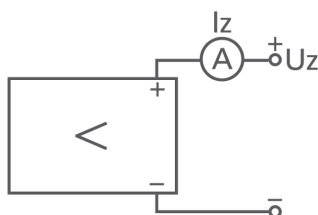
přístroje zapojíme podle schematu (viz obr. 1)
na nf generátoru nastavíme kmitočet $f=1\text{kHz}$ (viz [2])
výstupní napětí generátoru nastavíme na minimum
potenciometr hlasitosti zesilovače nastavíme na maximum
nf milivoltmetr přepneme na nejvyšší rozsah
zapojení zkontrolujeme
teď teprve zapneme napájení.

Limitace

Výstupní napětí z generátoru postupně zvyšujeme a na obrazovce osciloskopu sledujeme tvar signálu na výstupu zesilovače. Tvar by měl být čistě sinusový, nezkreslený. Velikost amplitudy se bude zvětšovat až do určité hranice, kde

se signál jakoby zarazí o nějakou neviditelnou překážku. Už se nezvyšuje, ale tvar se omezuje. To je maximum, kterého můžeme dosáhnout. Už i sluchem můžete postřehnout změnu zabarvení zvuku. Kdybychom přidávali dále, ořezával by se tvar sinusovky stále víc, blížil by se až obdélníkovému průběhu a zvuk vycházející z reproduktoru by se zřetelně změnil. Při reprodukci hudby nebo řeči je toto zkreslení ještě znatelnější, nepříjemné až k neposlouchání.

Výstupní úroveň signálu z nf generátoru nastavíme jenom tak velikou, aby výstupní napětí zesilovače bylo co největší, ale na pohled ještě nezkreslené, neomezené. Tím jsem dosáhl maxima, za kterým by už došlo k omezení - limitaci (viz obr. 2).



Obr. 3 – Při měření odběru proudu zesilovače ze zdroje prostě dp napájení vřadíme ampérmetr

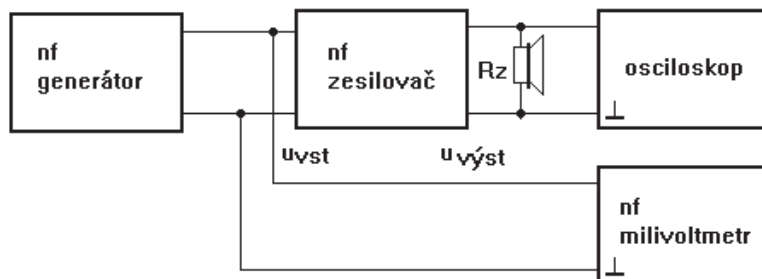
Změříme:

$U_{\text{vst max}}$ - maximální vstupní napětí
 $U_{\text{vst max}}$ - maximální vstupní napětí

Oba údaje nás velice zajímají. Ale u koncového zesilovače jsme nejdříve zvědaví na výstupní výkon. Změřili jsem výstupní napětí. Známe impedanci reproduktoru - bývá na něm napsaná nebo můžeme zkusit ohmmetrem změřit ohmický odpor a počítat alespoň s ním nebo si docela jednoduše uvědomíme, že reproduktory mívají obvykle 4ohmy, méně často 8ohmů (sluchátka k walkmanu 16 ohmů, méně často 32 ohmů), ale vyskytují se i jiné impedance (25 ohmů, 90 ohmů atd). Pro jednoduchost bude me uvažovat 4 ohmy.

Výstupní výkon

Známe vzoreček pro výpočet výkonu
 $P = U \times I$



Obr. 4 – Při měření vstupního napětí prostě nf milivoltmetr připojíme na vstup zesilovače

proud I neznáme, ale víme, že se vypočte podle Ohmova zákona

$$I = U/R$$

Takže do prvního vzorce dosadíme místo I zlomek U/R a získáme upravený vzoreček

$$P = U^2/R \text{ (tedy } U \text{ na druhou lomeno } R)$$

Pro náš případ ho jenom trošičku doplníme

$$P_{\text{výst}} = U_{\text{výst}}^2/R_z \text{ kde}$$

$P_{\text{výst}}$ je výstupní výkon

$U_{\text{výst}}$ je výstupní napětí - jedná se o střídavé, efektivní napětí

R_z je zatěžovací odpor, impedance reproduktoru

Příklad:

Na zesilovači s TDA2822M z Radio plus č.3/99 str. 333 [3] naměříme například výstupní napětí 3,2V

použitý reproduktor má impedanci 4ohmy počítáme

$$P_{\text{výst}} = 3,2^2/4$$

$$P_{\text{výst}} = 10,2/4$$

$$P_{\text{výst}} = 2,55 \text{ [W]}$$

Odběr proudu

Odběr proudu nás zajímá kvůli volbě napájecího zdroje, zda bude stačit napájení z baterie nebo z malého síťového adaptéru, nebo jak bude muset být dimenzovaný síťový transformátor a celý zdroj. Takže při měření limitace při jednom naměříme i odběr proudu. Prostě do přívodu napájení vřadíme ampérmetr a při plném výkonu přečteme velikost maximálního proudu.

A pár výpočtů jen tak mimochodem

Zesílení

$$A = U_{\text{výst}}/U_{\text{vst}}$$

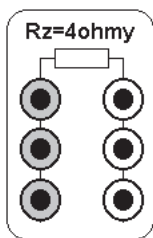
A je bezrozměrné číslo, které udává, kolikrát je výstupní napětí větší než vstupní, čili, kolikrát je vstupní napětí zesílené.

Pokud chcete zesílení převést na dB, použijeme vzorec

$$A[\text{dB}] = 20 \cdot \log(U_{\text{výst}}/U_{\text{vst}})$$

Příkon

$$P_{\text{napájení}} = U_{\text{napájení}} \cdot I_{\text{max}}$$



Obr. 5 – Jednoduchý přípravek – zatěžovací odpor

Unapájení je napětí zdroje, I_{max} je maximální odběr proudu při vybuzení na plný výkon.

Účinnost

Účinnost je podíl výstupního výkonu a příkonu. Toto číslo se násobí 100 a uvádí se v procentech a označuje se řeckým písmenem η .

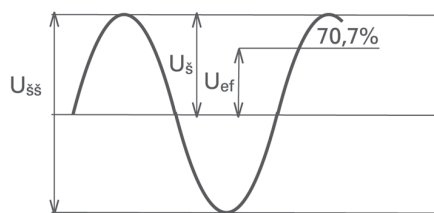
$$\eta = (P_{výstupní} / P_{napájení}) \times 100 [\%]$$

Zatěžovací odpor

Pokud měříte koncový zesilovač, který má na výstupu připojený reproduktor, poznáte sami, že vám hlasitý řev vadí a sami co nejrychleji doměříte a hlasitost stáhnete na přijatelnou hlasitost úrovní signálu z generátoru nebo regulátorem hlasitosti zesilovače. Proto se při měření výkonových zesilovačů místo reproduktorů používá umělá zátěž - zatěžovací odpor.

Zatěžovací odpor si můžete vyrobit z nějakých výkonových rezistorů seřazených paralelně tak, aby výsledná rezistivita byla 4 ohmy nebo 8 ohmů a aby takováto kombinace snesla požadovaný výkon. Výstupní výkon musí vydržet i reproduktory. Kdo chce, může obětovat miniaturní nebo čtvrtwattový rezistor 4 ohmy připojený místo reproduktoru. Při vybuzení zesilovače na větší výkon, než rezistor snese, nejdříve ucítíte zvláštní zápach, při doteku zjistíte, že rezistor hřeje, pak uvidíte, že začíná na prostředku hnědnout, černat, páli se, stoupá proužek dýmu, je cítit zápach a pak rezistor zčerná a přeruší se.

Pamatuj: přepálený rezistor nepředstavuje zkrat, naopak, má nekonečný odpor-rezistivitu. Všimnete si, že už ani nezjistíte jeho původní hodnotu, čárový



Obr. 6 – Špičková hodnota je polovina napětí mezi oběma špičkami. Efektivní napětí je asi 70,7 % ze špičkové hodnoty napětí

kód nebo číselná hodnota jsou nečitelné. To je jen tak na okraj pro další zkušenosti.

Za korunu jste získali další cennou zkušenost, že použitý reproduktor musí výkon zesilovače snést. Jestliže použijete reproduktor z malého tranzistorového přijímače určený například pro výkon 1 W k zesilovači s výstupním výkonem až 5 W nebo i víc, přepálí se cívka v reproduktoru stejně jako v případě s rezistorem. Takže při koupi reproduktoru je první údaj jeho impedance - například 4 ohmy a další je výkonové zatížení, které snese například 10 W.

V katalogu GM elektronik (viz. [4]) najdete rezistory které se hodí jako zatěžovací odpor.

Například:

drátové rezistory v keramickém pouzdru 4 nebo 8 ohmů na 20 W, případně rezistory na 5 W, s hodnotami v řadě E12, nebo metaloxidové na 2W s hodnotami v řadě E12.

Pamatujete? V řadě E12 je dvanáct hodnot

1,0 - 1,2 - 1,5 - 1,8 - 2,2 - 2,7 - 3,3 - 3,9 - 4,7 - 5,6 - 6,8 - 8,2.

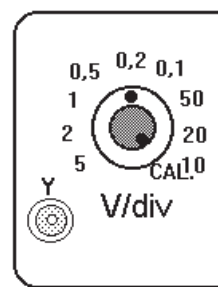
Z praktických důvodů bývá užitečný přípravek - krabička s rezistorem a zdírkami pro přívody k zesilovači a měřicím přístrojům.

Klidový stav

Klidový stav představuje zesilovač bez signálu. Měření je velice snadné. Po naměření maximálních hodnot prostě odpojíme od vstupu nf generátor. Z reproduktoru by nemělo být nic slyšet, ale u některých zesilovačů slyšíme lehký brum nebo šum. Osciloskop přepínáme na větší a větší citlivost, až uvidíme, že rovná čára je trošičku roztržená, případně je vidět celý třepatající se pásek, reagující na jakékoliv přiblížení ruky ke vstupu zesilovače. To co vidíme lze případně i orientačně změřit nf milivoltmetrem. Napětí, které naměříme je t.zv. šumové nebo brumové napětí. Jestliže je milivoltmetr cejchován také v dB, můžeme tuto hodnotu přechíst jako napětí ve V nebo jako úroveň v dB. Přitom také můžeme změřit klidový odběr proudu, který nám říká, jak velký proud zesilovač odebírá v „nečinnosti“ bez signálu. Naměřené hodnoty zapíšeme jako $U_{šum}$ I_{klid} .

Pamatuj: po skončení měření přepne ampérmetr i nf milivoltmetr na největší rozsah, kdo to neudělá, riskuje zničení a až asi koupí nový, bude si to dlouho pamatovat.

Vypadá to složité? Vůbec ne, zesilovač můžete změřit během dvou minut.



Obr. 7 – Rozsahy přepínače odpovídají pouze při nastavení potenciometru do polohy CAL

Všechny naměřené hodnoty si zapíšeme do sešitu a hlavně také uvedeme: jaký zesilovač měříme,

Uzdroje - napájecí napětí

R_z - zatěžovací impedanci

f - kmitočet, při kterém měříme

Měření vstupního napětí

Vstupní napětí můžeme změřit u některých nf generátorů přímo na jeho vestavěném měřidle nebo docela prostě nf milivoltmetr odpojíme od výstupu a připojíme ke vstupu.

Měření výstupního napětí

Pokud nemáme nf milivoltmetr, pomůžeme nám v nouzi i voltmetr přepnutý na střídavé rozsahy. Jsou sice cejchované na měření efektivní hodnoty při kmitočtu 50Hz (tedy kmitočtu elektrorozvodné sítě) ale například u ručkového měřidla DU10 bylo měření na kmitočtu 1kHz stále v uvedené toleranci.

Měření osciloskopem

Při zobrazení průběhu napětí na osciloskopu můžeme změřit velikost amplitudy, tedy napětí od vrcholu kladné půlvlny k vrcholu záporné půlvlny, t.zv. mezivrcholové napětí U_{mv} , které se dříve uvádělo jako napětí Ušš - tedy napětí špička-špička, v anglosaské literatuře uváděné jako V_{pp} nebo slovně jako $V_{peak-to-peak}$.

Z elektrotechniky a fyziky víte, že špičková hodnota jedné půlvlny je tedy $U_{mv}/2$ a efektivní hodnota je špičková hodnota krát odmocnina ze dvou dělená dvěma, což se dá vyjádřit jako

$$U_{ef} = 0,707 \times U_{mv}/2$$

Pozor, u osciloskopu je na přepínači vstupního napětí ve V/dílek ještě knoflík pro jemné nastavení zesílení. Údaj na přepínači platí pouze při vytočení tohoto knoflíku na maximum, do polohy označené CAL - calibrated - kalibrováno. Případně mají některé osciloskopy ještě t.zv. kalibrační napětí. Moderní osciloskopy přímo na obrazovce ukáží naměřené hodnoty zobrazeného signálu.

Například:

velikost amplitudy je velká 3 dílky po 0,2 V tedy 0,6 V což je 600 mV

špičkové napětí je 600/2 tedy 300 mV
efektivní hodnota je $0,707 \times 300 = 212,1$ [mV]

To by měla být hodnota, kterou naměříte na milivoltmetrem.

Co když nemáme osciloskop?

Budete-li se při měření limitace dívat na tvar signálu na osciloskopu, zjistíte, že již počáteční limitaci poznáte sluchem. Ještě víc se zkreslení přebuzením projeví při reprodukci hudby nebo slova. Limitace je pro vás tam, kde už by začínalo slyšitelné zkreslení. V profesionálních podmínkách se maximální výkon stanovuje pro zkreslení 10 %, což je dost barbarské, protože to je tak asi největší přijatelné zkreslení. U kvalitních zesilovačů se maximální zesílení uvádí pro maximální zkreslení 1 % a u nejkvalitnějších se u jmenovitého maximálního výkonu pouze uvede maximální zkreslení.

V nejprostších podmínkách si u zesilovače můžete změřit alespoň výstupní

výkon změřením výstupního napětí na reproduktoru střídavým voltmetrem a výpočtem podle uvedeného vzorečku.

Poznámka:

Vstupní a výstupní napětí se v literatuře označuje různě:

u1 u2
uvst uvyst
Uvst Uvyst
vi vo (voltage input, voltage output)
ue ua (u eingang u ausgang)

v našem výkladu pro přehlednost použijeme místo číselných indexů zkratky, např. u Pvyst.max. je na první pohled zřejmé, že se jedná o maximální výstupní výkon. Až problém pochopíte, můžete použít jakýkoliv index nebo při počítačovém zápisu libovolnou proměnnou.

Měřicí přístroje můžete využít ve školních dílnách nebo laboratořích (i s radou a pomocí učitelů nebo mistrů), na pracovišti v zaměstnání, někde vás nechají změřit hodní lidé v servisu, případně si můžete docela levně koupit použité měřicí přístroje ve výprodeji, na inzerát, nebo nové kvalitní od různých firem.

Odkazy na literaturu:

- [1] Rádio plus 12/97
- [2] Rádio plus 6/99
- [3] Rádio plus 3/99
- [4] katalog GM elektronik 1999 str. 17,18

trocha slovíček

anglicky:

amplifier	- zesilovač
audio amplifier	- nf zesilovač
amplification	- zesílení
loudspeaker	- reproduktor (úplný název)
speaker	- reproduktor (zjednodušený název)
phones	- sluchátka
power	- výkon, příkon
power consumption	- příkon
output power	- výstupní výkon
load	- zátěž
input	- vstup
output	- výstup
output voltage	- výstupní napětí

německy:

eingang	- vstup
ausgang	- výstup
spannung	- napětí

Takový šikovný zesilovač!

nová slova: vstupní citlivost, vstupní úroveň

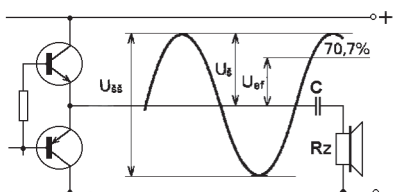
V Radio plus - KTE č.2/1999 na straně 7 a 8 (viz [1]) je zesilovač - stavebnice č. 396, který báječně pomůže k dalším experimentům s dobrým koncem, neboť je plně prakticky využitelný jako přídatný zesilovač pro

- walkmana
- CD přehrávač
- CD-ROM
- zvukovou kartu PC
- tape deck
- gramofon, atd.

POZOR!!!

Před jakýmkoliv připojováním čehokoliv na výstup vašeho domácího zařízení si to stokrát rozmyslete a raději stejně nic nepřipojujte, abyste si nezkratovali výstup. Zničili byste si drahé zařízení. Pokud přesto chcete pokračovat, použijte originální konektory, necpěte do konektorů žádné drátky!!!

K začátečnickým pokusům raději použijte nějakého vyřazeného walkmana a přesto dbejte, abyste někde drátky na druhém konci kablíku nezkratovali.



TDA2822M

Podle popisu z minulého čísla si zesilovač změříme a přizpůsobíme.

Můžeme postupovat:

- a) ryze prakticky
- b) bádavě.

Výstupní výkon

a) Zesilovač připojíme k walkmanu, CD přehrávači - diskmanu, zvukové kartě počítače, atd.

Nastavíme takovou hlasitost, aby zvuk byl co nejsilnější a ještě nezkreslený. Změříme výstupní napětí na reproduktoru a vypočítáme výstupní výkon. Impedance reproduktoru na něm bývá napsaná, nebo budeme počítat se 4 ohmy.

Případně můžeme použít jiné napájecí napětí, ale pozor, jen takové, aby ho zesilovač vydržel. A znovu vypočítáme výstupní výkon. Praktika mnohdy ani víc nezajímá a zesilovač prostě používá.

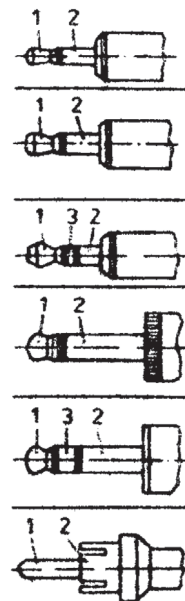
b) Zesilovač a měřicí přístroje zapojíme podle popisu z minulého čísla, připojíme napájecí napětí 6 V. Zjistíme kdy začíná limitace a změříme

- maximální výstupní napětí $U_{vyst.}$
- maximální vstupní napětí $U_{vst.}$
- maximální odběr proudu $I_{max.}$

Měření můžeme provést

- nejdříve naprázdno bez reproduktoru
- s reproduktorem 4 ohmy
- s reproduktorem 8 ohmů

- 1 - L
- 2 - zem
- 3 - P



Konektory

- a) průměr 2,5 mm mono
- b) průměr 3,5 mm mono
- c) průměr 3,5 mm stereo
- d) průměr 6,3 mm mono
- e) průměr 6,3 mm stereo
- f) cinch

- nebo „co dům dal“

Měření provedeme s napájecím zdrojem, který budeme chtít pro zesilovač používat, kdo má nastavitelný zdroj, může měřit při napětí:

- 6 V
- 9 V



32. díl



nebo si zkusit, při jakém nejmenším napětí ještě zesilovač pracuje. To pro případ, kdy se zesilovač napájí z baterie, která se postupně vybíjí, abychom věděli, do jakého napětí ještě bude zesilovač pracovat.

Nemáte pro pokusy reproduktor 8 ohmů? Stavíte stereofonní zesilovač a tak máte přeci dva 4ohmové. Zapojte je do serie.

Máte dva 8 ohmové? Zapojte je paralelně, výsledná impedance bude 4 ohmy.

Zkušební vzorek pro měření byl zapojen podle aplikačního firemního schématu (viz obr. 1) uvedeného v katalogu Philips nebo v katalogu GM elektronik [3]. Pro pokus stačí zapojení na nepájivém kontaktním poli.

U zkušební vzorku byly naměřeny tyto hodnoty:

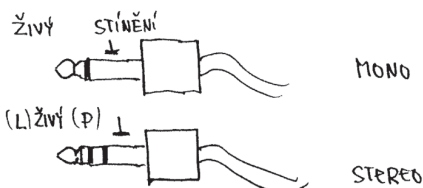
U _{zdroje} [V]	U _{vst} [mV]	U _{vyst} [V]	P _{vyst} [W]
naprázdno (bez reproduktoru)			
6 V	17	1,75	
9 V	32	2,8	
8 ohmů			
6 V	11	1,2	0,18
9 V	20	2,2	0,605
4 ohmy			
6 V	11	1,2	0,36
9 V	17	2,0	1,0

Výkon jsme samozřejmě neměřili, ale vypočítali podle vzorečku $P = U \cdot I$ kde I sice neznáme, ale víme, že $I = U/R$ a tak si to U/R dosadíme do původního vzorečku místo I a máme vzoreček $P = U \times U/R$ což je $P = U^2/R$.

Poučení:

1. Maximální rozkmit napětí, tedy amplituda špička-špička je vždy o trochu menší než napájecí napětí. Při menším napájecím napětí je menší a při větším napětí větší. Logické, že? Jesliže tedy chceme zesilovač s větším výkonem, musíme použít větší napájecí napětí. Ale jenom takové, aby ho zesilovač vydržel.
2. Jestliže použijeme reproduktor s větší impedancí, bude výkon nižší a naopak, jestliže použijeme reproduktor s nižší impedancí, bude výstupní výkon vyšší.

Ale pozor, výstupní impedance se nesmí snižovat na menší hodnotu než je určená, protože by se zesilovač přetížil a zničil. Každý zesilovač je obvykle navr-



žen pro určitou zatěžovací impedanci a je dobré ji dodržet.

Zesílení

Zesilovač má určité zesílení. U našeho zesilovače jsme naměřili vstupní i výstupní napětí a tak můžeme vypočítat zesílení, například při 9 V a zatížení 4 ohmy bylo vstupní napětí $U_{vst} = 11$ mV a výstupní napětí $U_{vyst} = 1,2$ V. Při výpočtu převedeme výstupní napětí také na milivoly a vypočteme zesílení

$$A = U_{vyst}/U_{vst}$$

$$A = 1200/11$$

$$A = 109,09$$

tedy asi 100. Toto číslo je nám prakticky skoro k ničemu, nás zajímá hlavně to, proč se při zapojení tohoto zesilovače k walkmanu ozývá příšerný zkreslený zvuk, ze zvukové karty PC je to to samé. Jenom při zeslabení na minimum je to v pořádku. Co to je?

Vstupní citlivost

Zkusíme změřit výstupní napětí z walkmana. Ejhle, při běžné hlasitosti je napětí na výstupu pro sluchátka asi 100 až 150 mV, naplno skoro až 400 mV. Z kazetového přehrávače nazývaného tape deck je výstupní napětí při nejhlasitějších pasážích také až 200mV. Ze zvukové karty PC při plném zesílení až asi 800 mV. Z mixážního pultu až 1,55 V.



Náš zkušební zesilovač má ale maximální vstupní napětí pro plné vybuzení až do limitace pouze asi 11 až 20 mV (podle zvoleného napájecího napětí a zatěžovací impedance reproduktoru). Zesilovač je třeba zdroji signálu přizpůsobit.

Vstupní dělič napětí

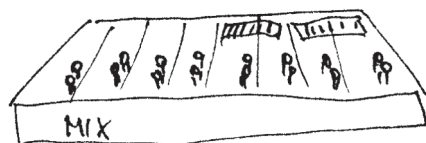
Celou problematiku si zjednodušíme pro náš případ - chceme připojit zdroj signálu s úrovní až do 200mV ke vstupu zesilovače s citlivostí pro plné vybuzení 20 mV. Náš zesilovač je příliš citlivý, vstupní napětí je očividně 10x větší než je zapotřebí. V [1] Radio plus - KTE č. 2 je vtipně na vstupu zapojen ještě rezistor 100k který s rezistorem 10k tvoří dělič napětí. Je to jakoby pevně nastavený potenciometr. (viz obr. 2) Bystré hlavy vypočítají maximální vstupní napětí podle vzorečku, ostatní mohou uvažovat logicky. Na rezistoru 10k je maximální vstupní napětí 20 mV. Na rezistoru 100k je napětí

200 mV, takže na tento vstup zesilovače lze přivést maximální vstupní napětí $200 + 20 = 220$ mV. Pokud chcete citlivost snížit ještě víc, například pro vstupní napětí až 800mV, použijete rezistor 390k.

Takže citlivost zesilovače je vstupní napětí pro určitý výkon, vstupní napětí pro plné vybuzení koncového zesilovače, vstupní napětí předzesilovače pro určité standardní výstupní napětí atd.

Ryze prakticky

bez jakéhokoliv měření docela jednoduše na vstup připojíte trimr nebo potenciometr a nastavíte ho tak, až ani při plném vybuzení nedochází ke slyšitelnému zkreslení. Odpojte ho, změřte a nahradíte rezistorem nejbližší hodnoty.



Závěr?

Zesilovač se báječně hodí ke zvukové kartě PC, můžete použít jakékoliv reproduktory, třeba i „bedny“ které máte doma. Hodí se k diskmanu - přehrávači CD, nebo k přehrávání na mechanice CD-ROM. Tu stačí připojit na napájecí napětí, vpředu má sluchátkový výstup a máte přehrávač CD. Dnešní CD-ROM jsou označeny 40x. To je pro počítačová data. Pro přehrávání zvukového CD na této rychlosti nezáleží. Můžete si velmi lacino koupit starší, pomalejší, které mnohdy leží někde vyřazené, nepoužívané. Nebojte se experimentovat.

LM386

Z pokusů v 12. části Malé školy [2] máte LM386, je také použitý ve stavebnici č. 385 v [5]. Schema je na obr. 3. Pro porovnání uvádíme naměřené hodnoty vzorku:

Uzdroje [V]	uvst [mV]	uvyst [V]	Imax [mA]	Pvyst [mW]
naprázdno (bez reproduktoru)				
6 V	80	1,7		
9 V	130	2,6		
12 V	370	3,6		
8 ohmů				
6 V	115	1,3	70	210
9 V	200	2,2	110	605
12 V	280	2,9	150	1050
4 ohmy				
6 V	130	1,3	130	420
9 V	180	1,8	140	810
12 V	190	2,1	200	1100

Takto zapojený zesilovač má menší vstupní citlivost, lze ho připojit přímo k walkmanu, diskmanu atd.

Vidíme, že při větším napájecím napětí dává větší výkon.



Jak to, že výstupní napětí nemůže být větší? Proč dochází k limitaci? Podívejte se na obr. 3. Rozkmit, amplituda, napětí mezi oběma vrcholy sinusovky musí být menší, než je napájecí napětí, protože ještě nějaké napětí zůstává na koncových tranzistorech v integrovaném obvodu. A efektivní napětí, které měříme, vidíte na obrázku.

Pro jak velkou úroveň má být zesilovač postaven?

1 až 5 mV dynamický mikrophon

200 mV výstup z gramofonu, magnetofonu „cívkového“ i t.zv. „tape decku“ - kazetového přehrávače bez koncového zesilovače, t.zv. „diodový výstup“ z rozhlasového přijímače, a další.

0,775 V je normovaná úroveň t.zv. „nula decibel“, což si zaslouží další vysvětlení, mnohdy se jí používá u výstupu ze zvukové karty PC, u mixážních pultů a zvláště v telefonii atd.

1,55 V je dvojnásobek, čili +6 dB, je to t.zv. linkový výstup pro rozvody signálu.

0,2 až 1 V různé výstupy pro sluchátka (s různou impedancí)

20 až 200 mV snímač na kytaru, někdy mívá i vlastní předzesilovač na normovanou úroveň.

Zvláštní je možnost připojit se na sluchátkový výstup z walkmana, diskmana - přehrávače CD, na CD-ROM v počítači, televizor, televizní hry, malé klávesy CASIO atd.

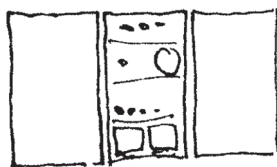
Domácí úkol:

a) Zkuste si vypočítat, jaké je výstupní napětí do 16 ohmových sluchátek walkmana při výkonu 1 mW

b) Zkuste si vypočítat, jaký je výstupní výkon do 16 ohmových sluchátek diskmana, jestliže na výstupu naměříte například 300mV

Stejným způsobem můžete postupovat u různých koncových zesilovačů i předzesilovačů. Tento výklad se vám hodí například při stavbě zesilovačů z Radio plus - KTE [4], [5], [6], [7], [8], [9].

V katalogu nebo literatuře [10] se obvykle uvádějí typické parametry, které vám obvykle dostatečně napoví, ale někdy je vhodné změřit si zesilovač sami.

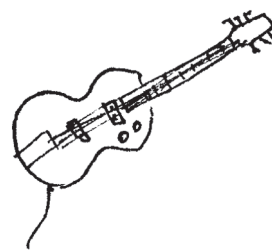


Praktické rady:

Kdo má osciloskop, může uvidět i jiné zajímavosti:

1. Nepodceňujte kondenzátor připojený jenom mezi + a - napájení. Když ho náhodou vynecháte, nebo ho úmyslně vyndáte, zjistíte, že zvuk je jiný, zkreslený a na osciloskopu uvidíte rušení v kmitáním.

2. Nějak divně zakmitává? Čára na osciloskopu není rovná, hladká, ale roztržená? Boucherotův člen na výstupu - kondenzátor asi 100nF s malým odporem asi 10 ohmů by měl toto vř zakmitávání odstranit. Buď bývá zapomenutý, nebo je možno velikost rezistoru změnit na hodnotu mezi 1 až 10 ohmy. U LM386 by nemusel být, ale při zapojení na nepájivém kontaktním poli s delšími drátky, nebo nevhodně navrženým plošným



spojem může k takovému zakmitávání dojít.

3. Nevěřte tak docela různým adaptérům. Máte ho přepnutý například na napětí 9 V, ale on dává naprázdno třeba i 15 V! A naopak, při zatížení může jeho napětí klesnout třeba jenom na 7 V. Všimněte si, pro jaké proudy je dimenzovaný. Proto si u zesilovače také měříte odběr proudu.

4. Pro připojení používejte konektory. Na výstup se používají různé jacks (čti džeky) o průměru 2,5 mm, 3,5 mm a 6,3 mm. Jsou v provedení MONO i STEREO. Špička bývá živá, u stereo-fonního i vedlejší kroužek. Zbytek je připojen na stínění kablíku (viz obr. 4). Hotový kablík s konektorem si raději dvakrát zkontrolujte, než byste si zkratovali a zničili výstup nějakého vašeho zařízení.

- [1] Radio plus - KTE 2/1999 str. 7 a 8
- [2] Radio plus - KTE 12/1997 str. 25–27
- [3] katalog GM elektronik
- [4] Radio plus - KTE 1/1999 str. 9
- [5] Radio plus - KTE 1/1999 str. 10
- [6] Radio plus - KTE 4/1999 str. 18–19
- [7] Radio plus - KTE 6/1999 str. 24
- [8] Radio plus - KTE 1/1999 str. 9
- [9] Radio plus - KTE 7/1998 str. 8-9
- [10] 269 integrovaných obvodů, HEL, Ostrava 1996 str. 86–87

Stereofonie

nová slova: stereofonie, stopy, tandemový potenciometr, kanály

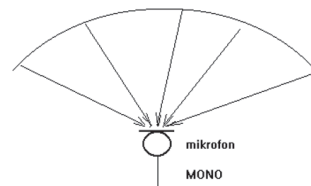
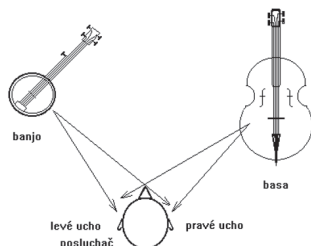
Máme dvě uši. Proto můžeme určit, odkud zvuk přichází. Stojíme-li před živým orchestrem, vychutnáváme si především dokonalý živý zvuk a vnímáme, odkud zní jednotlivé nástroje. Do každého ucha přichází zvuk jinak. Basu vpravo vnímá pravé ucho silněji, banjo (čti bendžo) vlevo je slyšet víc levým uchem. Pravé ucho je při zvuku zleva částečně stíněno lebkou. Koho to zajímá, může si v patřičné literatuře zjistit, zda uši (a vyhodnocení v mozku) mohou vnímat i časový rozdíl mezi příchodem zvuku k levému a pravému uchu. Při rychlosti šíření zvuku ve vzduchu 330 m/s by vzdálenost uší asi 15 cm představovala dobu asi 0,5 ms. My vez-

me jako fakt, že slyšíme prostorově stereofonně.

Záznam

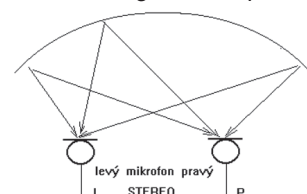
Postavíme-li před orchestr jeden mikrophon, bude nahrávka monofonní, nemůžeme určit, odkud zvuk přichází, rozložení nástrojů.

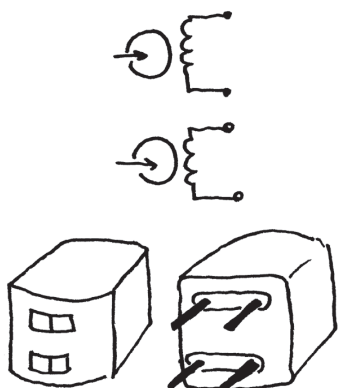
Postavíme-li před orchestr dva mikrofony, bude nahrávka stereofonní, může-



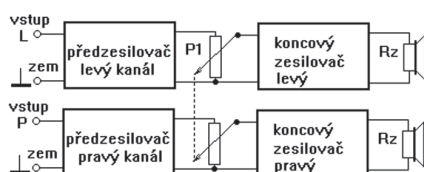
me určit, odkud zvuk přichází, rozložení nástrojů.

Je už věcí způsobu nahrávání, techniky, jestli jsou mikrofony například u přenosného radiomagnetofonu půl metru od





sebe, nebo jestli jsou na tyči metr od sebe, nebo víc, nebo jestli jsou umístěny do umělé hlavy, aby se co nejvíce napodobilo vnímání zvuku ušima.



Obr. 1 – Stereofonní zesilovač je tvořen dvěma zesilovači, potenciometr je tandemový, ovládá najednou oba kanály

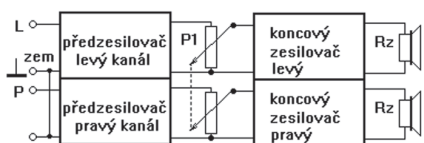
Výsledkem jsou dva signály. Z levého mikrofonu a z pravého mikrofonu. Následuje další zpracování.

Nahrání na magnetofonový pásek.

Magnetofon má v záznamové hlavě dvě cívky - levou a pravou, které nechávají na pásku dvě zmagnetizované stopy - se signálem z levého a pravého kanálu.

Přehrávání z magnetofonového pásku

Magnetofon má ve snímáči hlavě dvě cívky - levou a pravou, které snímají signál zvlášť z levé a zvlášť z pravé stopy. Obě současně. Tento signál se vede do dvou zesilovačů - jeden zesiluje levý a druhý pravý kanál. Na výstupu těchto zesilovačů jsou reproduktory. Reprodukční od zesilovače levého kanálu se umísťuje před posluchače vlevo a druhý reproduktor od pravého kanálu napravo. Takže zvuk z těchto reproduktorů vychází ze stejného směru, jak je zachytily mi-



Obr. 2 – Stereofonní zesilovač je obvykle na jedné desce, ale uvažujeme každou polovinu zvlášť



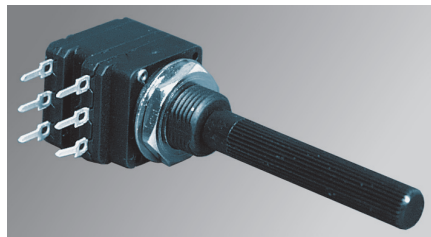
krofony. To je velice stručný a zjednodušený princip.

Ve skutečnosti bývá u magnetofonů pro domácnost jedna hlava.

Při přehrávání je zapojená na vstup zesilovače, který pak zesiluje signál snímáný hlavou z pásku.

Při nahrávání je zapojena na výstup zesilovače a svým magnetickým polem zmagnetovává pásek protahovaný před hlavou. To už je věc přepínačů, zesilovačů a korekcí a to je už zase jiná pohádka.

Základní záznam na pásku se používal na záznam na gramofonové desky, kde z přenosky opět vycházel signál levého kanálu a signál pravého kanálu. Zem je společná, a tak na přenosce vidíte tři kontaktní kolíky.



Tandemový potenciometr

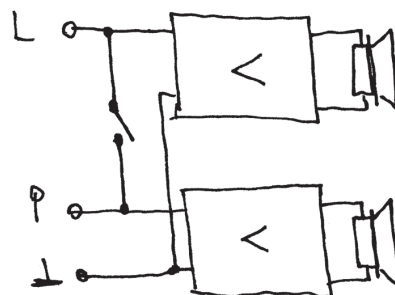
Zvláštními úpravami je možno signál z levého a pravého kanálu sdružit, společně přenášet nebo ukládat a pak znovu obnovit oddělený levý a pravý kanál. To se týká rozhlasového nebo televizního stereofonního vysílání, záznamu na CD atd. Na výstupu dekodéru tedy je opět levý a pravý kanál. Tedy přenosový kanál. Levý kanál bývá označován L, pravý R (nebo česky P).

Stereofonní zesilovač tedy obsahuje dva zesilovače. Pokud zesilovač měříme nebo opravujeme nebo zapojujeme, uvažujeme každý zvlášť. U moderních integrovaných obvodů vypadá schéma spíše jako blokové schéma, najdeme

- + napájení
- - napájení
- zem (nemusí být společná s - !!)
- vstup levý
- vstup pravý
- výstup levý
- výstup pravý

Regulace hlasitosti

Každý kanál zesilovače má vlastní regulátor hlasitosti, vlastní řízení výšek, hloubek, atd. Klasicky se používají potenciometry, které mají na jedné osičce dva potenciometry, tzv. tandemové. V moderních obvodech se používá elek-



Přepínač mono/stereo

tronické řízení napětím, které se řídí jedním potenciometrem pro oba kanály najednou.

Stereofonní zesilovač vytvoříte ze dvou monofonních.

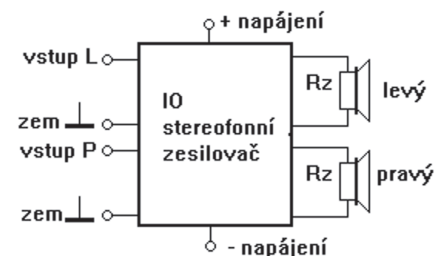
Přepínač MONO/STEREO

A co když chcete stereofonní zesilovač připojit na monofonní zdroj signálu? Na monofonní magnetofon, elektrofonickou kytaru, klávesy, apod.? Zvuk by zněl jenom z jednoho kanálu a druhý by byl nevyužitý. Vyřeší to jediný přepínač MONO/STEREO, což je vlastně jenom spínač, kterým se spojí levý a pravý vstup a signál pak jde do obou kanálů.

Který kanál je levý a který pravý?

Nejjednodušší je postavit se před běžný stereofonní radiokazetový magnetofon a nahrát si zvuky blíž k levému mikrofonu a pak k pravému. Logicky nejjednodušší je říkat do levého „levý, levý“ a naopak. Když si nahrávku přehrajete, budete „levý“ slyšet zleva a naopak. Pásek pak přehrajete přes vaše zkušební zařízení a když je to obráceně, buď přehodíte jenom na zesilovači kabely k reproduktorům (v Kocourkově by prohodili reprobedny), pokud zesilovač vyrábíte, připojíte výstupy zesilovače k patřičným konektorům a označíte je.

Zkuste si sami správné umístění levého a pravého kanálu i obráceně. U některých skladeb vůbec žádný rozdíl nezjistíte, u jiných je rozdíl znatelný.



Obr. 3 – V provedení stereofonního zesilovače jako integrovaného obvodu jsou v jednom pouzdrů oba zesilovače se společným napájením, ale vstupy zvlášť pro každý kanál

U walkmana prostě obrátíte sluchátka. I na nich máte označení L a R.

Tady stereofonie nekončí, vývoj pokračoval kvadrofonií, domácí kino a kina mají několika kanálový zvukový doprovod. Klasická stereofonie je při poslechu hudby běžná, monofonní je například telefon, ozvučení společných prostor - letištní haly, nádraží, hudební kulisa v obchodních domech, atd.

Vyvážení

Stereofoní poslech je totiž možný jenom v určitém prostoru mezi dvěma reproduktory. Jestliže je posluchač blíž

jednomu reproduktoru, slyší spíše jenom tento kanál, například bušení bicích a sbor a neslyší zpěv nebo při komických výstupech slyší jednoho komika a druhý je slabý nebo není slyšet vůbec. Vyvážení síly zvuku z jednotlivých kanálů lze nastavit ovládacím prvkem označovaným jako „balance“, tedy vyvážení.

Doma jste si zkoušeli vypočítat

a) jak velké je napětí na výstupu 16 ohmových sluchátek při výstupním výkonu 1 mW.

Slovně řečeno je výkon P rovný U na druhou lomeno R. Úpravou dostaneme

výraz U se rovná odmocnina z P krát R. Výkon 1 mW si převedeme na 0,001 W a odmocnina z 0,001 krát 16 je 0,1264911064067, po zaokrouhlení je to tedy asi 126 mV.

b) Jak velký je výkon při výstupním napětí 300 mV do sluchátek 16 ohmů.

$$P = U^2/R$$

Napětí 300mV převedeme na 0,3 V a počítáme (pro jednoduchost vypadá jednořádkový zápis takto):

$$P = 0.3^2/16$$

$$P = 0.09/16$$

$$P = 0.005625 \text{ což je asi } 5,6 \text{ mW}$$

Koupená stavebnice

nám ušetří spoustu času i problémů se sehnáním všech součástek, ustrížením, leptáním a vyvrtáním desky plošného spoje. Je-li to stavebnice českého výrobce nebo s návodem v českém jazyce, je to bez problémů. Ale poradíme si i s návodem v jiných jazycích. V první řadě zjistíme k čemu zařízení slouží a jaké má základní technické parametry. Číslice a jednotky jsou ve všech jazycích stejné. Zkuste se úmyslně podívat do návodu nebo na článek v časopisu napsaný v jazyce, který neznáte. Najděte čísla a jednotky. Určitě najdete

- napájecí napětí
- odběr proudu
- nějaká napětí v mV
- nějaké údaje v ohmech
- výkon ve W
- rozměry v mm
- atd.

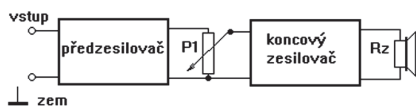
Také některá slova jsou podobná v mnoha jazycích, nebo ve skupinách jazyků. Například kondenzátor, LED, tranzistor a podobné. U rezistorů nebo cívek, tedy jedné z nejstarších součástek, jsou v jednotlivých jazycích rozdíly značné. Podobnost je velice vzdálená nebo vůbec žádná.

Jazykový koutek

Pro dnešní jazykový koutek si vybereme například SUPERMINI 2,5W AUDIO POWER AMPLIFIER K2637.

Je zřejmé, že se jedná o velice maličký NF zesilovač s výkonem 2,5W. Jdeme do Evropy a čteme viz. tab. 1.

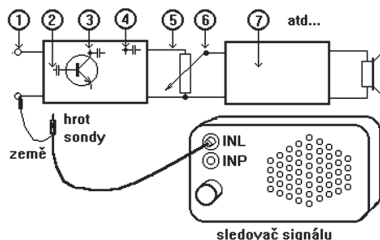
Je to tedy nízkofrekvenční zesilovač, který má dvě části - předzesilovač a koncový zesilovač.



Obr. 1 – Blokové schéma zesilovače s předzesilovačem

Je napájen stejnosměrným napětím 4,5 až 15 V, maximální odběr proudu je 400 mA, klidový odběr proudu je 12 mA. Je ho tedy možno napájet z baterie (pro naše pokusy je to nejbezpečnější), z autobaterie, adaptéru, nebo jiného zdroje.

Pro plné vybuzení koncového zesilovače stačí 150 mV. Čili je ho možno použít pro melodický zvonek, jako externí zesilovač pro televizní hry, pro domácí cvičení na kytaru se snímačem nebo jako monofonní zesilovač pro walkmana, discmana, zvukovou kartu v PC, tape-deck - cívkový nebo kazetový magnetofon, malé klávesy, atd.



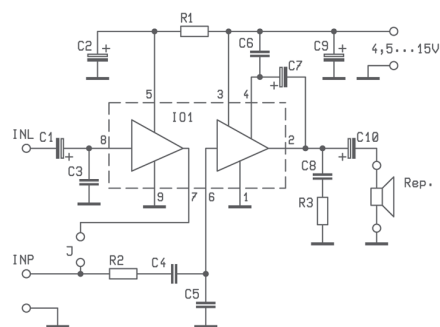
Obr. 2 – Použití sledovače signálu

Vstupní citlivost předzesilovače je 20 mV pro plné vybuzení. Je to tedy možno použít například pro mikrofon nebo pro zesilování slabých signálů (z nf výstupu přijímače, atd.).

Každou část je možno použít zvlášť nebo obě společně. V původním návodu je mezi předzesilovačem a koncovým zesilovačem propojka. Pokud chcete řídit hlasitost, zapojíte na její místo potenciometr. Walkman, discman, klávesy a ostatní přístroje, u kterých bereme signál ze sluchátkového výstupu, má vlastní ovládání hlasitosti. Výstup z tape-decku, „diodový výstup“ z přijímače, mikrofon, svůj vlastní regulátor hlasitosti nemají a je ho třeba zapojit na vstup zesilovače.

Kmitočtová charakteristika nám říká, že zesilovač přenáší v určitých mezích kmitočty od 60 Hz do 15 kHz.

34. díl



Obr. 3 – Schéma zesilovače s TDA 1015

Uvedené hodnoty platí pro napájecí napětí 12 V. Při jiném napájecím napětí jsou hodnoty jiné. V originálním návodu jsou uvedeny, ale vy si je můžete změřit sami.

Všimneme si několika vět:

Reproduktor

A loudspeaker of 4 to 8 ohm should be wired to the connections „LS“.

Un haut-parleur de 4 a 8 Ohm doit être monté aux connexions „LS“ et „masse“

Auf die Anschliessungen „LS“ und „Masse“ soll ein 4 bis 8 Ohm Lautsprecher angeschlossen werden.

Aan de aansluiting „LS“ en massa dient een luidspreker van 4 tot 8 ohm to worden aangebracht.

Což česky znamená že na výstup mezi špičky označené „LS“ a „zem“ se má připojit reproduktor 4 až 8 ohmů.

I když nerozumíte všemu, jasně vidíte 4 a 8 ohmů, což pochopíte, že patří k reproduktoru a LS je označení přípojného bodu na plošném spoji i na schematu.

Ochrany

Short circuit and thermal overload protected.

Thermische und Kurzschlussicherheit.

Technical data		
Power supply: 4.5 to 15V DC		
Supply current: 400mA		
Input sensitivity	: power-amplifier:	150 mV (12 V)
	: pre-amplifier:	20 mV (12 V)
Input impedance:	power-amplifier:	20 Kohm
	: pre-amplifier:	200Kohm
Frequency characteristics:	60 Hz to 15 KHz	
Output impedance:	power-amplifier	4-8 Ohm
	: pre-amplifier	1 Kohm
Max. output power:	2, 5 W (4 Ohm, 12 V)	
Dimension :	42 x 32 x 27 mm	
Technische Angaben		
Speisespannung: 4,5 bis 15 V DC		
Stromverbrauch : 400 mA		
Ruhestrom: 12mA		
Eingangsempfindlichkeit: Endverstärker	: 150mV (12V)	
	: Vorverstärker	: 20 mV (12V)
Eingangsimpedanz	: Endverstärker	: 20 Kohm
	: Vorverstärker	: 200 Kohm (12 V)
Frequenzcharakteristik: 60 Hz bis 15 kHz		
Ausgangsimpedanz	: Endverstärker	: 4-8 Ohm
	: Vorverstärker	: 1 Kohm
Max. ausgangsleistung:	2,5 W (4 Ohm, 12 V)	
Abmessungen:	42 x 32 x 27 mm	
Données techniques		
Tension d'alimentation:	4,5 a 15V DC	
Courant absorbé: 400 mA		
Courant de repos: 12 mA		
Sensibilité d'entrée	: amplificateur de sortie	: 150 mV (12 V)
	: pré-amplificateur	: 20 mV (12 V)
Impédance d'entrée	: amplificateur de sortie	: 20 Kohm
	: pré-amplificateur	: 200 Kohm
Charectéristiques de fréquence	: 60 Hz a 15KHz	
Impédance de sortie :	: amplificateur de sortie	: 4-8 Ohm
	: pré-amplificateur	: 1 Kohm
Puissance max. de sortie	: 2,5 W (4 Ohm, 12 V)	
Dimensions: 42 x 32 x 27 mm		
Technische gegevens:		
Voedingsspanning : 4,5 tot 15 V DC		
Opgenomen stroom: 400 mA		
Ruststroom: 12 mA		
Ingangsgevoeligheid:	eindversterker	: 150 mV (12 V)
	voorversterker	: 20 mV (12 V)
Ingangsimpedantie	eindversterker	: 20 Kohm
	voorversterker	: 200 Kohm
Frequentiearakteristiek: 60 Hz tot 15 KHz		
Uitgangsimpedantie	eindversterker	: 4-8 ohm
	voorversterker	: 1 KOhm
Afmeting: 42 x 32 x 27 mm		
Úmyslně není uvedeno, v jakém jazyce je text napsán. Přesto je možno vyčíst a pochopit, že česky by to bylo:		
Technické údaje		
Napájecí napětí: 4,5 až 15 V stejnosměrné		
Odběr proudu: 400 mA		
Klidový odběr proudu: 12 mA		
Vstupní citlivost:	koncový zesilovač:	150 mV (12 V)
	předzesilovač:	20 mV (12 V)
Vstupní impedance:	koncový zesilovač:	20 kohmů
	předzesilovač:	200 kohmů
Kmitočtová charakteristika: 60 Hz až 15 kHz		
Výstupní impedance:	koncový zesilovač:	4–8 ohmů
	předzesilovač:	1 kohm
Max. výstupní výkon:	2,5 W (při 4ohmech a 12 V)	
Rozměry: 42 x 32 x 27 mm		

Tab. 1

Thermische en kortsluitbeveiliging.
Protection contre court-circuits et protection thermique.

Ochrana proti přetížení zkratem a tepelnému přehřátí.

I když je integrovaný obvod chráněn proti náhodnému zkratu na výstupu, není vhodné ho úmyslně zkratovávat na delší dobu, protože obvod je výkonově přetěžován.

Napájení

The power supply is connected to points „+“ and ground. Mind the polarity! It can be from 4.5 to 15 V DC, and need not to be stabilised.

Napájecí napětí je přivedeno do bodů „+“ a zem. Zachovejte polaritu! Může být od 4,5 do 15 Vss a nemusí být stabilizované.

Ještě si povšimneme, že LS - loudspeaker je reproduktor INL - input low je vstup předzesilovače INP - input power je vstup koncového zesilovače

J - jumper je propojka mezi předzesilovačem a koncovým zesilovačem.

Pomineme zvláštnost v psaní velkých písmen K-kilo nebo O-ohmy nebo psaní jednotek za číselnou hodnotu s mezerou nebo bez mezery. V textu je to uvedeno podle originálu.

Takto se můžete orientovat v jakékoli technické dokumentaci, vybrat si to podstatné. I když znalost alespoň jednoho světového jazyka vám otevře dveře do světa.

Praktické využití

Sledovač signálu

Při opravách přijímačů, zesilovačů a dalších nf zařízení je třeba mnohdy sledovat, kam až signál prochází, kde se ztrácí. K tomu se používá tzv. „sledovač signálu“, což je nf zesilovač, který připojujeme postupně na zdroj signálu, na vstup zesilovače, na první tranzistor, na druhý, na přepínače, potenciometry, do jednotlivých bodů kde by měl být signál a sledujeme, jestli tam je nebo není a zda se směrem od vstupu k výstupu opravdu zesiluje. Tento zesilovač by bylo možno použít pro tyto účely, protože má dva vstupy s různou citlivostí ale i dostatečně velkou vstupní impedanci.

Mikrofonní zesilovač

Citlivost je dostatečná. Co takhle si pohrát se směrovostí mikrofonu? Mikrofony mají různou směrovou charakteristiku. Kulová - snímá stejně silně ze všech stran. Osmičková snímá ze dvou protilehlých stran. Úzce směrový mikrofon snímá pouze z jednoho směru. Například při filmování s mikrofonem na kameře není slyšet dech nebo dokonce

jazykový doplněk (úmyslně bez označení jazyka)

rezistor	resistor	résistance	weerstand	Widerstand	rezistencia
kondenzátor	capacitor	condensateur	condensator	Kondensator	condesadore
cívka	coil	bobine	spoel	Spule	bobina
dioda	diode	diode	diode	Diode	diodo
tranzistor	transistor	transistor	transistor	Transistor	transistor
integrováný obvod IO,	IC	CI	IC	IC	C.I.
LED	LED	DEL	LED	LED	DEL
potenciometr	potentiometer	potentiometre	potentiometer	Potentiometer	potenciómetro
přepínač	switch	commutateur	schakelaar	Schalter	conmutador

funění operátora, vrčení kamery nebo jiné rušivé zvuky. Návleky a pěnové nebo huňaté kryty na mikrofonech tlumí i šum větru. Zkuste si mikrofon umístit například do ohniska reflektoru baterky nebo parabolického zrcadla reflektoru automobilu do místa, kde byla žárovka. Budete slyšet zvuk z prostoru, kam svítil kužel světla. Fantazii se meze nekladou, o své poznatky se podělte s ostat-

ními, zajímavé poznatky mohou být redakci uveřejněny.

Doma jste si zkusili vypočítat

a) jak velké je napětí na výstupu 16 ohmových sluchátek při výstupním výkonu 1mW.

Slovně řečeno je výkon P rovný U na druhou lomeno R. Úpravou dostaneme výraz U se rovná odmocnina z P krát R. Výkon 1mW si převedeme na

0,001 W a odmocnina z 0,001 krát 16 je 0,1264911064067, po zaokrouhlení je to tedy asi 126 mV.

b) Jak velký je výkon při výstupním napětí 300 mV do sluchátek 16 ohmů.

$$P = U^2/R$$

Napětí 300 mV převedeme na 0,3 V a počítáme (pro jednoduchost vypadá jednořádkový zápis takto):

$$P = 0.3^2/16$$

$$P = 0.09/16$$

$$P = 0.005625 \text{ což je asi } 5,6 \text{ mW}$$

[1] Dokumentace ke stavebnici Velleman.kit K2637

[2] J. A. Komenský - Brána jazyků, 1633

[3] Fr. J. Zoubek, O vzdělávání jazyků, 1874

[4] Radio plus - KTE č. 8/1999

[5] Radio plus - KTE č. 12/1997 s.25-27.

Co je v „reprobedně“?

Nová slova: výhybka, kmitočtová charakteristika, dělicí kmitočet

Při pokusech se zesilovačem jste zjistili, že reprodukce ovlivněna umístěním reproduktoru:

- nejslabší - ve volném prostoru
- lepší - na desce
- nejlepší - v uzavřené skříni

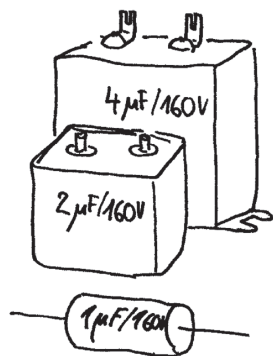
Skříni se také někde říká reprobox, počestně reprobedna nebo jenom bedna. Je to celá soustava, každá část má na reprodukci vliv:

- velikost a tvar skříně
- typy reproduktorů
- výhybky
- prostřední, pro které je určena.

Konstrukce reproduktorových soustav je celá věda, velmi dobře a mnohokrát popsána v nejrůznější literatuře. Na konci článku je několik odkazů. Vy si jistě najdete své informace, v úrovni odpovídající vašemu zájmu. My to vezmeme od lesa.

1. pokus

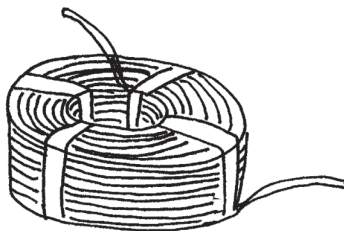
Na zdroj signálu (kazetový nebo CD přehrávač, gramofon, výstup z přijímače



Krabicové a svítkový kondenzátor

atd.) připojíme zesilovač a na jeho výstup připojíme vhodný reproduktor (viz obr. 1). Při pokusech jsme zjistili, že je rozdíl v reprodukci malými a velkými reproduktory. Dále si reproduktory můžeme rozdělit podle přenášených kmitočtů na

- basový
- středotónový
- výškový



Vzduchová cívka svázaná tkalounem

2. pokus

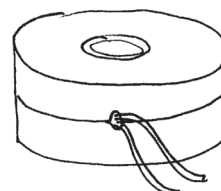
Před reproduktor připojíme do série kondenzátor (viz obr. 2). Pro pokus ve škole by vám připravili hodnoty například 1, 2, 4 a 8 mikrofaraďů, vy použijte to, co budete mít po ruce. Kondenzátor musí být bipolární (tedy ne elektrolytický, který má vyznačenou polaritu vývodů), obvykle je to typ MP, což znamená, metalizovaný papír. Podle tvaru bývají krabicové, menší hodnoty svítkové - váleček. Zvuk z reproduktoru zní slabě a pisklavě.

Pamatuj: čím menší kapacita, tím jsou nízké kmitočty omezenější.

3. pokus

Před reproduktor zapojíme do série tlumivku (viz obr. 3). V reproduktorových soustavách bývají obvykle vzduchové cívky, nebo tlumivky na jádru z EI plechů nebo na speciálním ferritovém jádru. Jsou navinuty drátem o průměru

35. díl



Tlumivka na feritovém hrníčkovém

0,7 až 1,5 mm. Pro náš pokus zkusíme někde v našich pokladech vyhrabat nějakou cívku, která by měla co nejmenší ohmický odpor - tedy navinutou nějakým silnějším drátem. Můžete použít sekundární vinutí nějakého rozebraného síťového transformátoru, třeba i bez plechů, nebo i s jádrem, nějakou tlumivku ze síťového zdroje.

Zvuk je najednou dutý, dunivý, bez výšek.

Pamatuj: čím větší indukčnost, tím vyšší odpor cívka klade střídavému proudu, tlumí ho, říká se jí tlumivka.

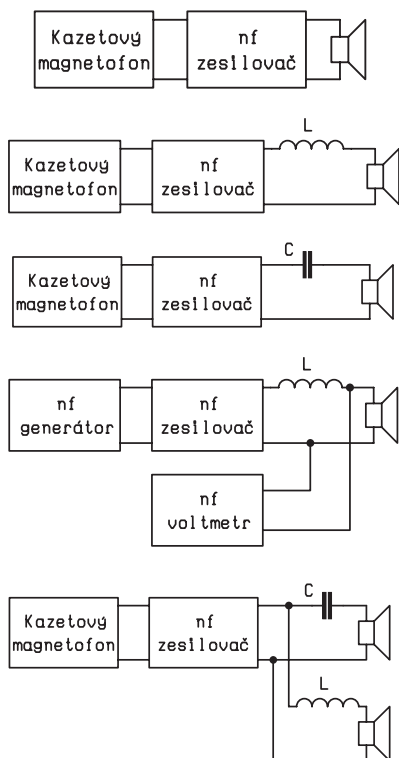
Trocha teorie.

I když jsme praktická škola, můžeme vědět, že odpor kladený střídavému proudu kapacitou kondenzátoru nebo indukčností cívky se vypočítá podle vzorců

$$X_C = 1/2\pi f C \text{ [ohmy; Hz, F]} \quad [1]$$

$$X_L = 2\pi f L \text{ [ohmy; Hz, H]} \quad [2]$$

Reaktance kondenzátoru nebo cívky spolu s ohmickým odporem reproduktoru tvoří dělič napětí a čím je reaktance větší, tím menší napětí zbyde na rozkmitání kmitačky reproduktoru a zvuk je slabší. U kondenzátoru se zvyšováním kmitočtu a u indukčnosti se snižováním kmitočtu klesá jejich reaktance a na reproduktoru je vyšší napětí, což si můžeme jednoduše orientačně změřit.



4. pokus

Na vstup zesilovač místo kazetového nebo CD přehrávače zapojíme nízkofrekvenční generátor a na výstup zapojíme nízkofrekvenční milivoltmetr (viz obr. 4). Nastavíme takovou úroveň signálu, aby na reproduktoru na výstupu zesilovače bylo napětí například 1 V. Nejdříve při kmitočtu 1 kHz, který bude pro nás referenční (česky řečeno vztažný) kmitočet. Tuto úroveň napětí z generátoru nebudeme měnit, měnit budeme kmitočet v celém slyšitelném pásmu, tedy od 20 Hz do 20 kHz (i když to všichni neslyšíme).

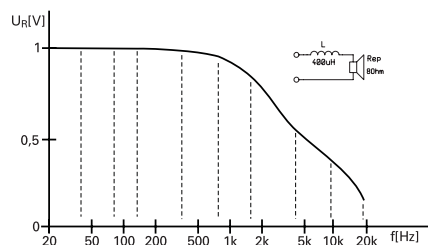
Nejdříve si všimneme, v jakém rozsahu slyší naše uši. Pak si ale musíme uvědomit, že slyšíme to, co se line z reproduktoru. Je jasné, že z basového reproduktoru uslyšíme i více hloubek a z výškového zase spíše vysoké kmitočty. Zatím se tedy nenecháme ovlivnit tím co slyšíme, budeme měřit.

První měření uděláme jenom s reproduktorem. Komu vadí pískání, může použít zatěžovací odpor - rezistor 4 nebo 8 ohmů, podle pokusů s měřením výstupního výkonu zesilovače. Druhé měření se vřazeným kondenzátorem a třetí s tlumivkou. Při měření na samotném reproduktoru by napětí mělo být v celém pásmu lineární, stálé. To je další vlastnost NF zesilovače - vyrovnaná kmitočtová charakteristika. Při měření s tlumivkou by mělo napětí se zvyšováním kmitočtu klesat. Při měření s kondenzátorem by mělo od určitého kmitočtu stoupnout až k původní hodnotě.

Při jakých kmitočtech budeme měřit?

Když napětí naměříte na nějakých kmitočtech, kde byla nějaké měřitelná změna a chcete si udělat graf, dojdete k poznání, že běžná lineární stupnice jako podle pravítka je nevhodná. Na většině grafu by byly výšky, středy někde v levé třetině a basy těsně u levého okraje (viz obr. 5).

Přitom chceme nějaké hezké lineární měřítko - jedna, dva, tři, čtyři a tak dále (viz obr. 6). Ing. Velický nám na průmyslovce toto měřítko elegantně doplnil desítkami a dodal, že se jedná o dekády, kde deset na nultou je jedna, deset na prvou je deset, deset na druhou je sto, na třetí je tisíc, na čtvrtou deset tisíc a krásné měřítko bylo na světě. Takové, jako vidáte na grafech v literatuře (viz obr. 7). Pro naše účely si na osu x uvedeme kmitočty v Hertzech (viz obr. 8).

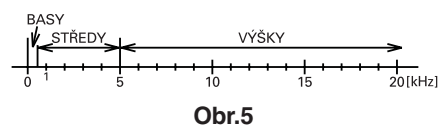


Je to dost hrubé, jednotlivé dekády se mohou rozdělit například zhruba na třetiny. Tomu odpovídají logaritmy čísel 2 a 5

$$\log(2) = 0,30103$$

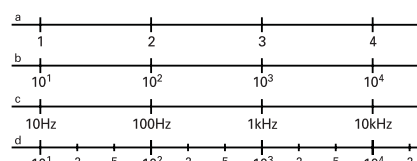
$$\log(5) = 0,69897$$

pro nás to je asi 0,3 a 0,7 z velikosti jedné dekády. Kdyby bylo dělení na milimetrovém papíru po 10 cm na každou dekádu, byla by dvojka na 3 cm a pětka na 7 cm.

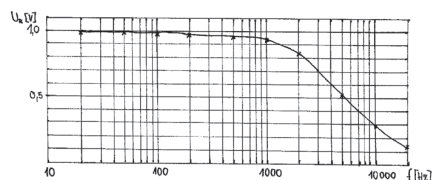


Obr. 5

Budeme tedy měřit systémem 1 - 2 - 5 - 10. Připravte si tabulku (viz obr. 9). Stačí od ruky, protože používáte čtverečkovaný sešit, bude to přehledné i úpravné a dostatečně ilustrativní. Ve škole byste použili milimetrový papír nebo tak zvaný semilogaritmický papír, který má osu x dělenou logaritmicky a osu y lineárně. Vhodný je čtyřdekdávodý.



Obr. 6a, b, c, d



Na ose x je logaritmická stupnice, na ose y lineární, papíru se říká semilogaritmický; Kdo ho nemá, nemusí pracně rýsovat všechny osy, stačí systémem 1-2-5-10 najít body pro tyto kmitočty na běžném milimetrovém papíře

Při měření postupujeme od 1 kHz, který je pro nás výchozí kmitočet a zvolená úroveň výchozí (vztažná, referenční) například 1V. Nastavení úrovně neměníme, měníme kmitočet od 20 Hz do 20 kHz, hodnoty zapisujeme do tabulky a zhotovíme grafy, které mohou vypadat například jako na obrázku 10.

Tlumivka

Pokud je ohmický odpor tlumivky příliš velký, nedosáhne napětí ani při nízkých kmitočtech původní úrovně bez tlumivky. Výkon se zbytečně ztrácí. Právě proto musí být ohmický odpor tlumivky co nejmenší. Průměr drátu, kterým je tlumivka navinutá, se volí také s ohledem na protékající proud.

5. pokus

Pokus o jednoduchou reproduktorovou soustavu. Dříve stačil v „rádiu“ nebo televizoru jeden reproduktor. Obvykle dostatečně přenášel středy a částečně i hloubky. Případně se do jeho středu přidával trychtýřek pro lepší vyzařování výšek. Někde se i pro úsporu místa používaly reproduktory s elipsovitým tvarem membrány. Na vyšších kmitočtech vlivem stoupající indukčnosti účinnost klesala a proto se paralelně k tomuto reproduktoru mohl přes kondenzátor C připojit výškový reproduktor (viz obr. 11).

V praxi se dělají reproduktorové soustavy dvoupásmové nebo třípásmové. Kdyby byla tlumivka a kondenzátor zvoleny náhodně nebo zkusmo, byl by výsledný přenos zřejmě nevyvážený.

a) Jestliže by se obě části nepřekrývaly, byly by slyšet jenom basy a výšky ale se slabými středy. Sice by se mohlo zdát, že bedna má v porovnání se středy skvělé basy i výšky, ale celkově by měla menší citlivost.

b) Jestliže by se obě části překrývaly nevhodně, byla by v této části výsledná impedance menší, a tudíž výkon na středech větší, a také by se víc zatěžoval zesilovač a mohlo by být přetížení, nebo i zničení.

f	Hz	20	50	100	200	500	1k	2k	5k	10k	20k
U_R	V										

Proto se stanovuje určitý dělicí kmitočet.

Mezní, dělicí kmitočet

Ohmický odpor reproduktoru je i při změnách kmitočtu stejný, reaktance tlumivky se se zvyšováním kmitočtu zvyšuje. Stav, kdy je $X_L = R$ označujeme jako mezní kmitočet. Dosadíme a upravíme.

$$X_L = R \quad [4]$$

Poznámka pro redakci KTE: prosím vysázet jako vzorce podle matematických zvyklostí, ne v jednořádkové formě a s L u X_L podsazeným a s C u X_C podsazeným.

$$2\pi L = R$$

$$f = R/2L \quad [5]$$

$$X_C = R \quad [6]$$

$$1/2\pi C = R$$

$$1 = 2\pi RC$$

$$f = 1/2RC \quad [7]$$

Prvním určujícím činitelem je impedance reproduktorů, dělicí kmitočet se

také volí podle typů reproduktorů, u dvou-pásmových reproduktorových soustav například 3000 Hz. Kondenzátory se vyrábějí v určitých hodnotách, tlumivky lze navinout poměrně přesně.

Výpočet C a L

Zkusíme si vypočítat kapacitu a indukčnost například pro dělicí kmitočet 3000 Hz, reproduktory s impedancí 8 ohmů.

Úpravou vzorečku [7] dostaneme (výpočet uvádíme úmyslně v jednořádkové formě)

$$C = 1/2fR \quad [8]$$

po dosazení vyjde

$$C = 1/(2 \cdot 3,14 \cdot 3000 \cdot 8)$$

$$C = 1/150720$$

$$C = 6,634819532909e-6$$

tedy asi 6,9 krát deset na mínus šestou, tedy asi 6,9 mikrofaradů. Pro náš jednoduchý příklad je to dostatečné, ji-

nak by se uvažovalo dále s mnoha dalšími vlivy a hledisky, vše je dopodrobna popsáno v literatuře, tato část školičky je pro úplné začátečníky a jenom ilustrativní.

Indukčnost vypočteme obdobně podle vzorečku [5].

$$L = R/2 \cdot 3,14 \cdot f$$

$$L = 8/2 \cdot 3,14 \cdot 3000$$

$$L = 8/18840$$

$$L = 4,246284501062e-4$$

což je asi 0,42 krát deset na mínus třetí, tedy asi 0,42 mH (milihenry)

Tlumivku je sice možno vyrobit podobně, ale kdo dělá doma nudle? Od specializovaných firem je možno koupit tlumivky nebo dokonce celé výhybky, či celé stavebnice reproduktorových soustav.

Literatura:

- [1] Lukeš, J; Věrný zvuk, SNTL Praha 1962
- [2] AR 2/75 str. 46
- [3] AR B 5/81
- [4] Funkschau 25/82 str. 52-56
- [5] AR B 2/84
- [6] AR B 6/86
- [7] AR B 5/93
- [8] A Radio - konstr.elekt. 1/96

Reprosoustava vlastníma rukama?

klíčová slova: tlumivka, kostra, strmost výhybek

Proč ne? Stavba má tři základní kroky:

1. studium vhodné literatury
2. výroba skříně
3. výroba výhybek.

Nejjednodušší je koupit si celou sadu: skříň, reproduktory a výhybky a provést si jenom konečnou montáž.

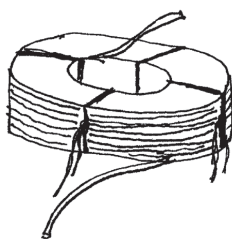
Pro někoho je jednodušší si sám vyrobit podle osvědčeného publikovaného návodu skříně a dokoupit si reproduktory a výhybky, pro jiného je výroba skříně nepřekonatelnou překážkou, ale může si udělat všechno ostatní. Koupit se dá všechno, někoho odrazuje cena tlumivky a troufá si ji vyrobit sám. Uvažte tedy své možnosti: kvůli několika tlumivkám kupovat celou velkou cívku lakovaného měděného drátu, vyrábět vhodnou kostřičku, případně improvizovat nějakou

navíječku. V některých odborných školách nebo učilištích jsou dobře vybavené navíjárny, nebo se dá navíjet i upnutím kostry cívky do soustruhu.

Vzduchová cívka

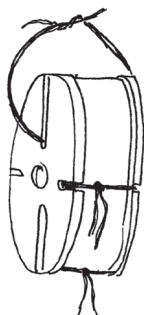
Kostra

- a) běžná pro transformátory,
- b) kulatá, vlastnoručně vyrobená.

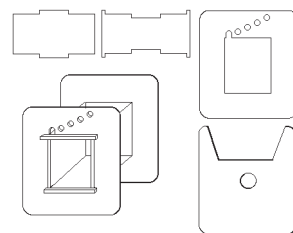


Materiál

a) Pokud máte po ruce kostřičky pro transformátor, případně i špalík, bočnice a navíječku, je po starostech. Kostra pro transformátor bývá buď lepená vcelku, nebo sestavovaná. Jestliže ji nemáte a budete ji vyrábět, nemusíte se držet žádných návodů a uděláte si ji podle sebe. Rozměry transformátorových plechů bývají v tabulkách, rozměry kostřičky snadno odvodíte podle nich. Je vyrobena z pertinaxu nebo laminátu o tloušťce 1,5 mm (jako destička pro plošné spoje). Destičku pro plošné spoje s vrstvou mědi nepoužívejte, ta by tvořila závit kolem dokola, tedy jakýsi závitový zkrat, který by

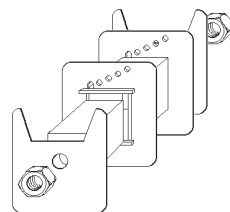


36. díl

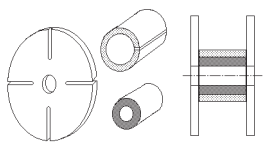


Obr. 1 – Jednotlivé díly kostry – pertinaxové destičky, čelo a kovové bočnice pro zpevnění sestavené kostry a výplňový dřevěný špalík

vlastnosti cívky úplně změnil. Na této kostřičce cívka zůstane, proto je zapotřebí tolik kostřiček, kolik bude tlumivek. Před navíjením se do kostřičky vloží zpevňovací špalík s dírou pro osu (průměr například 8mm) a na čela kostry se přiloží bočnice ze železného plechu asi 1,5mm silného, aby se tlakem navíjeného drátu kostra neroztrhla. Na drát se asi 15 cm



Obr. 2 – Sestava – ,atioce, kovová bočnice, dřevěný špalík, sestavená kostra, kovová bočnice, matice



Obr. 3 – Kostra pro samonosnou cívku: kulaté čelo se zářezy, vnitřní trubka s podélným zářezem vyplněným vložkou, vnitřní vymezovací špalík. Celá sestava je zajištěna dvěma maticemi

od kraje přiváže tenký, pevný provázek, drát se zevnitř protáhne nejnižším otvorem v kostře a provázek se pevně přiváže ke kostře. Podobně se po navinutí druhý konec drátu přiváže k cívice, zbytek drátu se odstříhne od zásobní cívky a asi 15 cm dlouhý kus se vyvede vhodnou dírkou v čeličku kostry. Hotová cívka se obvykle ovíjí vrstvou olejového prokládového papíru nebo ještě lépe transformátorovým plátnem (pevné, žluté, hladké, voní pryskyřicí). Kdo ho nemá, použije alespoň nějakou izolační pásku, aby se tenká vrstva laku na vinutí neodřela. Nezapomeňte si na cívku nalepit štítek kde je uveden alespoň počet závitů. Průměr drátu nebo indukčnost si můžete kdykoliv změřit, ale závity už spočítáte těžko. Je vhodné si údaje o cívice poznamenat do vašeho sešitu: použitou kostru, průměr drátu, počet závitů, předpokládanou indukčnost, změřenou indukčnost (případný výpočet) a časopis nebo knihu ze které jste čerpali. A pak to můžete směle zapomenout a uvolnit si paměť pro důležitější věci.

b) Kulatá kostra pro navinutí cívky stačí jedna, cívka se sváže tkalounem aby se nerozpadla a pak se z této kostry sesune. Je samonosná. Zlaté ručičky našich čtenářů využijí i to, co mají po ruce. Vhodný je kousek novodurové trubky pro vodovod nebo topení, není křehký, dá se snadno uříznout a zapilovat. Bočnice mohou být také z novoduru nebo plexiskla alespoň 3 mm silného, překližky nebo jiného materiálu. V bočnicích jsou zářezy pro vývod drátu začátku vinutí a pro provázky, kterými je po navinutí cívky svázána, aby se nerozpadla. Uprostřed je otvor pro osu, kterou se celá kostra stáhne, aby držela pohromadě. Osa bývá upevněna v navíječce nebo je přímo na ní nasazena klika. Při navíjení se klikou otáčí celá kostra jako prasátko na rožni. Aby osa vedla středem cívky, bývá uprostřed vymezovací špalík, nebo alespoň vložky s průměrem stejným, jako je vnitřní průměr trubky.

Postup vinutí

- sestavíme kostru,
- kostru nasadíme na osu a zpevníme maticemi,

c) do zářezů vložíme dostatečně dlouhé provázky, napneme je a přichytíme je k ose například samolepkou, nebo kouskem drátu,

d) zásobní cívku s drátem upevníme volně otočnou proti navíječce, nebo nám ji navléknutou na nějaké vhodné kulaté tyčce prostě podrží kamarád v rukou,

e) do zářezu vložíme drát, necháme ho asi 15 cm vyčnívat ven a připevníme k ose, aby při otáčení neplandal ve vzduchu,

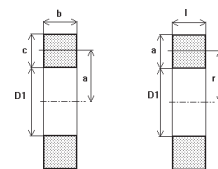
f) otáčíme kostru a navíjíme drát pěkně závit vedle závitu. Druhou rukou vedeme drát a držíme ho napnutý. Počítáme závity, případně si děláme po desítkách čárky. Kamarád ať je zticha, jinak se při počítání spletete a pokud si myslí, že vám pomůže tím, že bude počítat s vámi, šeredně se plete. Nikdy nebudete vědět, kdo z vás počítal dobře. Když už se spletete, nemusela by to být tak velká chyba, kdyby obě cívky nemusely být stejné. (Děláte přeci dvě, pro dvě reprobedny). Pečlivka nepovedenou cívku vyhodí a začne znovu. Každá chyba znamená odpad a zbytečné vyčerpávání přírodních zdrojů, hromadění odpadu a v lepším případě nutnost odpad třídit a recyklovat, v horším případě znečištění životního prostředí materiálem, který tam nepatří a mohl být efektivně využitý jinak.

Malé odbočení:

třídte i svůj vlastní odpad, byť se vám zdá nepatrný. Zvlášť dávejte železo, hliník, měď, odkapanou pájku, použité baterie, papíry. Budete se divit, ale za rok budete mít hromádky, které se už vyplatí dát „do sběru“. Za měď a hliník dostanete peníze, baterie od vás asi nikdo chtít nebude, ale v některých solidních opravárnách nebo prodejnách hodinek mají krabici, kam dávají vybité „baterie“ - knoflíkové rtuťové nebo lithiové články, NiCd akumulátory, a jiné.

g) Po navinutí stále ještě držte pevně cívku i napnutý drát a za pomoci kamaráda cívku pevně stáhněte provázky, aby se nerozlezla a nerozmontala,

h) uvolněte matky, sundajte bočnice (už víte, proč jsou v nich drážky?) a cívku sesmekněte ze středové trubky. A teď praktická rada. Až se budete marně pokoušet pevně utaženou cívku z trubky stáhnout, podívejte se znovu na obrázek. Jedno z možných řešení je podélné rozříznutí trubky - do vzniklého zářezu se dá vložit nějaký pásek, který půjde snadno vyjmout (například špejle do jitrnic, zápalka aj.). Po jeho vyndání se dá vnitřní trubka trošičku stisknout a cívku lze lehce sesunout. Hotovou cívku je dobré ještě na několika místech svázat plochým tkalounem nebo ji celou omotat například úzkou páskou na koberce, na hokeyjku nebo na řídítka. Nezapomeňte si



přilepit štítek s údaji: počet závitů, průměr drátu, předpokládaná nebo změřená indukčnost. Zbytečné nebývá ani uvedení letopočtu a signatura, značka nebo podpis.

Kolik závitů?

- přesně podle používaného návodu
- podle výpočtu
- zkusmo

a) Bod za a) je jasný.

b) Výpočty pro válcové cívky jsou vlastně empirické vzorce, vzniklé díky trpělivosti a důmyslu vědce, nejsou logickým odvozením nějakých přírodních zákonů. V literatuře se uvádí několik postupů, na ukázkou si předvedeme výpočet podle vzorce uvedeného v knize [4], ale postup přizpůsobíme praktickým podmínkám.

Zadáme si vnitřní průměr cívky, protože vycházíme z trubky, kterou máme, šířku cívky odhadneme podle tohoto průměru tak, aby výsledná cívka byla spíš jako pneumatika, než plochý váleček nebo placka jako podložka. Nejeefektivněji je použitý materiál využit když je výška vinutí stejná jako jeho šířka a vnitřní průměr cívky dvojnásobek výšky vinutí. Ilustrativní výpočet si provedeme po jednotlivých řadách. Počet závitů v jednotlivých řadách je dán šířkou vinutí dělenou průměrem drátu. Pro jednoduchost budeme uvažovat, že každá řada je přesně na spodní, takže výška vinutí je počet řad násobený průměrem drátu. Rozměry zadáváme v mm a indukčnost vychází v mikrohenry, takže výsledek podělíme tisícem, protože v návodech bývá údaj v mH. Výpočet provedeme s výhodou v jazyce Basic nebo v Calc602 nebo Excelu.

Například:

Rozměry se zadávají v milimetrech a výsledek je v mikrohenry.

c) Zkusmo to jde také, ale je větší spotřeba materiálu. Pokud pak chcete cívek vyrábět víc, proč ne. V praxi se to dělá asi takto: změří se rozměry tlumivky, kterou chcete napodobit (například v otevřené reprobedně) a zhotoví se podobná (nebo prostě jakákoliv) kostřička. Navine se na ní tolik závitů, aby vypadala jako vzor. Pak si necháme změřit indukčnost naší cívky (ve škole, učilišti, servisu apod.) a postupujeme podle úvahy:

Indukčnost je rovna jakési konstantě cívky dané tvarem, rozměry, použitým jádrem, způsobem navinutí atd., násobené počtem závitů na druhou.

$$L = k \cdot n^2$$

[1]

Ze změřené indukčnosti a známého počtu závitů vypočítáme konstantu naší cívky.

$$k = L/n^2 \quad [2]$$

Potom do vzorečku dosadíme požadovanou indukčnost a konstantu a vypočítáme počet závitů.

$$n^2 = L/k \quad [3]$$

a z toho

$$n = \sqrt{L/k} \quad [4]$$

vyšázet jako odmocninu z L lomeno k

Zkusíme si to. Naše cívka má například

$n = 100$ závitů

L změřené = 0,35 mH, což pro výpočet je $35 \cdot 10^{-5}$ H (když budeme počítat stále v mH, můžeme řád při výpočtu vynechat)

L požadované = 0,42mH

Počítáme konstantu:

$$k = 0,35/100^2$$

$$k = 0,35/10^4$$

$$k = 0,35 \cdot 10^{-4}$$

Tuto konstantu dosadíme a vypočteme počet závitů

$$n = \text{odmocnina } (0,42/0,35 \cdot 10^{-4})$$

$$n = \text{odmocnina } (1,2 \cdot 10^4)$$

$$n = 1,1 \cdot 10^2$$

$n = 110$ závitů

Pokud se tvar cívky příliš nezmění, bude i její konstanta skoro stejná a výsledek bude prakticky použitelný.

Praktické poznatky:

Všimněme si, že při dvojnásobném počtu závitů by byla indukčnost čtyřnásobná!

Je jednodušší navinout víc závitů a pak případně několik odvinout než se snažit drát napojovat a nějak závity přidávat nebo cívku vyhodit a vinout znovu.

Při navinutí přesně spočítané cívky (podle bodu b) nebude vždy indukčnost přesně ta, kterou chceme.

Když jsme došli až sem - není jednodušší si cívku raději koupit? Specializované firmy je nabízejí samostatně nebo i celé výhybky optimalizované pro určité reproduktory a určité skříně. A naopak. Není to krásný pocit z tvoření? Posлушат vlastnoručně postavenou reprosoustavu, se skříňkami potaženými koženkou, dřevěnou nebo mramorovou tapetou?

Strmost výhybek

V nabídce se objevují výhybky se strmostí 6dB/oktávu nebo 12dB/oktávu (čti 12 decibel na oktávu). Z přechodového vyučování víme, že 6dB znamená dvojnásobnou nebo poloviční výstupní úroveň. Oktáva je v hudbě osm tónů, osmý tón má oproti prvnímu přesně dvojnásobný kmitočet. Například komorní a má kmitočet 440Hz, a o oktávu vyšší má 880Hz, o další oktávu 1760Hz atd. U výhybky se strmostí 6 dB/oktávu je napětí při mezním kmitočtu 3000Hz například 0,7V. Při kmitočtu o oktávu vyšším, tedy 6000 Hz bude napětí poloviční, tedy 0,35V. V [1] Radiu plus - KTE č.11/99 bylo měření prováděno pro názornost ve voltech. Někdo to rád

v decibelech a pak je na grafu vidět, že vypočítaný mezní kmitočet má pokles o 3dB a dále je pokles při každém zdvojnásobení kmitočtu o 6dB.

Výhybky 12dB/oktávu strměji oddělují pracovní oblasti basového, středového a výškového reproduktoru. Schémata, výpočty a praktickou realizaci najdete v literatuře. Mimo jiné, napsali jste si Ježíškovi o předplatné oblíbeného časopisu?

Trocha angličtiny

home made - doma vyrobená

do it yourself - udělej si sám

coil - cívka

core - jádro

diameter - průměr

wire - drát

wdg. - windings - závity

trial and error - metoda pokusu a omylu

happy new year - šťastný nový rok

Literatura:

- [1] Radio plus KTE 11/1999
- [2] Radio plus KTE 1/1999
- [3] Lukeš, Věrný zvuk, SNTL Praha 1962, str. 270-279
- [4] Kozler, Novák, Stavba tranzistorového přijímače, SNTL Praha 1962, str. 65, 66
- [5] AR/B 2/1984
- [6] AR/B 4/1984
- [7] AR/B 6/1986
- [8] katalog DEXON Praha
- [9] katalog Klitech Nový Knín

Autorádio

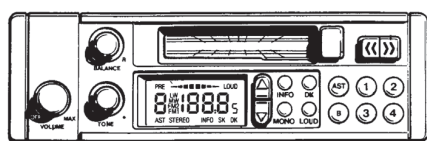
37. díl

klíčová slova: ovládací prvky, montáž, opravy

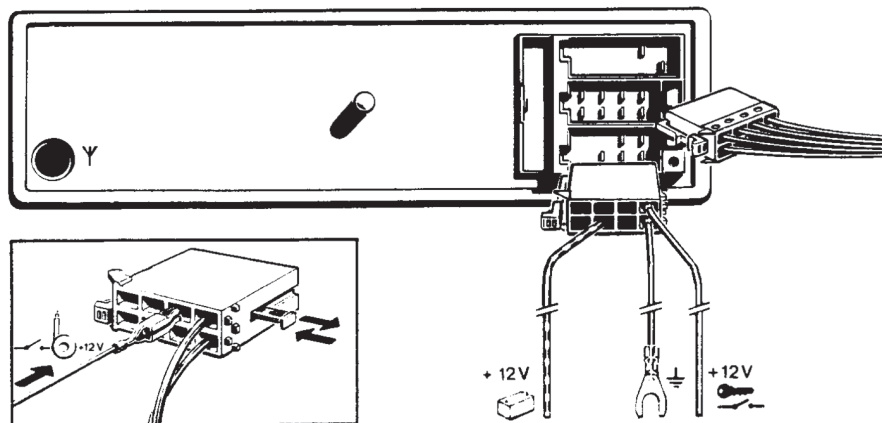
Co umí autorádio?

Klasické autorádio je přijímač pro VKV a SV kombinovaný s kazetovým přehrávačem. Jako zvláštní příslušenství bývá vybaven přehrávačem CD a doplňkovým výkonným koncovým zesilovačem a reproduktory.

U nás se vyskytují autorádia s popisem v angličtině nebo němčině, které však běžný uživatel ani nevnímá, má poslepu naučené hmaty na zapnutí, přeladění na jinou stanici nebo zasunutí kazety a její přehrávání. Tvar a rozměry jsou od dob prvních autorádií stále téměř, liší se na první pohled předním pa-



Obr. 1 – Všechny ovládací prvky na předním panelu autorádia

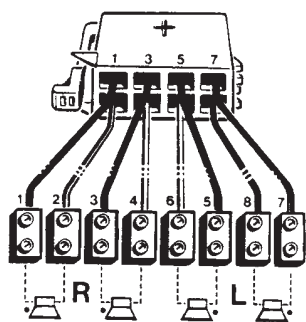


Obr. 2 – Na zadním panelu jsou konektory pro anténu, reproduktory a napájení

nelem a technickými užitnými vlastnostmi. Autorádio mívalo dva velké knoflíky - regulátor hlasitosti s vypínačem a ladění. Mezi knoflíky bývaly přepínače rozsahů - SV, DV, KV později i VKV. Nověji se doprostřed mezi tyto knoflíky začaly umisťovat mechaniky pro přehrávání kazet (CC).

Reprodukce

V dnešní době je nastavování hlasitosti (VOLUME) mnohdy prováděno tlačítky pro zesilování (INCREMENT) a zeslabování (DECREMENT). Tatáž tlačítka se také používají pro funkce nastavení výšek (TREBLE) nebo basů (BASS), pro nastavení hlasitosti reprodukce ze zad-



Obr. 3 – Reprodukory jsou připojeni na konektor

ních reproduktorů (FADER), vyvážení síly reprodukce ze stran (BALANCE) a pro zdůraznění hlubokých tónů a výšek asi o 6dB (LOUDNESS), což je zapotřebí zvláště při slabší reprodukci, aby se vyrovnal fyziologický vjem slyšení. Aby každá funkce neměla svůj pár tlačítek může se jejich význam přepínat postupným stlačováním nastavovacího tlačítka BAS - TRE - BAL - FAD - VOL - a tak dál kolem dokola.

Postupnou volbou lze také stiskáváním jediného tlačítka vybírat (SELECT) různé zabarvení zvuku - LINE, kdy je kmitočtová charakteristika v celém slyšitelném pásmu vyrovnaná - lineární, CHURCH (čti čerč - kostel, chrám) nebo HALL - kdy se zvuk rozléhá jako ve velkém sále, POP (populární hudba), CLASSIC (klasická hudba), SPEACH (čti spíč - řeč), ROCK, atd.

Ladění

Ladění (TUNE, TUNING) je obohaceno o předvolbu (PRESET) nejčastěji poslouchaných stanic do paměti (MEMORY). V paměti jsou uložená data, kterými se nastavuje ladící napětí pro ladící prvky (varikapy), odpovídající naladění stanice. Těchto paměťových míst (BANK) může být tolik jako je tlačítek předvoleb (například 1 až 6) nebo jich může být například šest pro AM vysílání na středních vlnách (MW) nebo šest a dalších šest pro příjem FM vysílání na VKV (VHF). Místo prosvětlené skleněné stupnice s mechanickým převodem na ručičku ukazatele bývá displej (DISPLAY). Na stupnicích dřív bývala jména vysílačů od domácího Praha I a Praha II přes cizokrajné Wien, London, Paris až po Luxembourg, Trieste či Roma. Dnešní displeje zobrazují nejen naladěný kmitočet, ale u doplňkových služeb i zkratku názvu vysílače a další údaje.

Ladění je možno provádět ručně (MANUAL) nebo aby se řidič mohl soustředit na řízení, může být ukládání do paměti spojeno s přehledovým laděním (SCAN nebo SEEK), kdy je postupně přeladováno celé kmitočtové pásmo zvoleného

rozsahu (BAND). Princip je velice prostý. Postupně se zvyšuje ladící napětí na varikapech a když je naladěna nějaká stanice, ladění se zastaví a stanice chvíli hraje, po 5 sekundách ladění pokračuje a opět se zastaví na další stanici. To zastavování nedělají žádní trpaslíci, ale při naladění na vysílající stanici se na výstupu objeví nízkofrekvenční signál, který slyšíme jako hudbu nebo řeč a také je možno část tohoto signálu usměrnit a docela jednoduše tímto stejnosměrným napětím řídit obvod pro nastavování ladícího napětí. Technických řešení je víc, ale uživatele zajímá jenom to, že tato funkce za něj proladí celé pásmo. Jestliže se mu naladěný program líbí, může opětovným stiskem tlačítka SCAN nebo nějakého jiného tlačítka zrušit vyhledávání a dál poslouchat tuto stanici. Ukládání stanic (STORE) do paměti může být buď průběžné, naladí se všechny nalezené stanice nebo pouze stanice s nejlepším příjmem (BTM - Best Tuning Memory), nejvíce však jenom tolik, kolik je předvoleb. Nebo je možno do předvoleb naladit pouze své oblíbené stanice například volbou čísla předvolby, naladěním na stanici a stiskem tlačítka pro nastavení SET nebo MEMORY.

Záleží na tom, jestli jezdíte pouze v určité malé oblasti nebo přejíždíte do míst nebo zemí, kde už své předladěné stanice nechytíte. Je v tom také kus exotiky, když přejedete za humna a místo svých oblíbených stanic slyšíte šum a v této komunikačně neznámé krajině spustíte přehledové ladění a ozvou se vám stanice o kterých jste ani netušili. Pokud to při přejezdu na dovolenou musíte udělat několikrát, budete velebit toho, kde na tuhle technickou fintu přišel. Nemusíte znát žádné kmitočty a názvy vysílačů v cizině.

Další technická finta spočívá v příjmu určitého programu, který je vysílán celoplošně z různých vysílačů na různých kmitočtech. V praxi to vypadá tak, že se při přejezdu mimo oblast silného příjmu vašeho programu přijímač sám přeladí na jiný kmitočet, na kterém vysílá tentýž program v místě, kde právě jedete. Takhle samozřejmě vysílají jenom některé programy s celostátní působností.

Citlivost

Velice citlivé přijímače mohou v některých oblastech přijímat mnoho stanic blízkých i vzdálených, což někdy vede i ke zhoršené kvalitě příjmu. Pokud někdo chce poslouchat i tuto slabou stanici přijímanou na velkou vzdálenost (DX, DIST., DISTANCE), má přijímač přepnutý na maximální citlivost. Pokud chcete poslouchat pouze místní - lokální stanice (LO., LOCAL), je v přijímači nastave-

ná jakási prahová hodnota citlivosti (SENSITIVITY), která prostě stanice se slabším signálem natolik potlačí, že nejsou slyšet, naopak jsou slyšet pouze nejsilnější místní stanice s dokonalým příjmem. Samozřejmě že v místech, kde síla signálu kolísá, dochází k výpadkům příjmu. Pak je lepší buď přepnout na dálkový příjem a strpět šum nebo úniky signálu, nebo přeladit na jinou stanici.

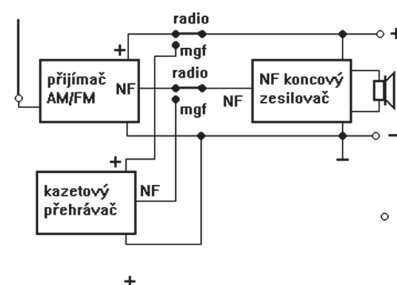
„Hudební skříň“

Zvláště při dlouhých cestách mají mnozí řidiči své oblíbené kazety nebo CD jako zvukovou kulisu, kterou vnímají jako uklidňující pozadí. Po paměti znají pořadí skladeb, jejich pozornost neodvádí žádné reklamy, řeči redaktorů nebo nenadálé zvuky, „jingly“ (čti džingly). Volba zdroje signálu SRC (SOURCE) se také provádí stiskáváním jediného tlačítka - RADIO - TAPE (záznam na pásku) - CD (záznam na kompaktním disku) OFF (vypnuto) a znovu dokola.

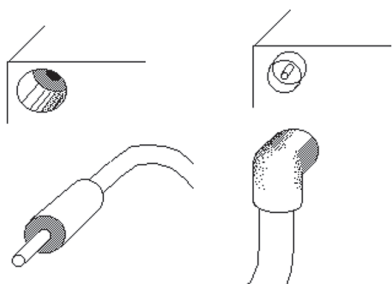
RDS

Velmi užitečnou výbavou je služba doplňkových informací pro řidiče - RDS - Radio Data System, ARI, kde najdete už zmiňovaný seznam alternativních frekvencí (AF) a další užitečné funkce: TA - Traffic Announcement - indikace zpráv o stavu na komunikacích, uváděných zvláštním cvrlikavým návěstím, které umožňuje přednostní poslech těchto zpráv před hudbou. Při poslechu hudby z kazety (CC) nebo přehrávače kompaktních disků (CD) se může jejich reprodukce pozastavit a po skončení relace se opět obnoví v původní hlasitosti. Samočinné vypínání může být také ovládáno napojením na mobilní telefon, radiové pojítko nebo vysílačku, kdy je v případě vyzvánění nebo příjmu selektivní volby poslech z autorádia přerušen, aby hovor nebyl rušen.

Na displeji se také může zobrazit identifikace programu PI (Program Identification), název programu PS (Program Service Name), PTY (Program Type) druh programu - sport, zábava, hudba.



Obr. 4 – Zjednodušené blokové schéma s přepínačem RADIO/MAGNETOFON



Obr. 5 – Anténní konektory bývají různé

CD přehrávač má své další funkce, bylo by to na další povídání. Ovládání některých funkcí je také zdvojeno, ovládací tlačítka umístěna na volantu v dosahu prstů.

Zabezpečení?

Bohužel, autorádia se kradou (THIEF, STEAL). Nepomůže ani montáž velkými šrouby. Zloděj pak rozmlátí palubní desku, většinou poškodí i autorádio, které je pak k ničemu.

Výrobci se snaží krádežím zabránit několika způsoby

a) přijímač je vyjímatelný ze šuplíku, odnesený domů. Rádio majitel přenáší sem a tam jako kočka kořata, ale v palubní desce je pouze prázdná díra.

b) kódování číselným kódem - po zapnutí přijímače se na displeji objeví CODE a je třeba zadat správný kód. Při nesprávném zadání zůstane přijímač určitou dobu nečinný a pak teprve je možno zadat kód znovu. Při dalším nesprávném pokusu se čekací doba prodlouží na dvojnásobek a při dalším zase na dvojnásobek. Pokusů je jenom několik (například 16). Nepomůže ani vypnutí a nové zapnutí nebo odpojení od baterie. Pokud se tento počet pokusů vyčerpá, je možno si nechat přijímač znovu dekódovat po předložení prodejního dokladu - účtenky a záručního listu nebo jiného certifikátu u výrobce nebo autorizované opravny. Ukradení takového přijímače je naprosto nesmyslné, protože bez znalosti kódu je zcela nepoužitelný. Proto je dobré si číslo poznamenat někde doma a ne na kryt přijímače. Mezi lidmi se říká, že „někdo“ to umí rozkódovat, ale většinou to jsou jenom fámy a navíc - slušný servis kradená autorádia neopravuje.

c) kódová karta - přijímač lze aktivovat pouze kódovou kartou.

d) odnímatelný (DETECHABLE) přední panel s ovládacími prvky lze uložit do malého pouzdra jako na brýle a odnést ho v kapsičce s sebou. Bez tohoto panelu je přijímač nepoužitelný a tudíž pro zloděje bezcenný. Nevýhoda: panel vám může upadnout, nebo ho někde zapomenete.

e) otočný, sklopný přední panel se přetočí do klidové polohy bez ovládacích prvků.

f) vývoj pokračuje a přesto se v návozech objevují slovíčka STEAL - krást, STOLEN - ukradený, ANTI THEFT - chráněný proti ukradení.

Montáž autorádia

přenecháme odbornému servisu. Nebo si troufnete vrtat díru pro anténu do karoserie, natáhnout anténní kabel, připojit napájení a do dveřík vyvrtat díry pro reproduktory tam, kam se vejdou, kde nejsou nějaké příčky nebo táhla od otvírání nebo prostor, do kterého sjíždí při otevření okna sklo?

Něco jiného je výměna autorádia za nové.

Napájení bývá obvykle z autobaterie 12V, vedené přes zvláštní pojistku (FUSE). Někdy bývá v pouzdru na kabelu. Kladný (POSITIVE) pól se přivádí na přijímač přes spínací skříňku, přijímač je možno zapnout až při zapnutí klíčku zapalování (IGNITION KEY). Některé přijímače umožňují funkci přijímače ještě maximálně 10 minut po vypnutí, aby se při náhodném opuštění vozidla s hrajícím přijímačem zbytečně nevybíjela baterie a pak po procházce lesem nebylo možno s vozidlem odjet. Záporný pól (NEGATIVE) bývá připojen na kostru (GROUND). Druhý přívod napájecího napětí je veden přímo od baterie, nevypíná se, je to udržovací napětí pro paměť předvoleb. Po jeho odpojení se obsah paměti vynuluje (RESET) a při novém připojení je třeba provést nové nastavení předvoleb.

Reproduktory (SPEAKER) se připojují dvěma vodiči, i když by jeden byl někde připojen na záporný pól. Reproduktoři jsou vpředu (FRONT) nebo vzadu (REAR), levý (LEFT) a pravý (RIGHT), jsou označovány zkratkami

RF - pravý přední

LF - levý přední

RR - pravý zadní

LR - levý zadní

Montáž usnadňuje barevné značení vodičů, zásuvné konektory pro napájení, reproduktory a připojení antény. Běžně se vyskytují dva druhy anténních konektorů - kolík zasouvavý hluboko do konektoru v přijímači nebo konektor pro připojení na vystouplý kroužek konektoru IEC. Pokud máte na kabelu kolík, stačí si koupit přechodku - redukci pro přizpůsobení obou konektorů.

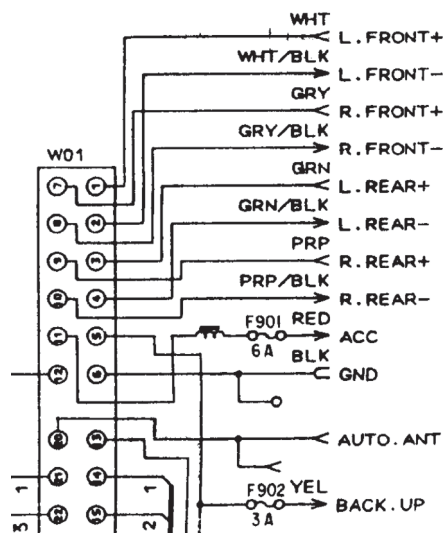
Chyby při montáži se vymstí

Obrácená polarita napětí - obvykle to odnesou elektrolytické kondenzátory připojené přímo ve větvi napájení nebo u reproduktoru. Mnohdy je poznáte na

první pohled - mají vyboulenou, nafouknutou čepičku, nebo z nich vystřelí všechno, co bylo uvnitř. Vypadá to ošklivě, ale mnohdy stačí celý prostor přijímače vyčistit a kondenzátory vyměnit. Mnohdy to ale také odnese koncový zesilovač a je třeba vyměnit integrovaný obvod. Buď mívá veliký odběr proudu, přepaluje pojistku, hřeje se, nebo nedělá vůbec nic. Můžeme zkusit přivést signál z generátoru na vstup a poslechnout si, jestli bude slyšet na výstupu. Pozor na připojování osciloskopu, mívá jeden pól uzemněný a tak by mohl zkratovat výstup, jak jsme probírali v části o zesilovačích.

Přetížení velkou zátěží - někteří kluci si autorádio vylepšují přidáváním dalších reproduktorů paralelně. Víc to hraje do té doby, než se integrovaný obvod koncového zesilovače přepálí. Počítejte: k reproduktoru 4 ohmy přidáte další 4 ohmový reproduktor, výsledná impedance je jenom 2 ohmy. Výkon je dvakrát větší, z výstupu do reproduktorů teče dvakrát větší proud. Pokud jedete pár kilometrů, nějakou dobu vylepšení funguje, ale při delší cestě například na dovolenou na jednu autorádio začne podivně zkreslovat, zeslabí se a pokud ho včas nevyndáte, je konec. Některá autorádia mají funkci automatického omezení výkonu při přehřátí, při vychladnutí opět umožní reprodukci při plném výkonu.

Zkrat na výstupu - uděláte docela snadno. Špatným zapojením při montáži nebo náhodným zkratem při zkoušení různého přepojování kabelů zapnutého autorádia. Výsledek bývá impozantní - deska zapáchá spáleninou, integrovaný obvod může být i viditelně poškozený - prasklý, nafouknutý, odloupený a bývají doslova vypálené cestičky plošných spojů tam, kde tekli největší proud. Lze je nahradit kousky drátu připájenými ke



Obr. 6 – Výřez z firemní dokumentace – zapojení konektoru reproduktorů

zdravé části cestičky a k vývodům nového integrovaného obvodu.

Nehraje kazetový přehrávač - na okraji mechaniky bývá přepínač, na který tlačí po zasunutí kazeta. Je zapnuto napájení pro motorek a vstup zesilovače by měl být přepnutý místo na výstup přijímače na výstup z magnetofonové hlavičky. Mnohdy stačí tento přepínač

vyčistit a nastavit tak, aby spolehlivě přepínal.

Slabý příjem - bývá způsoben špatnou montáží antény, nebo špatné antény nebo kabelu.

Bylo by to na dlouhé povídání, nejlepší učebnice pro vás bude návod k obsluze vašeho autorádia, nebo ještě lépe servisní dokumentace, kterou

můžete zakoupit u specializovaných firem.

Poučení: schraňujte si schémata a dokumentace nejrůznějších přístrojů. I když je nepotřebujete hned, mohou se hodit. Až jich bude víc, naučte se je třídit podle druhů, výrobců. Jestliže na okraji listu není uvedeno k čemu je, napište si to dřív, než to už nikdy nezjistíte.

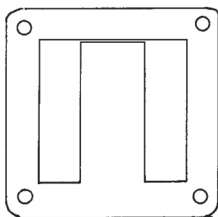
Síťový transformátor

klíčová slova: příkon, průřez jádra, primár, sekundár, ochrana před nebezpečným dotykovým napětím.

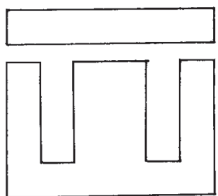
POZOR: vyhláška č. 50/78 Sb stanovuje rozdělení osob podle kvalifikace. Mimo jiné stanovuje, že osoby, které nemají příslušnou kvalifikaci, nesmějí pracovat na zařízení nízkého napětí (do 500 V) pod napětím. Osoby vyškolené a prokazatelně poučené smějí pracovat v blízkosti maximálně 20 cm od nekrytých částí pod napětím a ještě k tomu pod dohledem osoby s vyšší kvalifikací!

Jinak řečeno: pokud jste žáky elektrotechnických odborných škol nebo odborných učilišť, můžete měření provádět pod vedením, nebo ještě lépe dozorem učitelů a mistrů. Pokud již máte odbornou kvalifikaci, není přesto nikdy opatrnosti nazbyt. Tato část školičky je však pro poučení i ostatních. Jestliže má někdo dietu, neznamená to, že si nemůže prohlížet jídelní lístek.

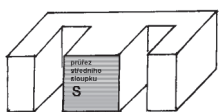
Síťový transformátor je zařízení které mění - transformuje - síťové napětí (u nás 230 V s kmitočtem 50 Hz) na jiné napětí, potřebné pro napájení dalších obvodů.



Obr. 1a – plech M



Obr. 1b – plechy EI



Obr. 1c – Obrázek s plochou středního sloupku transformátoru s jádrem složeným z E plechů

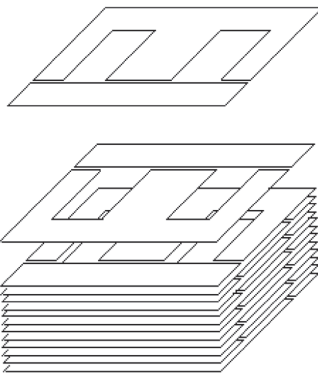
Má dvě vinutí: primární - připojené na síťové napětí a sekundární, ze kterého odebíráme napětí.

Nebojte se teorie, probereme si to prakticky:

Předně: stejnosměrné napětí takto transformovat nejde.

Za druhé: malý transformátor je pro malé výkony a velký pro velké výkony.

Za třetí: silnějšími dráty můžeme vést větší proudy než tenkými dráty.



EI plechy jsou skládány střídavě

Kupujeme transformátor

Nejednodušší je transformátor koupit hotový, profesionálně vyrobený, odpovídající bezpečnostním předpisům. V nabídce katalogů jsou převážně síťové transformátory, takže náš první požadavek je: napětí na sekundáru. Druhý požadavek je na maximální odebraný proud. Když je vynásobíme, máme výkon, což je třetí položka, která se u transformátorů obvykle udává.

Příklad 1.

Pro napájení zesilovače je použitý transformátor s napětím 22 V a proudem 1,5 A. V katalogu jsou ale transformátory rozdělené podle příkonu, co teď?

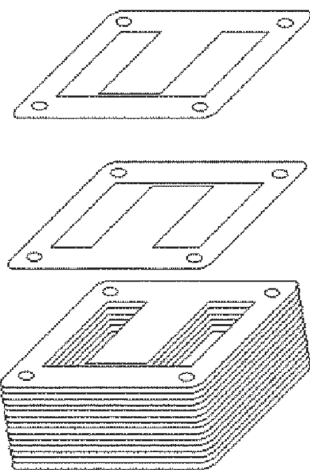
Výkon transformátoru by měl být $P = U \cdot I$ tedy $P = 22 \cdot 1,5$ což je 33 VA.

Příklad 2.

Pro 20W zesilovač chci vyrobit zdroj. Jaký transformátor mám použít?

Nejednodušší odhad říká, že zesilovač má účinnost asi tak 60 až 70 %, budeme uvažovat spíš s tou nižší, takže těch

38. díl



M plechy jsou skládány střídavě

20W výstupního výkonu zesilovače je jenom asi 60% z celkového příkonu.

Příkon tohoto zesilovače tedy je asi $20/0,60 = 33 \text{ W}$.

To je hrubý odhad. Transformátor je drahý, takže je lepší vycházet z přesnějších údajů.

Provedení transformátoru

Na první pohled se liší tvarem a podle jádra se jim říká:

- s plechy EI nebo M
- C neboli céčka
- toroidní, s prstencovým jádrem.

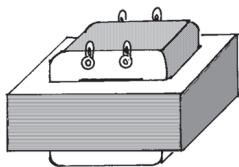
Předně: jádro je skládáno z jednotlivých plechů. Nic se tím nešetří, hmotnost jádra je stejná, jako kdyby bylo z jediného kusu železa, ale zmenší se tím ztráty způsobené vířivými proudy v jádru.

Aby byl uzavřený magnetický obvod, musí být jádro uzavřené a nejjednodušší je ho složit: pojmenování plechů vychází z jejich tvaru - viz obr. 1

Při hodnocení transformátoru uvažujeme také takto:

a) Transformátory s EI plechy se dají snadno vyrobit, první radioamatéři si je vyráběli sami podomácku a ani začínající tovary, dnes zvukových jmen, nebyly o mnoho lépe vybavené, než jich dílničky. A ani dnes není problém si transformátor podomácku navinout.

Nás zajímá, že tyto transformátory zabírají v zařízení tvar krychle.



Obr. 2 – Transformátor s jádrem složeným z plechů

b) Transformátory s C jádrem poznáte snadno, nekouká z nich tolik „železa“, na první pohled vidíte dvě stejně velké cívky vedle sebe, pak teprve si všimnete oblouků jádra, které cívky na obou koncích spojují. Když budete nějaký transformátor na C jádru rozebírat, nejdříve sejmete armaturu, která celý transformátor drží dohromady, potom vám vypadnou dvě části jádra, jako dvě „účka“ a zbydou vám dvě cívky, vzájemně propojené svými vývody.

Nás zajímá, že transformátor je plochý, vejde se do nižšího prostoru. Také je menší, než transformátor pro stejný výkon, vyrobený z EI plechů.

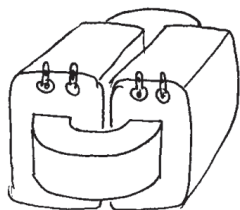
c) transformátor na prstencovém jádru je ozdoba moderního nízkofrekvenčního zesilovače. Technicky dokonalý transformátor pro dokonalé zařízení. Dokonale využité jádro, je celé uvnitř cívky. K montáži stačí jediný šroub uprostřed. V provedení s drátovými vývody toto trafo zabere asi jenom 60% prostoru, který by zabralo trafo s EI plechy pro stejný výkon. Tomu také odpovídá cena.

Takže kromě základních parametrů nás bude zajímat velikost, rozměry a cena.

Při dalším studiu zjistíte, že důležitá je velikost rozptylového pole, které může způsobovat vrčení při reprodukci, tzv. síťový brum, dále způsob vyvedení přívodů, způsob izolace transformátoru, atd.

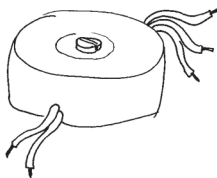
Vývody transformátoru

- na pájecí špičky na izolační liště na vrchu transformátoru
- na pájecí špičky pro osazení do plošného spoje, dole, pod transformátorem
- na svorkovnici (pod šrouby)
- zalisovaný přívod k primárnímu vinutí - síťová flexošňůra - bezpečné provedení
- pouze drátové vývody (například u některých toroidních transformátorů).



Obr. 3 – Neumělá kresba transformátoru s C jádrem

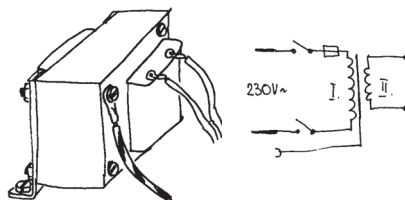
Takže si při koupi můžeme s výhodou vybrat transformátor již s vývody uzpůsobenými pro osazení do plošného spoje nebo transformátor se zalitým přívozem k primáru, někdy i s pojistkou, u kterého máme jistotu, že nehrozí nebezpečí dotyku části pod napětím. To jsou například transformátory 11,7 V pro halogenová světla, které se hodí pro začínající amatéry hlavně z hlediska bezpečnosti.



Obr. 4 – Kresba transformátoru s prstencovým, toroidním jádrem

Oddělení síťového napětí

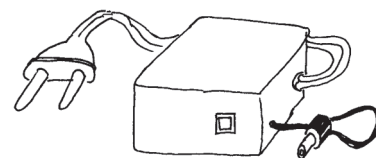
Výrobce by měl zaručit naprosto dokonalé oddělení primáru od sekundáru, aby nedošlo k proražení izolace a tím k průniku sítě do přístrojové části zařízení. Toto nebezpečí hrozí u neodborně nebo nedbale vyrobeného amatérského transformátoru. Kdyby například došlo k proražení izolace mezi primárním vinutím a sekundárním vinutím transformátoru, který má mezi vývody sekundárního vinutí například napětí 10 V, mohlo by mezi kterýmkoliv z těchto vývodů a zemí být napětí až 230 V, tedy přímo síťové napětí!



Obr. 5a – Kostra transformátoru se spojuje s koszrou přístroje a s ochranným vodičem. Schéma zapojení transformátoru u zařízení třídy I.

Připojení síťového transformátoru

Z praxe víte, že k holicímu strojků, síťovému adaptéru nebo televizoru vede pouze dvoužilová síťová šňůra s plochou zástrčkou se dvěma kolíky. Vrtačka, žehlička, remoska, osciloskop, počítač a podobná zařízení mají trojžilovou síťovou šňůru se zástrčkou se dvěma kolíky a dutinkou spojenou s ochranným vodičem. Vše je dáno normami a předpisy, ke kterým postupně také dojdete, teď jenom okrajově uvedeme, že zařízení třídy I, které má kovový kryt nebo části spojené se společnou kostrou - kovové osičky po-



Obr. 5b – Zařízení třídy II má dvojitou izolaci nebo zesílenou izolaci, pohyblivý přívod má vidlici pevně spojenou s kabelem

tenciometrů a knoflíky, vypínače nebo konektory, musí mít trojžilovou síťovou šňůru a třetí žíla musí být připojená na kostru a na kostru se také připojuje jádro transformátoru.

Zařízení třídy II nemá na povrchu žádné vodivé části a transformátor je uvnitř. K napájení stačí dvoužilová síťová šňůra, jejíž vidlice musí být s pohyblivým přívodem pevně, neodělitelně, spojená.

Toto je pouze orientační úvod. Znovu je třeba připomenout, že pro elektrická zařízení oprávněně existují dobré a důsledně dodržované normy a předpisy a jejich opomenutí může znamenat tragédii. Sami zhodnoťte své kvalifikační předpoklady a raději zůstaňte u teorie.

Průřez jádra

Přenášený výkon transformátoru záleží na jeho jádru. Na magnetických vlastnostech, sycení jádra, čistém průřezu „železa“, atd. Vypadá to složitě, ale v praxi se používá jednoduchá poučka:

Průřez jádra v cm^2 je roven asi tak odmocnině z příkonu.

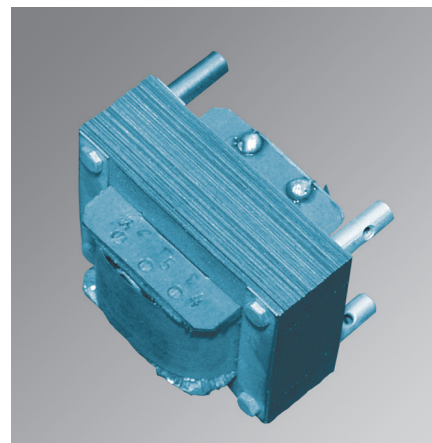
Příklad 3.

Transformátor má mít příkon asi 100VA. Jak velký má být průřez středního sloupku jádra?

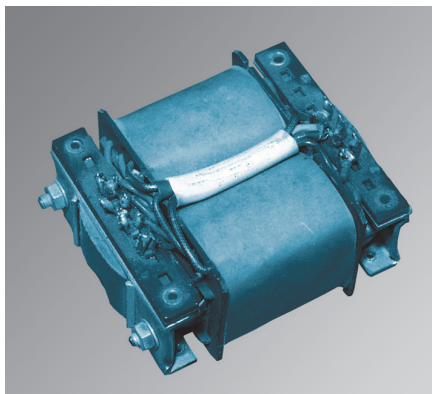
$S = \text{odmocnina z } P$

$S = \text{odmocnina ze } 100$

$S = 10 [\text{cm}^2]$



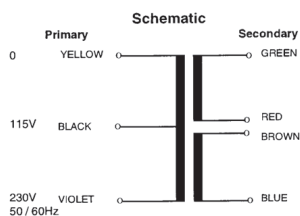
Transformátor s jádrem složeným z EI plechů



**Transformátor s C jádrem
Příklad 4.**

Mám transformátor s EI plechy se šířkou středního sloupku 32 mm a výškou svazku plechů také 32 mm. Jaký je jeho příkon?

Průřez středního sloupku je $S = a \cdot b$
 $S = 32 \cdot 32$
 $S = 1024 \text{ [mm}^2\text{]}$ což je $10,24 \text{ [cm}^2\text{]}$
 Příkon $P = S^2$



Příkon je asi $10,24^2$ což je 104,86 takže výkon je o trochu menší, tedy asi 100 VA.

Tento jednoduchý výpočet vám pomůže už na první pohled odhadnout výkon transformátoru. A naopak. Jestli si myslíte, že malý transformátorek z „rádia“ nebo kalkulačky, který dává napětí, které by se vám hodilo, můžete použít pro výkonný zesilovač, zkuste si odhadnout jeho možnosti tímto jednoduchým výpočtem. To je věc jádra.

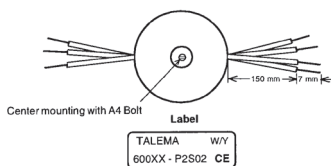
Průřez vodiče

Druhá veličina určující výstupní výkon je proud z transformátoru. Teoreticky byste z malého transformátoru mohli ždímat i vyšší výkon, ale za chvíli byste ucítili zvláštní vůni, pak byste spatřili proužek dýmu a nakonec cítili smrad. Pokud by váš transformátor nezachrá-

nila pojistka, shořelo by vinutí transformátoru „na uhel“. Nejvíce zápachu vydávají prokladové olejové papíry mezi jednotlivými vrstvami vinutí. Znalost tohoto zápachu je důležitá, protože opraváři vadné trafo poznají mnohdy už „po čuchu“. Nečtete aprílové číslo, to je fakt. Průměr drátu pro určitý proud se dá najít v tabulkách, ale obvykle se používají dvě úvahy:

1) proudová hustota v měděném drátu by měla být maximálně $2,5 \text{ A/mm}^2$. Jinak řečeno drátem o průřezu 1 mm^2 smí téci proud maximálně 2,5 A. Pak by se příliš zahříval a mohl by se přepálit.

Pozor, průřez není průměr. Drát o průměru 1 mm má poloměr $r = 0,5 \text{ mm}$. Prů-



Obr. 6 – Toroidní transformátor

řez drátu, tedy plocha kruhu se rovná píkrát π krát r na druhou, tedy $3,14 \cdot 0,5^2$, což je $3,14 \cdot 0,25$, tedy $0,78 \text{ mm}^2$. Tímto drátem by měl téci proud maximálně $2,5 \cdot 0,78 = 1,95 \text{ A}$.

Chytré hlavy zajímá, kde se vzala ta hodnota $2,5 \text{ A/mm}^2$. Zkusmo. Záleží na tom, jestli je vodič veden ve volném prostoru, kde se může snadno chladit, nebo je navinutý na cívce transformátoru.

2) Druhá praktická poučka říká, že průměr drátu má být roven odmocnině z poloviny proudu.

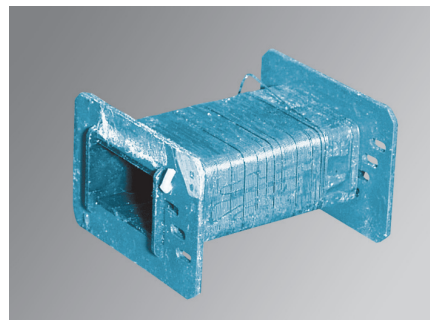
$d = \sqrt{I/2}$
 pro náš případ s proudem 2 A
 $d = \sqrt{2/2}$
 $d = \sqrt{1}$
 $d = 1$ tedy drát o průměru 1 mm pro proud 2,5 A
 $d = \sqrt{2,5/2}$
 $d = \sqrt{1,25}$

$d = 1,128 \text{ mm}$ a kdo tomu nevěří, ať si vypočítá průřez tohoto drátu.

Domácí úkol: jde tento vzoreček ještě trochu zjednodušit?

Takže si shrneme, že při koupi transformátoru musíme uvažovat:

1. transformátor na síťové napětí



Kostra pro vinutí cívky transformátoru

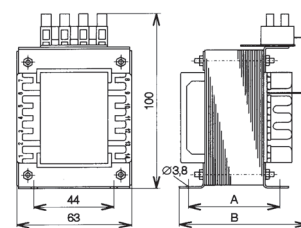
2. výstupní napětí (naprázdno)
3. maximální odebíraný proud (sekundaru), případně výkon transformátoru
4. provedení - tvar jádra
5. bezpečnost provedení

Při odhadu vlastností transformátoru se zaměříme především na:

1. průřez jádra v cm^2
2. odhad výkonu, což je druhá mocnina průřezu $P = S^2$
3. odhad proudu tekoucí vodičem $d = \sqrt{I/2}$

Ostatní přístě.

Použitá literatura:



Obr. 7 – Transformátor s vývody na svorkovnici

katalog transformátorů SVED, elektrotechnické družstvo
 katalog transformátorů TALEMA ELECTRONIC s.r.o.
 katalog transformátorů TBP TRANSFORMÁTOR s.r.o.
 katalog transformátorů TRONIC s.r.o.
 katalog součástek GM electronic str 48-51
 Novák, Kozler; Amatérské součástky a stavba tranzistorových přijímačů, SNTL Praha 1963
 Dvořáček, Marvánek, Elektronika, Alfa, Bratislava 1972

Zhodnocení a úprava síťového transformátoru

Klíčová slova: proud naprázdno, závit na volt, sestava

Při stavbě amatérského zařízení lze koupit nový transformátor podle našich požadavků, nebo použít transformátor, který nám z něčeho zbyl a mohl by se hodit. Pokud na transformátoru není žádný štítek, můžeme přesto zjistit jeho

vlastnosti, případně ho upravit a použít.

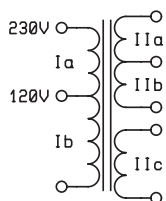
Výkon transformátoru

Předně posuzujeme jeho velikost, přenášený výkon odhadneme podle velikosti středního sloupku S v cm^2 , výkon P je asi S na druhou.

39. díl

Provedení

Pokud je na štítku napsáno, že je to síťový transformátor, máme napůl vyhráno. Pokud vidíme pouze dva vývody, jedná se zřejmě o tlumivku. Tlumivka je cívka pouze s jedním vinutím. A navíc, plechy tlumivek bývají skládány s mezerou. Po



Obr. 1 – Transformátor s odbočkou na primáru a několika sekundáry

tlumivce se chce aby propouštěla stejnosměrný proud a střídavému proudu kladla co největší odpor. Jestliže je jádro tlumivky skládáno z M plechů, zjistíte, že mezi střední částí výseku a obvodovou částí je mezera. S tou nic nenaděláte. U plechů pro síťová trať tam nějaká maličká mezera je, aby vůbec plechy šly skládat, ale u tlumivky bývá vyseknutá mezera 0,5 nebo i 1 mm široká. Pokud takové plechy použijete pro síťový transformátor, bude mít už při zapojení naprázdno znatelně velký proud naprázdno.

Které vývody k čemu patří

Zjistíme, jaké vývody k čemu asi patří. Do transformátoru není vidět, ale můžeme odhadnout, že vinutí tenkým drátem, blíž ke kostře, bude asi primár. Proto by při zkoušení ohmmetrem toto vinutí mělo mít největší odpor. Pokud najdeme dvě takováto vinutí a jedná se o starší transformátor z dob, kdy v síti bývalo 220 nebo 120 V, může se jednat o jedno vinutí s odbočkou pro 120 V nebo rozdělená vinutí pro 120 V a pak ještě pro dalších 100 V.

Další vinutí mohou mít malý odpor, zvláště, mají-li jenom několik závitů silným drátem. To budou zřejmě sekundární vinutí. Může být jedno, nebo jich může být víc. Když už tušíme, které vinutí je asi primární, změříme proud primáru naprázdno. Viz obr. 1.

Proud naprázdno

To znamená, že je připojen pouze primár na síť a na sekundáru ještě není nic připojeno (viz obr. 2). Ještě z transformátoru neodebíráme žádný proud a už sám odebírá proud. Něco odebírat musí, ale ne zase moc. Co je to moc? Jestliže transformátor má přenášet výkon 100W, je hloupé, aby například 30W spotřeboval sám pro sebe. Tak asi desetina by byla přijatelná. Takže čím menší transformátor, tím menší by měl být proud naprázdno a čím větší transformátor, tím může být proud naprázdno větší.

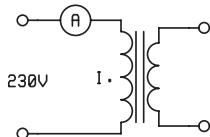
! Protože se jedná o měření, které je vyhrazeno pouze odborníkům, musíme ho provádět podle své kvalifikace buď pod dozorem, nebo dohledem, odborníci sami a ostatní si to nechají změřit a dívají se, jak se to dělá a naměřené

hodnoty si pečlivě zapíší do svého sešitu nebo na samolepku, kterou si na transformátor přilepí, aby příště nemuseli hledat, kam si to napsali a pak měřit znovu.

Zásada: nejprve zapojíme měřený obvod, ampérmetr přepneme na nejvyšší rozsah, zkontrolujeme zapojení a pak teprve připojíme na síťové napětí. Během měření na nic nesaháme, jednu ruku držíme raději za zády a kdyby se něco dělo, ihned napájení odpojíme.

Co by se mohlo dít? Mohlo. Ručka měřicího přístroje letí za roh, trafo voní, nebo páchne, line se z něj dým. Nebo se neděje vůbec nic. Ale obvykle se transformátor chová naprosto klidně, odebírá nějaký malý proud.

Například u transformátoru s výškou plechů 32mm a odhadovanou šířkou středního sloupku 32mm je plocha středního sloupku $32 \times 32 = 1024 \text{ mm}^2$ což je asi 10 cm^2 . Deset na druhou je sto a tak bychom očekávali, že transformátor bude schopen přenášet asi 100 W. Byl naměřen proud naprázdno například 50 mA. Příkon naprázdno tedy je $230 \text{ V} \times 50 \text{ mA}$, což je $230 \times 0,05 = 11,5 \text{ W}$. Takže toto trafo můžeme použít jako síťové.



Obr. 2 – Měření odběru naprázdno

Jestliže si nejsme jisti, jestli vybrané vinutí opravdu lze připojit na síťové napětí, postupujeme po krocích (viz. obr. 3). Do transformátoru nepustíme najednou celé napětí 230 V, ale postupně. K tomu slouží t.zv. regulační transformátor, kterým můžeme nastavovat napětí od „nuly“ až asi do 250 V. Na dílnách bývá starší kulatý, velikosti velkého 5 litrového kuchyňského hrnce, nebo ve skříňovém provedení velkého měřicího přístroje s voltmetrem a síťovou zásuvkou, který v sobě má vestavěné i oddělovací trafo. Nejprve nastavíme napětí 50 V a změříme odběr proudu. Poté nastavíme 100 V a opět změříme proud, pak to samé při 150 V, 200 V a konečně při 230 V.

Pokud by při 150 V proud strmě vzrostl a při pokusu nastavit 200 V by se stále více hrozivě zvyšoval, znamená to, že jádro je už úplně nasyceno a vinutí patří asi 120 V a na 230 V síť připojit nepůjde. (Viz. obr. 4).

Napětí na sekundáru

Když už máme transformátor připojený, změříme napětí na sekundárních vinutích (viz obr. 5). Je to také napětí naprázdno, tedy měřené bez zatížení. Po připojení zátěže toto napětí klesne. Zde se uplatňuje vliv ztrát v transformátoru,

úbytek napětí na ohmickém odporu drátu, kterým je transformátor navinutý.

Další měření se provádí už při skutečné zátěži, nejlépe už na výstupu za usměrňovačem.

Zvláštní transformátory

a) transformátor, který má jedno vinutí s velkým ohmickým odporem a druhé s malým odporem. Při připojení na síťové napětí má sice dost velký proud naprázdno, ale na sekundáru docela použitelné napětí, deset, dvacet voltů. Při rozebírání zjistíme, že má plechy EI složené tak, že E a I jsou zvlášť a mezi nimi je někdy vložený proužek lepenky, takže mezi éčky a íčky je mezera. To není síťový transformátor, ale výstupní transformátor ze starších elektronkových rozhlasových nebo televizních přijímačů.

b) síťový transformátor, používaný v elektronkových zařízeních má obvykle primární vinutí na 220 V s odbočkou pro 120 V a na sekundáru má dvakrát 300 V tenkým drátem pro odběr asi 50 až 100 mA a další vinutí vinuté tlustým drátem má 6,3 V pro proud třeba až 4 A, u ještě starších přístrojů bylo ještě vinutí pro 4 V. Pokud je vám líto dobře provedený transformátor vyhodit, můžete ho rozebrat, nechat navinutý primár a znovu si navinout sekundární vinutí podle našich požadavků.

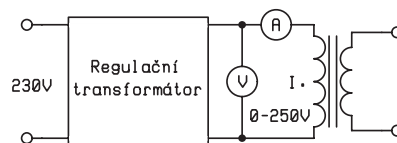
c) síťový transformátor používaný pro elektronické kalkulačky s displejem, kde jedno vinutí pro napájení displeje má asi 90 V až 150 V, další je třeba 12 V. Pokud někdo toto trafo chce použít, nemusí si vinutí pro 90 V všimnout a použije jenom to, které se mu hodí, nebo opět trafo může rozebrat, primár nechat a navinout si svůj sekundár.

d) pozor, všechny transformátory nejsou síťové, zvlášť když rozeberete starou televizi, nebo nějaké neznámé zařízení.

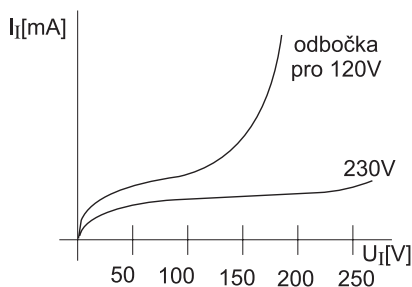
Rozebíráme transformátor

Předně si nepoztrácíme nožičky, lišty, svorky nebo kryt a nerozbijeme si kostru s vinutím. To je pak lepší ji zahodit a navinout celý transformátor znovu.

Někdy bývají plechy stažené plechovou armaturou, kterou stačí stáhnout. Plechy M jsou sešroubované. Po uvolnění stále drží pohromadě. Nejhorší je vydolovat první plech, také se obvykle zničí. Plechy jsou totiž v jádru někdy utěsněny



Obr. 3 – Měření křivky proudu naprázdno



Obr. 4 – Graf závislosti proudu naprázdno na primárním napětí vinutí pro 120 V a vinutí pro 220 V; TRANSFORMÁTOREK ENC 036 2 ZPA Prešov pro 12 , 220 a 380 V/6, 12 a 24 V

klínkem, který se vám nepodaří vytáhnout, protože je zaražený celý dovnitř a není ho za co chytit. Takže si transformátor opřeme o pevnou podložku a snažíme se krajní plech nožem uvolnit po celém obvodu. U plechů EI se podaří odloupnout horní íčko a když transformátor není slepený impregnací, je možno poklepáním na šroubovák opřený o střed éčka plech povystrkat ven. U plechů M se musí plech po celém obvodu uvolnit, na jedné straně půjde nadzvednout, na druhé straně jenom maličko. Někdy ho lze zachytit kombinačkami, ale to je asi tak všechno. Nehnete s ním. Pomůžete si upnutím za vytahovaný plech do svěráku (viz obr. 6). Zapáčením za transformátor plech trošičku popojede. Plech znovu upnete do svěráku o kousek níž a opakujete. Když plech vytáhnete, jdou ostatní vyndávat lépe.

Plech - jsou z jedné strany natřené barvou, lakované, kdysi se mezi ně dávaly tenké prokladové papíry. Každý plech totiž musí být od ostatních magneticky izolován. Kdyby nebyly odděleny, bylo by jádro jedna velká kostka, kde by vířivé proudy mohly rejdit celým jádrem a celý efekt jádra složeného z plechů by byl ztracen. Transformátor by měl velký odběr. Plechy si na stůl odkládejte tak, jak jste je vyndali. Pokud byl transformátor impregnován ve vosku, nebo parafinové hmotě, je na pohmat kluzký a při opětovné montáži by se vám možná ani všechny do kostry nevešly. Proto bude zapotřebí vosk smýt nějakým rozpouštědlem. Nedávejte je na kamna, protože zahřátím plechů by se změnila jejich magnetické vlastnosti. Při výrobě se plechy po vysekání lisem ještě žihají při určité teplotě.

Svorníky - tedy šrouby které transformátor drží pohromadě také na sobě mají navléknutou izolační trubičku nebo jsou alespoň ovinuté proužkem papíru. Opět se jedná o izolaci, aby nedošlo k magnetickému zkratu mezi plechy. Totéž platí pro proužek lepenky vložený do armatu-

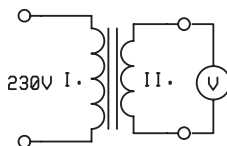
ry, která drží pohromadě transformátor složený z EI plechů.

Počet závitů

Když chceme na transformátor navinout nový sekundár, musíme vědět, kolik závitů máme navinout. Nejjednodušší je výpočet trojčlenkou.

Příklad: ze sekundáru, který původně dával 6,3 V jsme odvinuli 32 závitů. Výpočtem zjistíme, kolik je závitů na jeden volt. Zde to je $32 : 6,3 = 5$. Jestliže chceme nové sekundární vinutí například 20V (střídavé napětí, po usměrnění bude vyšší), vypočteme počet závitů $n_2 = 20 \times 5$ což je 100.

Pokud se nám při odvíjení počet závitů nepodařilo přesně spočítat, můžeme použít přibližný odhad podle vzorečku, který pro kmitočet sítě 50 Hz a syčení jádra 1T (jeden Tesla) udává počet závitů na jeden volt jako podíl $45/S$, kde S je plocha středního sloupku v cm^2 . Je to jenom přibližné, protože neuvažujeme ztráty. Výpočet transformátoru bývá uváděn v učebnicích, teď ho přeskočíme.



Obr. 5 – Měření napětí naprázdno Vineme sekundár

Po odvinutí původního sekundáru nám zůstane pouze primár, který chceme zachovat. Sekundár musí být od primáru, který je připojen na síť, dokonale oddělen. V praxi to bývá

- vrstvou prokladového papíru, navinutou na primáru,
- oddělením přepážkou. V jedné komůrce je primár a ve druhé sekundár. Někdy bývají tyto komůrky opravdu oddělené, na jádro se mohou nasadit jedna po druhé. To je výhodné při průmyslové výrobě.

Někdy můžete při rozebírání transformátoru pod sekundárem najít jeden závit měděné fólie přes celou šířku kostry, připojené naletovaným drátem na kostru přístroje. Tato fólie v případě proražení vinutí zkratuje napětí na kostru a pak je věcí pojistky, aby obvod rozpojila. Pozor! závit není kolem dokola spojený! To by vznikl závit nakrátko. Pod měděnou fólií je vložený prokladový papír, aby se na konci fólie nezkratovala se svým začátkem.

Průměr drátu

Musíme uvažovat tři hlediska:

- Průměr drátu volíme podle požadovaného odebíraného proudu. V minulém čísle jsme uvažovali proudovou hustotu $2,5 \text{ A/mm}^2$. U sekundáru, který je na po-

vrchu transformátoru a lépe se chladí, může být proudová hustota až 4 A . Jde zde hlavně o oteplení, které nesmí transformátor zničit ani při trvalé zátěži.

2) Možný odebíraný proud vypočítáme z výkonu transformátoru a sekundárního napětí.

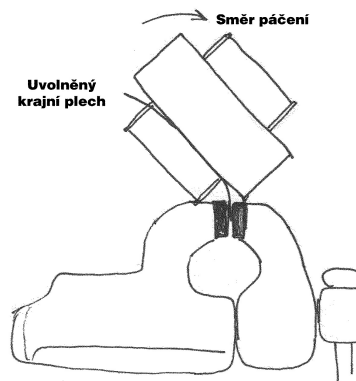
Například máme transformátor pro 100 W a na sekundáru budeme mít 20 V . Místo 100 W příkonu budeme na sekundáru uvažovat po ztrátách asi o 10% méně. Takže teoreticky by bylo odebírat proud $90 : 20 = 4,5 \text{ A}$. Jestliže bychom dovolili proudovou hustotu 3 A/mm^2 , bude potřebný průřez drátu $4,5 : 3 = 1,5 \text{ mm}^2$. Průměr vypočítáme podle známého vzorečku. (vypočteme e na druhou $1,5 : 3,14 = 0,5$ a e je odmocnina z $0,5$, což je $0,7$. To je průměr. Průměr drátu je $D = 2 \times r$, což je $2 \times 0,7 = 1,4$). Takže použijeme drát o průměru $1,4 \text{ mm}$

3) Vejde se nám drát do okénka v kostře? Jestliže ne, máme dvě možnosti. Buď nechat to, co se podařilo navinout a napětí bude menší, nebo použít tenčí drát. Kdo má rád teorii, najde všechno v tabulkách.

Konečná montáž

Po navinutí poslední vrstvy vývod přivážeme ke kostře a na vinutí ještě navineme další prokladový papír, aby transformátor byl chráněn před odřením. Ještě lepší je transformátorové plátno. Nezapomeneme buď pod poslední vrstvu vložit štítek s údaji o transformátoru, nebo je napíšeme na samolepku a přilepíme nahoru.

Plechů opět skládáme střídavě, po zastrčení posledního plechu někdy bývá nutné mezi jádro a kostru zarazit plochý klínek z přihroceného pertinaxu. Jádro položíme na rovnou pevnou plochu a poklepáním bronzovou paličkou, nebo spíš kladívkem, ale přes špalík z tvrdého dřeva, plechy srovnáme. Po konečném sestavení se v průmyslu transformátory impregnují buď tlakově



Obr. 6 – Krajní plech je chycen ve (svěráku a páčením povytahován ven

parafínovou hmotou, transformátory pro zvláštní účely se zalévají zvláštní pryskyřicí. Pro naše účely alespoň transformátor z boku natřeme barvou. Nitocelulozová schne rychle, syntetická celý den. To není pro okrasu, ale mezi plechy předně nemůže vnikat vlhkost a plechy nereznou. Plechy slepené barvou také nemohou drnčet, bruchet v rytmu síťového kmitočtu. Všimněte si, že plechy, na které sáhnete rukou, reziví. I trocha potu je agresivní.

Pokud je transformátor vkládán do plechové armatury, nezapomeneme na papírovou vložku. Po zhotovení se v průmyslu transformátor nejdříve zkouší napětovou zkoušečkou na průraz mezi primárem a kostrou a také mezi primárem a sekundárem. Podle různých předpisů by měl vydržet po určitou dobu napětí 2000 V. Dále se měří odběr naprázdno a sekundární napětí na prázdko.

Pokud si na 100 % nejste jisti, že transformátor je naprosto bezpečný, nepoužijte ho. Nebo si ho nechte přezkoušet u odborné firmy.

Upravili jste si v minulém čísle vzoreček pro výpočet průměru drátu? Slovně řečeno je možno odmocninu z proudu děleného dvěma rozdělit na odmocninu proudu násobenou odmocninou z jedné poloviny, takže výsledný vzoreček je velice jednoduchý $d = 0,7 \cdot \sqrt{I}$. (Odmocniny se nešikovně sázejí a tak je vhodnější jednořádkový „počítačový“ zápis).

Návrh transformátoru

klíčová slova: typizovaná jádra, počet závitů, plnění kostry

Transformátor lze koupit nový, nebo ho prostě navinout. I když ho nebudete navíjet, můžete vědět, z čeho se při výpočtu vychází. Teoretický rozbor je obvykle v učebnicích elektrotechniky [viz seznam literatury na konci článku], nebo například v Radio plus KTE č. 5 a 6/1998. Protože jsme praktická škola, vezmeme to opět spíše prakticky na příkladu. Chceme transformátor z 230 V na 25 V/1,5 A.

1. Výkon transformátoru $P_2 = U_2 \times I_2$

$$P_2 = 25 \times 1,5$$

$$P_2 = 37,5 \text{ [W]}$$

2. Příkon bude vyšší. Ztráty prý bývají asi tak 10 %. Nemusíte tomu věřit. Nakonec si je můžete sami změřit, stejně jako první konstruktéři transformátorů, v jejichž stopách teď jdete i vy. V našem zjednodušeném příkladu tedy k výkonu připočteme 10 %.

$$P_1 = P_2 \times 1,10$$

$$P_1 = 37,5 \times 1,10$$

$$P_1 = 41,25 \text{ [W]}$$

3. Mohli bychom vypočítat plochu středního sloupku, ale raději se podíváme do

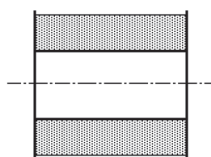
typ	výkon	výška	n1V	n1V	plocha	plocha
plechu	[W]	[mm]	0,5 mm	0,3 mm	1x	2x
M12	5	14,5	26,6	30,4	1,30	1,26
M17	15	19,5	14,0	15,9	2,21	2,06
M20	25	26,5	8,7	10,0	3,06	3,00
M23	50	31,5	6,4	7,3	4,25	3,98
M29	70	32,5	5,0	5,9	4,44	4,19
M34	120	35	3,92	4,5	6,84	6,48
M34	180	52	2,63	3,0	6,84	6,48

Tab. 1 – Zjednodušená tabulka transformátorových plechů typu M

Typ plechu – označuje vlastně šířku středního sloupku plechu
výkon – maximální výkon
výška – výška svazku plechů
n1V – počet závitů na 1 V pro jádro z plechů 0,5 mm
plocha – plocha okénka pro vinutí s vývody na jedné nebo na obou stranách

tabulek typizovaných transformátorů. Například u plechů M je pro plechy velikosti M12 příkon 5W, pro M17 je to 15W a tak dále. Pro náš vypočítaný příkon 41,25 W najdeme nejbližší vyšší jádro, tedy M23.

4. Mohli bychom vypočítat počet závitů na jeden volt, ale raději se opět podíváme do tabulek. Pro toto jádro jsou zde dva údaje. Jeden pro plechy silné 0,5 mm a druhý pro plechy silné 0,3 mm. Změříme si, jaké plechy máme a pokračujeme ve výpočtu. (Nemáte posuvné měřítko?



Obr. 1 – Okénko pro vinutí na kostře

Tak si na sebe položte třeba dvacet plechů, změřte celkovou tloušťku a podělte dvaceti.) Pro náš případ je u plechů silných 0,5 mm, 6,4 závitů na 1 V.

5. Počet závitů na primáru je

$$n_1 = U_1 \times n1V$$

$$n_1 = 230 \times 6,4$$

$$n_1 = 1472 \text{ [závitů]}.$$

6. Počet závitů na sekundáru je

$$n_2 = U_2 \times n1V$$

$$n_2 = 25 \times 6,4$$

$$n_2 = 160 \text{ [závitů]}.$$

7. Pozor na ztráty v transformátoru. Něco se ztrácí v „železe“ jádra a něco v „mědi“ vinutí. Celkem jsme uvažovali 10 % a tak jsou dvě řešení, v literatuře a programech se používají obě:

a) na sekundáru přidáme o 10 % závitů víc, nebo

b) na sekundáru přidáme o 5 % závitů víc a na primáru 5 % ubereme.

Takže při přidání 10% závitů na sekundár nám vyjde počet závitů

$$n_2 = 160 \times 1,10$$

$$n_2 = 176 \text{ [závitů]}.$$

8. Mohli bychom vypočítat průměr drátů, ale podíváme se do tabulek. Pro maximální proud sekundárem 1,5A v tabulkách najdeme drát o průměru 0,85 mm.

40. díl

typ	výkon	výška	n1V	n1V	plocha	plocha
plechu	[W]	[mm]	0,5 mm	0,3 mm	1x	2x
E12	3	10	39,4	44,0	0,56	0,46
	4	12,5	31,5	35,2		
	5	16	24,8	27,6		
	6	20	19,7	22,1	1,10	0,95
E16	5	12,5	23,7	26,5		
	6	16	18,5	20,6		
	8	20	14,8	16,5		
	10	25	11,85	13,3	1,80	1,43
E20	8	16	14,8	16,5		
	10	20	11,85	13,3		
	20	25	9,58	10,2		
	30	32	7,36	8,35	2,74	2,30
E25	30	20	9,58	10,2		
	40	25	7,66	8,5		
	60	32	5,92	6,6		
	80	40	4,74	5,3	5,10	4,45
E32	60	25	5,92	6,60		
	100	32	4,64	5,17		
	150	40	3,69	4,12		
	200	50	2,96	3,30		

Tab. 2 – Zjednodušená tabulka plechů typu EI – viz [3, 4, 5]

Ha, kde je proud primáru? Ten musíme vypočítat z příkonu a síťového napětí

$$I_1 = P_1 : U_1$$

$$I_1 = 41,25 : 230$$

$$I_1 = 0,1793 \text{ což je asi } 0,18 \text{ A.}$$

Pro tento proud najdeme v tabulkách drát o průměru 0,3 mm.

9. Takže bychom mohli shrnout:

I. 230 V/0,18 A - 1472 záv. prům. 0,3 CuL

II 25 V/1,5 A - 176 záv. prům. 0,85 CuL

(CuL znamená měděný lakovaný drát.)

Vejde se nám to na kostřičku? I to se dá z chytrých tabulek zjistit. Počítá se tak zvané plnění kostry. Každý typ jádra má určité rozměry a pro vinutí je na kostře okénko určité velikosti.

Tabulky nám nabízejí možnost uvažovat vývody

a) jenom na jedné straně

b) na obou stranách

Pro náš případ je plocha okénka 3,89 cm².

průměr drátu [mm]	počet závitů na 1cm ²	proud [mA] při hustotě 2,5 A/mm ²
0,1	6000	20
0,15	2800	44
0,18	2000	63
0,20	1650	78
0,224	1350	88
0,236	1250	110
0,250	1100	123
0,280	870	154
0,30	770	177
0,315	690	194
0,355	625	220
0,335	560	245
0,375	510	275
0,4	450	314
0,423	400	355
0,45	360	400
0,475	325	442
0,5	300	490
0,53	265	550
0,56	240	616
0,6	210	705
0,63	190	785
0,67	170	880
0,71	155	990
0,75	140	1100
0,8	120	1250
0,85	110	1420
0,9	100	1590
0,95	90	1770
1,00	83	1965
1,06	74	2200
1,12	65	2400
1,18	56	2740
1,25	50	3030
1,32	44	3420
1,40	40	3750
1,50	33	4500
1,6	28	5000

Tab. 3 – viz [3]

Jakou plochu zabere vinutí?

V tabulkách najdeme kolik závitů se vejde na 1cm². Z toho vypočítáme, kolik cm² zabere naše vinutí.

10. Plocha vinutí

Primární vinutí n1 má 1472 závitů drátem o průměru 0,3 mm, kterého se do 1cm² vejde 770 závitů. Vypočteme jeho plochu:

$$S1 = 1472 : 770 \text{ což je } 1,91 \text{ cm}^2.$$

Sekundární vinutí n2 má 176 závitů drátem o průměru 0,85 mm, kterého se do 1cm² vejde 110 závitů.

Vypočteme jeho plochu:

$$S2 = 176 : 110 \text{ což je } 1,6 \text{ cm}^2.$$

Obě plochy sečteme a měly by se nám vejít do okénka:

$$S = S1 + S2$$

$$S = 1,91 + 1,6$$

$$S = 3,51 \text{ cm}^2$$

V tabulce je plocha pro vinutí jenom 3,89 cm² takže se nám naše vinutí na kostru vejde.

Pokud ne, budeme upravovat. Jestliže chybí jenom málo, uvážíme, jestli budeme opravdu potřebovat takový výkon a jestli by nestačil o trochu tenčí drát. Jestliže chybí víc nebo moc přebývá a transformátor by byl nevyužitý, zvolíme jinou velikost transformátoru a znovu přepočítáváme. Je lepší raději déle uvažovat a počítat, než navinout nepoužitelný zmetek a zkažený materiál vyhazovat. Příroda není nevyčerpatelná, je třeba materiálem dobře hospodařit.

Zjednodušená tabulka transformátorových plechů typu M:

typ plechu - označuje vlastně šířku středního sloupku plechu
výkon - maximální výkon
výška - výška svazku plechů
n1V - počet závitů na 1V pro jádro z plechů 0,5 mm a 0,3 mm

plocha - plocha okénka pro vinutí s vývody na jedné nebo na obou stranách

Tento typ plechů vychází z německé normy DIN a u nás ho používala napří-

klad TESLA Strašnice. Pro tyto výkony stačilo pouze 6 typů plechů a 7 velikostí kostříček a samozřejmě i přípravků na navíjení - špalků, bočnic, atd., což představovalo 7 velikostí transformátorů.

U plechů typu EI jsou pro každý typ plechu 4 velikosti kostry, což představuje čtyři krát víc velikostí transformátorů a tak je možno pro určitý vypočtený výkon zvolit nejvhodnější velikost transformátoru, takže se uspoří měď, železo. Každý typ těchto plechů má své výhody.

Tabulky průměru drátu jsou pro rychlou orientaci, obejdete se i bez nich, jenom s papírem a tužkou.

Protože sekundár je blíž k povrchu transformátoru, můžeme připustit proudovou hustotu například 3 A/mm². Jak velký bude průměr drátu pro proud 1,5 A?

$$\text{Průřez } S = 3 : 1,5 \text{ což je } 2 \text{ mm}^2$$

Z toho vypočteme průměr D = 0,797 a nejbližší vyráběný drát má průměr 0,8 mm. Takže si tuto tabulku můžete klidně kdykoliv sami pomoci jenoduchého programu vytvořit a vytisknout.

Literatura:

- [1] Radio plus KTE 5/1998 - Transformátory str. 22–24
- [2] Radio plus KTE 6/1998 - Transformátory str. 23–24
- [3] Radiový konstruktér 4/1974 str. 18–26 a titulní list
- [4] Rádiotechnická příručka, Bratislava 1973 str. 108–124, překlad [5]
- [5] Telefunken Laborbuch I, Ulm/Donau 1961
- [6] Mařátko; Elektronika pro SPŠE, SNTL Praha 1987, str. 75–78
- [7] Mařátko, Fojtová; Elektronika pro 3. roč. SPŠE, SNTL Praha 1981, str. 421–424
- [8] Faktor, Zdeněk; Transformátory a cívky pro elektroniku, BEN 1999
- [9] Breyll, Hudec, MK-B/1992 program pro Návrh transformátorů V 1.1
- [10] Radio plus KTE 2/2000 str. 34–38
- [11] Rádio plus KTE 3/2000 str. 34–36 atd.

Co se starou CD-ROM?

Klíčová slova: kompaktní disk, CD-ROM, laser, napájecí zdroj

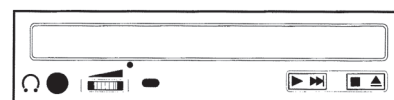
Pokud se vám dostane do ruky vyřazená CD-ROM, je vyřazená asi proto, že - je opravdu vadná, nebo - je už pomalá, ale dobrá.

Na první pohled vidíte, že je to plochá uzavřená krabice, na jedné straně má čelní panel (viz obr. 1) uzavřený dvířky výsuvných saní pro vložení CD, tlačítko pro vysouvání a zasouvání saní, vlevo malou díрку konektoru pro sluchátka

a vedle něj okraj zoubkovaného kolečka regulátoru hlasitosti a indikační LED. Novější CD-ROM mají ještě druhé tlačítko pro skokový přechod na další stopy.

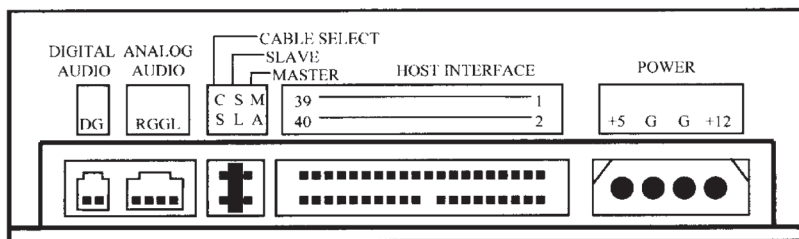
Na zadní straně (viz obr. 2) je několik konektorů, u kterých obvykle bývá popis:

- DC INPUT - napájecí konektor pro 5V= a 12V=.
- 40 pinový dvouřadový konektor pro připojení datové sběrnice, stejný jako u harddisku, označený například HOST INTERFACE nebo ATAPI a podobně.



Obr. 1 – Čelní panel CD-ROM

- MODE SELECT - tři dvojice propojek označené :
 - CS. nebo CSEL
 - MA. nebo MASTER (stejně jako u harddisku - jestliže je zapojen jako řídicí)



Obr. 2 – Konektory na zadní straně CD-ROM

- SL. nebo SLAVE (u harddisku znamená, že je druhý, řízený)
Propojka obvykle bývá na SL, tak jí tam můžeme nechat.
- DIGITAL AUDIO - dvoupinový konektor - digitální výstup pro další zpracování v PC
- AUDIO OUTPUT (L - GND - GND - R) - výstup analogového stereofonního signálu.

Pokud CD-ROM již v počítači dosloužila a budeme jí chtít zkusit využít jako jednoduchý přehrávač CD se zvukovým záznamem, použijeme pouze jediný konektor - napájení. Napájecí konektor získáme z nějakého vraku PC nebo v nějakém bazaru nebo firmě, která se zabývá přestavbami PC.

Napájecí zdroj

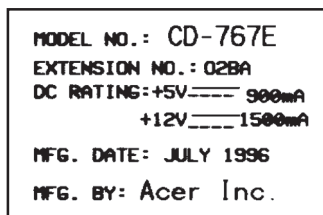
musí mít obě dvě napětí 12 V= i 5 V=. Obě napětí se musí současně zapnout a také současně vypnout. Pokud připojíte pouze 12 V, v mechanice to hrozivě zavrčí, případně vyjedou saně ven, zevnitř se bude ozývat cvakání přeskokování převodů posuvu laserové hlavičky na krajním dorazu. Tak byste si mechaniku mohli zničit.

Můžeme použít napájecí zdroj z PC, nebo zdroj můžeme s našimi znalostmi vyrobit. Velikosti proudů najdete na typovém štítku CD-ROM. Na štítcích namátkou vybraných CD-ROM (viz obr. 3) jsou tato údaje:

CD-767E Acer
5 V = /900 mA
12 V = / 1500 mA

CDR-130A NEC
5 V = /0,9 A
12 V = / 1,2 A,

na některých je uvedeno jenom napětí, vypalovačka CDR má uveden příkon 11W.



Obr. 3 – Typový štítek s uvedením napájecích napětí

V návodu ke stavbě zdroje pro CD-ROM v KTE č. 11/1996 na straně 271-274 je uváděné napájecí napětí CD-ROM 5 V/0,6 A a 12 V/0,7 A

Při měření různých CD byl odběr proudu u 5 V= asi 300 až 400 mA a u 12 V= při rozjezdu motoru asi 800 mA a pak při rovnoměrných otáčkách disku asi 300mA. Takže lze předpokládat, že ani vaše CD-ROM nebude mít odběr větší než 1A a tudíž je možno použít obvyklé stabilizátory typu 7805 a 7812, které je možno použít až do odběru proudu 1 A, (vyšší proud vestavěná elektronická pojistka omezí a napětí klesá).

Obě dvě napětí je třeba zapínat a vypínat současně, nejlépe dvojitym vypínačem na výstupu zdroje. Při vypnutí zdroje síťovým vypínačem zůstávají nabité elektrolytické kondenzátory ve zdroji a na některém z výstupů může napětí zůstat o chvilku déle než na druhém. Kdo chce mít jistotu, může si zkonstruovat obvod, který bude hlídat přítomnost obou napětí a při poklesu jednoho z nich obě dvě vypne.

Jazykový koutek

Cédéčko je podstatné jméno rodu středního, běžně skloňované podle vzoru město a v češtině úplně zdomácnělo. C znamená slovo COMPACT - kompaktní, celistvý a bylo použito nejdříve u kompaktních kazet magnetofonových pásek, se kterými se na rozdíl od pásku na cívkách báječně zachází, jsou to ty známé kazety, označované CC (ale toho si všimá málokdo). Když Philips přišel se svým záznamem na optický disk, dostal označení CD - compact disc. To není chyba, ve slově disc je opravdu „c“.

DISK je disk pro magnetický záznam - harddisk, floppydisk a DISC i s typickým tvarem písma a logem je disk pro optický záznam.

První byl záznam hudby a záhy se přišlo na možnost zaznamenávat místo hudby i počítačová data, tedy COMPUTER DATA a tak vznikl disk CD-ROM. Zkratka ROM znamená, že je to médium, které slouží k uložení počítačových dat pouze pro čtení - „read only memory“. Naše cédéčko s nahrávkami hudby je technicky označované jako CD-DA kde DA znamená DIGITAL AUDIO, protože

záznam na rozdíl od gramofonové desky nebo magnetofonového záznamu je proveden digitalizací, tedy převodem zvukového - audio signálu vzorkováním s kmitočtem 44,1 kHz a 16 bitovým převodem a dalším velice důmyslným zpracováním do digitálního tvaru a pak zaznamenán vypálením do disku. Výroba disku by byla na dlouhé povídání, nás zajímá to, že jednotka CD-ROM ve které lze přehrávat CD s počítačovými daty může přehrávat i běžná CD s hudbou. Proto je na předním panelu konektor pro sluchátka a regulátor hlasitosti.



Obr. 4 – Značky zaručující bezpečné provedení a označení laseru 1. třídy

Zesilovač

Zesilovač pro tuto jednotku by měl být stereofonní a měl by mít vstupní citlivost takovou, aby ho bylo možno vybudit výstupním napětím pro sluchátka, tedy asi od 100mV. To už jsme počítali, uvažujeme-li například výkon do sluchátek 1 mW a impedanci sluchátek například 16 ohmů, ale to už je jiná kapitola. Pro běžné poklidné hraní stačí například maličký zesilovač s TDA2822M publikovaný v KTE 2/99 na straně 6-7 jako stavebnice č. 396 (lze objednat v redakci). Nepotřebujete regulátor hlasitosti, protože ten je už na předním panelu CD-ROM. K napájení stačí adaptér.

Výstupní úroveň linkového výstupu bývá 0 dB, tedy 0,775 V a pokud má zesilovač větší citlivost, je nutno na vstupu přidat dělič napětí tvořený rezistorem a potenciometrem.

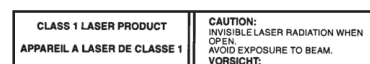
Pokud si chcete z CD-ROM udělat přehrávač na CD, vyplatí se vám udělat si do jednoho zařízení

- zdroj pro CD-ROM i
- zdroj pro zesilovač a ještě vestavět i
- stereofonní zesilovač.

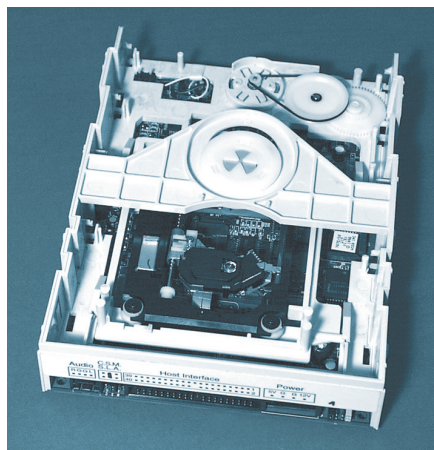
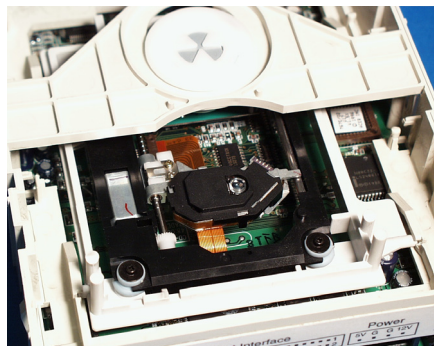
Může vás napadnout otázka: proč bych měl dělat přehrávač z CD-ROM, když ho mám v počítači? Proč ne? Když máte fungující dobrou CD-ROM, její příkon i s příkonem zesilovače bude tak do 10 W, počítač i s monitorem má příkon mnohonásobně větší - stovky wattů.

Pozor!

Na CD-ROM je spousta různých typových štítků (viz obr. 4. a 5) a výrazný



Obr. 5 – Značka – pozor neviditelné záření



Detailní fotografie části s optikou a ukrytou laserovou diodou plus celkový pohled ze zadní strany

žlutý štítek CLASS 1 LASER PRODUCT. Zvláště v návodu k tzv. „vypalovačce“ CD-ROM je zdůrazněno, že nemáte snímat kryt, protože uvnitř je laser. Požadavky k zajištění bezpečnosti při práci s laserem stanoví vyhláška Českého úřadu bezpečnosti práce č. 124/1982 Sb. Do třídy 1 patří lasery, u kterých nejvyšší výkon záření nepřevyšuje nejvyšší přípustné hodnoty (není nebezpečný lidským očím), ale také všechny plně zakrytované lasery, jejichž kryt je upraven tak, aby jej nebylo možno otevřít bez pomoci nástrojů a aby při jeho otevření došlo k přerušení chodu laseru. Na štítcích CD-ROM najdete i další značky zaručující bezpečnost a shodu s mezinárodními standardy, např. IEC 825:

1993 - Safety of laser products, značku CE atd.

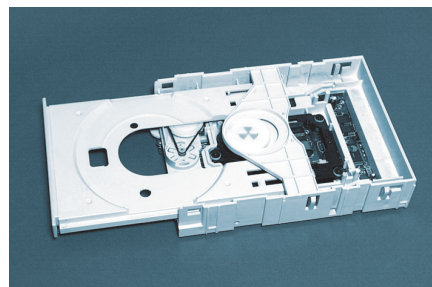
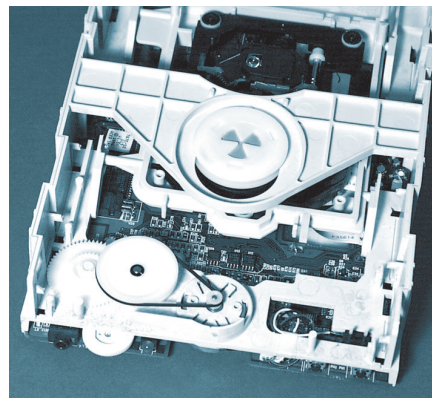
Druhy CD

(Podle Dr. Bernarda Steinbrinka)

Zvuková CD měla od r.1982 na trhu velký úspěch, počítačový průmysl zjistil, že velké množství digitálních audio dat může být nahrazeno digitálními počítačovými daty. Tak se zrodil CD-ROM. Základem byla Červená kniha (Philips/Sony 1982) ve které definuje Audio CD (CD-DA), specifikace CD-ROM byla uvedena ve Žluté knize (1984), pro použití zvukového záznamu, video záznamu a animací v programech (čemuž dnes říkáme multimedia) musela být rozšířena, tak byl v Zelené knize (1987) definován Compact Disc - interactive (CD-i). Interaktivní programy mohou být spouštěny pouze na počítačích nebo přehrávačích CD-i.

Nejznámější cédečko - Audio CD (CD-DA) je určeno pro záznam a lze je přehrávat na přehrávačích CD a na CD-ROM. Zvukový záznam je také na CD - Mixed Mode - se smíšeným záznamem. Zde jsou data uložena na první stopě (první na řadě při přehrávání) a na dalších stopách je zvukový záznam. Moderní přehrávače první stopu umlčí, zatímco starší přehrávače se snaží přehrávat i první stopu, což se projeví hlasitým pištěním, které však může zničit reproduktory nebo zesilovač. Aby se tomu předešlo, byl v roce 1996 představen nový systém nazývaný CD-Extra (známý i pod názvy CD-Plus, Enhanced CD nebo multisession), definovaný firmami Philips a Sony v Modré knize. Na tento disk by se přednostně mělo hledět jako na audio CD, který výhodně poskytuje nevyužitý prostor na většině audio CD pro přídavné informace, které mohou být interpretovány jednotkami CD-ROM a multimediálními počítači.

Pozor, zvukový záznam je na prvních stopách a počítačová data jsou na konci. I když nově audio přehrávače data umlčí, ostatní je budou chtít přehrávat jako zvukový záznam a opět může dojít ke zničení k zesilovači a reproduktorů. Pro-



Nahoře část s poháněcí mechanikou, dole celkový pohled

tože audio přehrávač jsou schopné přehrávat pouze stopy prvního záznamu na CD, budou hrát vždy, když najdou první záznam. Ale řadič CD-ROM, která je schopná přehrávat CD-Extra, se vždy nejdříve podívá na poslední záznam na CD (na datovou část) a začne ji číst dříve, než začne cokoliv dělat s prvním audio-záznamem.

Odkazy na literaturu:

- [1] Manuál k CD-ROM ATAPI/E-IDE
- [2] Vrbová, Jelínková, Gavrilov - Úvod do laserové techniky, ČVUT Praha 1994
- [3] Henderson - A guide to laser safety, Chapman & Hall, 1997
- [4] Manuál k CRW4416SX Yamaha
- [5] Manuál k CRW6416S Yamaha
- [6] WinOnCD 3.6 - manuál k softwaru CeQuadrat
- [7] KTE 2/99 str 6,7 - Zesilovač s TDA2822M

Údržba a oprava mikropáječky

Klíčová slova: mikropáječka, metoda porovnávání, nastavení teploty

Na mnoha dílnách se používá mikropáječka, která má dvě části: vlastní páječku a zdroj napětí. Na mnoha dílnách se používá oblíbená elektronicky regulovatelná spájkovačka ERS 50 z TESLA Liptovský Hrádok.

Údržba představuje převážně

- výměnu houbičky na čištění hrotu
- výměnu hrotu

- výměnu topného tělíska
- výměnu přepálené šňůry
- dotažení matice potenciometru
- výměna pojistky
- atd.

Hrot se vyměňuje celý. Obvykle vydrží velmi dlouho. Nesmí se ale čistit pilníkem, jako u měděných hrotů páječek 75W/24V. Odřelo by se pokovení a hrot by stejně nešel používat. Nenávratně by byl zničen. Hrot se za stu-

dena po uvolnění pružného háčku stáhne z tyčky a místo něj se nasadí nový.

Houbička

Hrot se čistí za tepla otřením o navlhčenou houbičku - špongiu. Houbička musí být vlhká, ne mokrá. Při otírání hrotu o suchou houbičku se houbička velmi rychle spálí a je nutno koupit novou. Na krytu bývá nápis ŠPONGIU NAVLHČIŤ. Nezkoušejte ji nahradit molitanem, poly-

42. díl

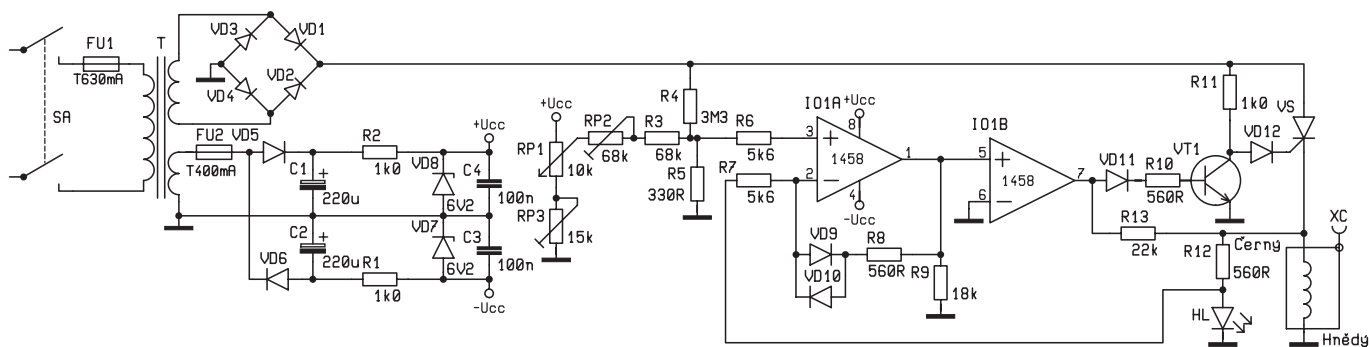


Schéma regulovatelné páječky

styrenem, filcem nebo jiným materiálem, který po zahřátí na hrotu udělá smrdutý škvarek, který opravdu nelze ničím odstranit.

Pojistky nahrazujeme pouze hodnotami doporučenými výrobcem, tedy pojistku FU1 v primáru síťového transformátoru 0,5 A a FU2 v sekundáru 0,4 A.

Pozor: před kontrolou pojistek jakéhokoliv zařízení vždy zařízení vypneme a odpojíme od sítě.

Topné tělísko

Jestliže páječka nehřeje a obě pojistky jsou v pořádku, můžeme ohmmetrem při vypnuté (!) páječce zkontrolovat, jestli tělísko není přerušené. Stačí stáhnout rukojet a měřit na přívozech od tělíska ke kabelu. Ve schématu si všimněte, že paralelně k tělísku je připojen rezistor R12 a s ním v sérii LED. Jestliže je tělísko přerušené, měříte vlastně jenom tento rezistor a LED, takže při připojení ohmmetru naměříte v jedné polaritě průvodních šňůr rezistor + odpor LED v propustném směru a při opačné polaritě rezistor + odpor LED v závěrném směru. Nebo prostě odpojte alespoň jeden přívod od tělíska.

Tělísko má jeden přívod hnědý a druhý černý, jeden kratší a druhý delší. Tuto polaritu je třeba dodržet. a proto si ji před demontáží poznamenejte.

Pamatuj: obezřetný technik si při demontáži jakéhokoliv zařízení dělá poznámky, co kam vedlo a hlavně barvy vodičů. Nepodceňujte to, případně si tyto poznámky udělejte přímo do technické dokumentace. Kus papíru někam založíte a už se s ním nikdy neshledáte.

Jestliže po opravě tělísko silně hřeje, teplotu nelze knoflíkem regulovat, tyčka s hrotem se může rozžhavit až do červena. Okamžitě páječku vypněte. Řešení je jednoduché. Jestliže před tím páječka normálně fungovala a změna nastala až po výměně topného tělíska, je zřejmě obrácená polarita tělíska (zvláště když si nepamatujete, jak bylo zapojené původně). Stačí obrátit polaritu a vše je v pořádku.

Tyčka, ve které je tělísko zasunuté, je tenkostěnná, ocelová a tělísko obvykle

lze snadno vytáhnout. Pokud je zapečetěné, je třeba použít nástroj s přesným průměrem tyčky, jinak ji můžete poškodit.

Rukojet také může být poškozená. Zkroucená teplem, jestliže nefunguje regulace, nebo prasklá po pádu, atd. Lze ji snadno vyměnit.

Síťovou šňůru přepálíte, ani nevíte jak. Stačí chvilka nepozornosti, binec na pracovním stole a je cítit zápach spáleniny. Nic hrozného, pokud se nikomu nic nestalo. Propálenou šňůru je nutné vyměnit. Ale pozor. V případě síťové šňůry se musí dodržet bezpečnost práce a provedenou výměnu musí zkontrolovat osoba s patřičnou kvalifikací. V první řadě je třeba naprosto přesně podle originálu připojit šňůru a zachovat barvy izolace!

Jednotlivé náhradní díly lze koupit - houbičku, hrot, topné tělísko, tyčku, rukojet i pojistky a šňůry.

Rekonstrukce

Jestliže se vám dostala do ruky páječka již starší, vyřazená, z výprodeje, na inzerát atd., může se stát, že už má něco za sebou nebo je z ní jenom torzo, ale pokud je v pořádku transformátor a mechanické díly, je možné ji celou zrekonstruovat a třeba i vyrobit nový plošný spoj. Schéma zapojení bývá v krabici (ale kde té je konec...), bylo publikováno v Amatérském rádiu [2], nebo kdyby to bylo opravdu nutné, si ho prostě nakreslíte podle skutečnosti.

Základem je síťový transformátor, který má dvě sekundární vinutí. Z vinutí II. je po usměrnění v Graetzově zapojení (bez filtračního kondenzátoru) získáno stejnosměrné napětí, které pulzuje při každé půlvlně, takže jeho kmitočet je 100 Hz. Tímto napětím je přes tyristor VS napájeno tělísko.

Tyristor je vlastně jakýsi ventil, který se napětím na řídicí elektrodě otevře a zůstane otevřený do té doby, než jím přestane téci proud. Tedy na konci každé půlvlny. Kdyby napájecí napětí tyristoru bylo opravdu jenom stejnosměrné, tyristor by se otevřel a zůstal by otevřený stále a tělísko by stále topilo a nebylo by ho možno ani na chvilku vypnout. Jestliže

na řídicí elektrodě není řídicí napětí, je tyristor vypnutý až do okamžiku, kdy se na ní řídicí napětí z regulátoru přivede.

Regulace

Funkce je na první pohled zřejmá. Knoflíkem nastavíme požadovanou teplotu, LED svítí a přikládáním hrotu do kalafuny nebo na pájku můžeme zkusit, jestli je už hrot páječky dostatečně ohřátý. Při dosažení nastavené teploty LED zhasne. Po chvilce vidíme, že se LED znovu rozsvítí. To znamená, že při dosažení nastavené teploty se tělísko přestalo zahřívát a když po chvilce jeho teplota poklesla, znovu se zapne jeho zahřívání.

Řídicí napětí pro tyristor se získává z řídicí části, ve které se porovnávají dvě napětí:

- a) napětí snímané na tělísku na LED a
- b) napětí z potenciometru regulace teploty.

Tato napětí se přivádějí na dva různé vstupy operačního zesilovače. Jestliže je tělísko studené, vidíme, že svítí LED a toto napětí se přivádí na vstup 2, kde se porovnává s napětím na vstupu 3. Na vstup 3 přivádíme napětí, které můžeme potenciometrem měnit od určité minimální hodnoty až do hodnoty, při které tělísko hřeje naplno. Zahříváním tělíska se mění jeho odpor a tudíž napětí přiváděné na vstup a když se obě napětí vyrovnají, změní se skokem napětí na výstupu, na řídicí elektrodu není přiváděno napětí, tyristor nevede, ale tělísko stále hřeje až do doby, kdy jeho teplota poklesne na určitou mez. Snímané napětí, přivedené na vstup 2 je menší, než napětí nastavené potenciometrem a zase se na výstupu obvodu objeví napětí, kterým se znovu otevře tyristor a tělísko znovu začne hřát. My vidíme pouze to, že LED svítí, když se tělísko zahřívá a že nesvítí, když je rozežháté na nastavenou teplotu. Totéž vidíte u žehličky nebo fritovacího hrnce, ale zde je řízeno elektronicky.

U většiny elektronických zařízení nikdy nebude znát zcela podrobně jejich funkci. Na příkladu této páječky si ukážeme, jak lze přesto při opravě postupovat.

Někdy bývá povolena matička potenciometru a potenciometr se točí a točí dokola, až se ukrouží přívodní drátky a pak samozřejmě nereguluje. Jestliže není vidět nijaká očividná vada, přichází čas pro měření. Ale jaké hodnoty máme naměřit?

Metoda porovnávání

se používá u náležářské práce, pokud máme alespoň jeden dobrý kus. Porovnávat můžeme napětí v určitých bodech, nebo odpor. Kdo se stydí, že by používal „opisování“, může si to nazvat komparativní metoda.

Pozor: pokud nemáte patřičnou elektrotechnickou kvalifikaci, nesmíte pracovat na zařízení pod napětím. Žáci odborných škol mohou určité práce provádět pod dohledem a při měření na otevřeném zařízení pod napětím nejlépe pod dozorem učitele nebo mistra s patřičnou kvalifikací a na patřičně vybaveném pracovním stole.

V první řadě si naměříme typická napětí na sekundárech transformátoru (podle schématu 25 V a 10 V), napětí na anodě tyristoru (u vzorku bylo naměřeno 23 V na stejnosměrném rozsahu voltmetru), na řídicí elektrodě tyristoru (0 nebo 23 V), na přívodech k topnému tělísku, atd. Napájecí napětí pro operační zesilovač má pro nezasvěcené kupodivu kladné a i záporné napětí (+13 V a -13V) a stabilizované zenerovými diodami VD7 a VD8 (+6 V a -6 V), které je přivedeno na napájení operačního zesilovače. Na svítící LED bylo u vzorku naměřeno napětí asi 2 V, na výstupu 7 operačního zesilovače napětí 5 V nebo -3,9 V atd. Tak je možno měřit dál a porovnávat napětí „zdravého“ kusu a opravovaného. Samozřejmě že oba kusy by měly mít potenciometr nastavený do stejné polohy.

Nastavení teploty

Jak mám nastavit teplotu, když ji nemohu změřit? Na stupnici na předním panelu jsou naznačeny teploty, které podle zkušenosti odpovídají vlažnému, předeřhřátému hrotu, kdy páječka není vypnutá, je jenom v pohotovostním sta-

vu, další je teplota, kdy se pájka taví, pak teplota, která se používá a pak i větší teplota pro masivnější spoje, při které se menší spoje během chvilky přehřívají a „cín“ šedne a spoj je „přepálený“. To by bylo nastavení podle citu.

Napětí pro regulaci teploty se mění změnou odporu potenciometru, spodní a horní hranici nastavují dva trimry, které bývají zakápnuty proti pootočení (červenou) barvou. Obvykle s nimi nikdo nehýbe a tak jejich nastavení můžete věřit. Pokud s nimi někdo pootočil, pokuste se je podle flíčku barvy nastavit tak, jak to asi bylo původně. Tuto metodu popisují podrobně proto, protože se může hodit pro opravy nejrůznějších průmyslových zařízení, které se snažil opravovat kdosi před vámi a kterému nemůžete přijít na jméno. Pokud někdy v nějakém zařízení budete v pokušení nějakým nastavovacím prvkem pootočit, udělejte si na něm znamínko, pootočte, sledujte, co to udělá, a pak ho vraťte zpátky, jak to bylo. Jinak se z toho zblázní někdo po vás.

Pokud v páječce někdo trimry opravdu otáčel, nebo je vyměnil, můžete jejich správné nastavení zjistit porovnáním s dobrým kusem. Za vás to změřili učňové oboru mechanik elektronických zařízení z SPVE, když si při výuce vadné páječky sami opravují.

Porovnání napětí

Všechna napětí se měří proti zemi a bereme jako fakt, že u operačního zesilovače můžou být s polaritou + nebo -. Pokud měříte ručkovým měřidlem, které nemá automatické nastavení polarity, musíte ho podle polarity měřeného napětí správně připojit.

Na trimru RP3 15 kiloohmů a tedy na spodním okraji potenciometru bylo naměřeno napětí -1,7 V, na jezdcí potenciometru je tedy podle jeho polohy napětí od -1,7 V do -6 V.

Jezdec potenciometru je spojen s trimrem RP2 68 kiloohmů a na jeho druhém konci bylo naměřeno napětí při nastavení potenciometru na minimum asi -1,2 V a na maximum -4,2 V.

To je metoda při které porovnáváme napětí naměřené na fungujícím přístroji

s napětím opravovaného přístroje. Nebo je možno porovnat odpory trimrů.

Porovnání odporů

Trimry nebudeme vyndávat. Nezajímá nás jejich hodnota, ale hodnota odporu, který naměříme při zapojení v zařízení i s ovlivněním ostatními obvody. Pro porovnávání použijeme tentýž měřicí přístroj, protože jiný může mít jiné vlastnosti a může naměřit jiné hodnoty. A také je to rychlejší.

Odpor naměřený na trimru RP3 15 kiloohmů byl podle polohy jezdce potenciometru od 3,8 do 4,2 kiloohmů. Odpor naměřený na trimru RP2 68 kiloohmů (to je ten na destičce úplně dole, RP3 je nad ním) byl 20,2 kiloohmů.

Takže teplotu se sice nedozvíme, ale porovnáním s fungujícím kusem zjistíme, jaké by mělo být nastavení u opravovaného kusu.

Závěr

Nebyl by problém vám publikovat schéma se všemi naměřenými hodnotami, ale vy přeci nebudete opravovat tento jeden typ zařízení, ale jakékoliv jiné. Protože jsme v Malé škole praktické elektroniky, naučte se sami postupovat při opravách systematicky, dělat si poznámky, hledat dokumentaci a využívat i porovnávání s dobrým kusem.

slovensko-český slovníček

slovensko-český:
špongia - houbička
spájkovačka - páječka
anglicko-český:
soldering - pájení
soldering iron - páječka
heating element - topné tělísko
comparative method - porovnávací metoda
temperature - teplota

Literatura:

- [1] 3F1 185 25 firmení schema ELEKTRONICKÁ REGULOVATELNÁ SPÁJKOVAČKA ERS 50
- [2] AR 12/1991 str. 496, Úprava mikropájek ERS 50, V. Jemelík
- [3] Katalog PS technik, CD-ROM

Dnes poznáme tyristor a triak

43. díl

Klíčová slova: tyristor, triak, spínání

Tyristor

V elektronicky regulovaném zdroji k páječce v minulém čísle jsme poznali tyristor. Na rozdíl od elektromechanických spínačů - relé, stykače, apod nemá mechanické kontakty, je to bezkontaktní

spínač. Jako spínací prvek sice funguje i tranzistor, ale opravdovým spínačem se stal až tyristor a vývojově mladší triak.

Schématická značka (viz obr. 1a) je podobná diodě, má A - anodu, K - katodu a navíc G - řídicí elektrodu. Místo dlouhého vysvětlování si uděláme pokus.

Pokus 1

Podobně jako jsme to v začátcích naší školičky zkoušeli s tranzistorem, si do obvodu (viz obr. 2) zařadíme tyristor. Žárovka nesvítí.

Na řídicí elektrodu přes rezistor přivedeme napětí. Tyristor se otevře a vede, žárovka nebo LED svítí.



Obr. 1a – Tyristor



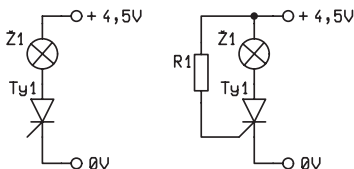
Obr. 1b – Triak

Napětí z řídicí elektrody odpojíme a ejhle... tyristor stále vede!! Je sepnuto. Když se dost vynadivíme, jak nám to pěkně funguje, začneme přemýšlet, jak ho „zhasnout“. Jednoduše. Rozpojíme obvod. Jakmile tyristorem přestane téci proud, nevede.

Využití? Snad příliš primitivní, ale jedním tlačítkem můžete obvod zapnout a druhým vypnout. Ono by se už nějaké využití našlo, stačí trocha fantazie.

Pokus 2

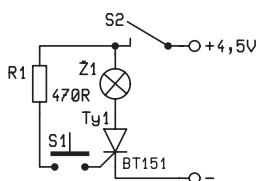
Jak má být velký odpor? Přece nebudete stále slepě opisovat ze schémat. V katalogu si všimnete, že u tyristoru jsou různé údaje o dovoleném napětí a proudu a mimo jiné tam je i proud I_G , což je proud tekoucí řídicí elektrodou, potřebný pro sepnutí tyristoru.



Obr. 2a – Tyristor se spíná proudem do řídicí elektrody

U tranzistorů jste si hodnotu rezistoru stanovovali oklikou podle zesilovacího činitele tranzistoru, který byl také po každé jiný. Tady se vám v katalogu přímo nabízí hodnota. Zkusíme si tento proud změřit. Do zapojení (viz obr. 3) použijeme potenciometr (lineární), ve škole by učitel použil posuvný odpor, nebo odporovou dekádu nebo jiné poklady, vám stačí to, co máte. Zpočátku nastavíme maximální odpor, postupně ho snižujeme, měříme proud tekoucí do řídicí elektrody a sledujeme, kdy se tyristor sepne - rozsvítí se LED. Proud si poznamenáme. Tentýž pokus můžeme zopakovat při různých napětích. Jenom nesmíme překročit maximální napětí U_{DRM} uváděné v katalogu. Tentýž pokus můžeme zopakovat s různými typy tyristorů, které máme po ruce.

Různé typy tyristorů mají v katalogu uváděné různé proudy I_{GT} , mají různou citlivost. Na tento pokus si vzpomeňte,



Obr. 2b – Pokus se žárovčkou a baterií z baterky

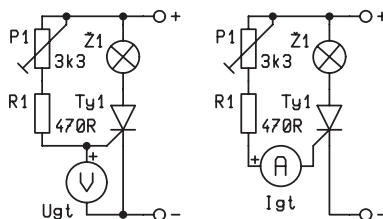
až vám nějaké zapojení podle nějakého časopisu nebude správně fungovat jen proto, že jste použili jiný typ tyristoru.

Pokus 3

Když už jsme u řídicí elektrody, vidíme podobnost s tranzistorem. Také jsme měřili proud bází, ale více jsme si všímali napětí mezi bází a emitorem U_{BE} , podle kterého se pozná, že tranzistor vede nebo nevede. U křemíkového tranzistoru je U_{BE} asi 0,6 až 0,7 a tak si ho můžeme změřit i u tyristoru (viz obr. 4). Podobně jako u tranzistoru si můžete říci, že k sepnutí tyristoru stačí poměrně malé napětí mezi řídicí elektrodou G a katodou K. Toto napětí se v katalogu někdy uvádí také, je to dobré vědět spíš pro představu, jak se tyristor řídí. Když je na G napětí U_{GT} , může být tyristor sepnut.

Pokus 4

Přece nebudeme pořád tyristor sami nějakým tlačítkem rozpojovat. To zařídí stejnosměrné napětí, které vždy po chvílích přestane. Není to nic neobvyklého,



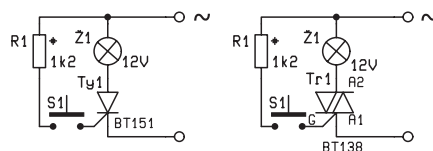
Obr. 3 – Měření proudu I_G

je to střídavé, usměrněné napětí, ale pozor - nevyfiltrované. Musí tepat. V rytmu síťového kmitočtu.

POZOR: podle stupně naší kvalifikace nesmíme sami pracovat se síťovým napětím! Smíme použít nejvýše bezpečné napětí, z bezpečně provedeného zdroje - transformátoru, kde není možný dotyk živých částí pod napětím.

Pro náš pokus můžeme použít například bezpečně provedený transformátor pro halogenové osvětlení 12 V se zalitým - izolovaným - přívodem síťového napětí, nebo jiný bezpečný zdroj střídavého napětí a ještě raději pod dozorem osoby s patřičnou kvalifikací. Ochotně se vás ujmou učitelé odborných předmětů. Žárovku zvolíme podle použitého zdroje. Pro 12 V transformátor například žárovku 12 V „do auta“, například malou 1 W nebo 5 W.

Obvod zapojíme podle obrázku 5. Bez zapojené řídicí elektrody žárovka nesvítí. Na řídicí elektrodu připojíme napětí - svítí. Odpojíme - zhasne. Znovu připojíme, rozsvítí se. Odpojíme - zhasne. Tyristor se tedy zapíná i vypíná napětím na řídicí elektrodě. To nám nemusí připadat jako moc zvláštní. To zvládne jakýkoliv páčkový vypínač nebo relé, na to nemu-



Obr. 4 – Tyristor a triak napájené střídavým napětím

si být tyristor. Jenomže takhle můžete ovládat různé spotřebiče napájené ze sítě. Rozsvěcet a zhasínat světla, spouštět motory, topení, páječku atd.

Pamatuj: při trvale přivedeném napětí na řídicí elektrodu se zdá, že tyristor stále vede. Ne. Při skončení každé půlvlny, když napětí klesne k nule, se rozpojí, nevede. Ale pokud je na řídicí elektrodě napětí U_{GT} , znovu se při další půlvlně sepne a tak se to rychlostí 50 Hz opakuje a naše oko to ani nestací vnímat jako přerušování a vidíme, že žárovka trvale svítí.

Pokus 5

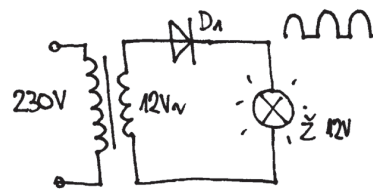
Totéž se vyzkoušíme i s triakem. Výměna tyristoru za triak je na nepájivém kontaktním poli dílem okamžiku. Žárovka při použití tyristoru svítí méně než s triakem. Čím to?

Triak

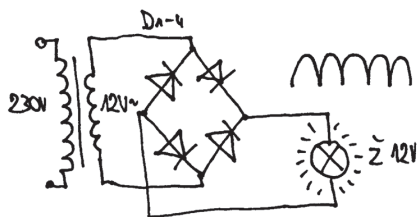
Triak je mladší bratříček tyristoru. Už jeho schematické značka (viz obr. 9) napovídá, že se bude chovat asi jako dvě diody zapojené proti sobě. A opravdu. Propouští obě půlvlny. Jeho elektrody se označují A1 - první anoda, A2 - druhá anoda a opět G - řídicí elektroda. Řídicí napětí se obvykle přivádí mezi jednu z anod, je to A1 a řídicí elektrodu G. Opět si můžete provést tatáž měření jako u tyristoru. (V zahraniční literatuře najdete místo A1 a A2 zkratky MT1 a MT2).

Pokus 6

Tyristor se v sepnutém stavu chová jako dioda. Propouští proud v jednom směru, ve druhém směru proud nepropouští. To znamená, že ze síťového napětí propouští vždy jenom kladné půlvlny, záporné půlvlny nepropouští. Podívejte se na schéma v minulém čísle. Napětí pro topné tělísko, spínané tyristorem, bylo usměrněno dvojcestným usměrňovačem v Graetzově zapojení, takže se využívají obě půlvlny. V jedno-



Obr. 5 – Dioda propouští pouze kladné půlvlny, žárovka svítí méně



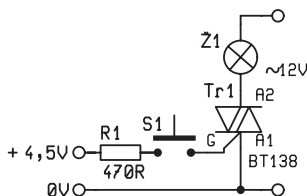
Obr. 7 – Žárovka za dvojcestným usměrňovačem svítí naplno, využívá obě půlvlny

cestném usměrnění bylo využít maximálně 50%. Naše zapojení si tedy doplníme o usměrňovač. Je jas žárovky vyšší?

Pokus 7

Zkusíme si to co nejjednodušeji. Přímo na výstup transformátoru připojíme žárovku (viz obr. 6). Svítí.

Do obvodu vřadíme diodu - žárovka svítí méně, protože dioda propouští pouze půlvlny které přicházejí v propustném směru.



Obr. 8 – Triakem prochází střídavý proud, ale je řízen stejnosměrným proudem I_G

Do obvodu zapojíme dvoucestný usměrňovač (viz obr. 7) - žárovka svítí zase jako dřív, jsou využity obě půlvlny.

Pokus 8

Správně vám došlo, že když proud do řídicí elektrody odvozuje od napětí na tyristoru, také nám pulzuje v rytmu síťového kmitočtu. Sepne se až v okamžiku, kdy řídicí elektrodou teče takový proud, aby se tyristor sepnul. Tak co kdybychom, podobně jako v elektronicky regulované páječce, řídicí elektrodu řídili stejnosměrným napětím? Zapojíme si obvod podle obrázku 8. Po-

součástka	typ	I_T	U_{DRM}	U_{GT}	I_{GT}	pouzdro
tyristor	BT151/800	12 A	800 V	1,5 V	15 mA	TO220AB
triak	BT138/800	12 A	800 V		min 35 mA	TO220AB
tyristor	2N5064	0,8 A	200 V	0,8 V	0,2 mA	TO220AB
triak	T08-6A	0,8 A	600 V		max 10 mA	TO220AB

užijeme stejnosměrné napětí z prvního pokusu - z ploché baterie, ze zdroje, atd. Když na řídicí elektrodě ponecháme trvale stejnosměrné napětí U_{GT} , do řídicí elektrody G trvale poteče proud I_G a jakmile se znovu na tyristoru objeví dostatečné napětí, je proudem I_G sepnut a vede až do okamžiku, kdy napětí zase poklesne na konci půlvlny k nule. Zvídaví čtenáři si mohou zkusit změřit, při jakém napětí na tyristoru začne vést (to se měří při stejnosměrném napětí).

Vzhled tyristorů a triků

je na první pohled stejný jako u tranzistorů. Pouzdra tyristorů a triků jsou stejná jako pro tranzistory. Výborná učebnice je katalog. Pokud ho nemáte, kupte si ho „za vysvědčení“ nebo prostě pro radost a poučení.

V katalogu můžete najít tyristory a triaky, které mají podobné parametry, odlišuje je však to, že tyristor propouští jednu půlvlnu a triak obě.

Na vyzkoušení těchto součástek lze použít jednoduchou zkoušečku.

Součástky použité k pokusům

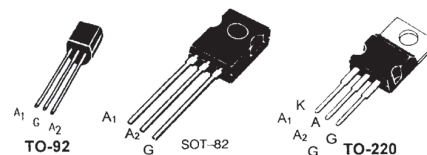
- BAT - plochá baterie
- TR - transformátor (230 V/12 V, nebo „zvonkový“)
- Ty1 - tyristory viz text
- Tr1 - triaky viz text
- D1 - dioda usměrňovací napří 2N4009, KY701, KY130/80 atd
- D1-4 - diodový můstek B250C1500
- Ž - žárovka 3,5V/0,3A („do baterky“), 12 V (do auta - max 5 W)
- R1 - rezistor 470

- R2 - rezistor 1k2
- P - potenciometr 3k3
- nepájivé kontaktní pole
- univerzální měřicí přístroj

Domácí úkol:

Tranzistory umíme vyzkoušet ohmmetrem nebo zkoušečkou jako diody. Jak se chová při podobném zkoušení tyristor a triak?

Slovníček - angličtina



Obr. 9 – BTA, BT, T, N. Ilustrace pouzder z katalogu GM Electronic 1995; jen u pouzdra T092 je řídicí elektroda triaku uprostřed, u ostatních na obrázku v pravo

- SCR - silicon controlled regulator - tyristor
- thyristor - tyristor
- triak - triak

Literatura k tématu:

- Katalog GM elektronik 1995 str. 40
- Katalog GM elektronik 1998 str. 45
- Katalog GM elektronik 1999 str. 65
- Katalog GM elektronik 2000 str. 75
- RS katalogue 1997 str. 845, 848
- Holub, Zíka, Praktické zapojení polovodičových diod a tyristorů, SNTL 1971
- Konstrukční katalog TESLA Rožnov - vícevrstvé spínací součástky, 1987

Regulátor výkonu s tyristorem a triakem

44. díl

klíčová slova: zkoušení ohmmetrem, regulátor výkonu, fázová regulace, úhel otevření

Když už je možno vyzkoušet diody a tranzistory ohmmetrem, určitě mnohý z kutilů zkusí vyzkoušet i tyristor a triak. Zkoušky si rozdělíme na zkoušení

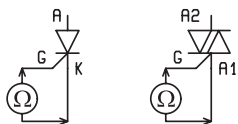
- ohmmetrem s ručkovým měřidlem
- ohmmetrem v digitálním multimetru
- zkoušečkou „diod“ v multimetru.

Při zkoušení ohmmetrem měřenou součástkou teče malý zkušební proud v závislosti na citlivosti měřidla a jeho vnitřním odporu. Při nulovém odporu teče ručkovým měřidlem obvykle proud pro plnou výchylku ručky, tedy řádově desítky až stovky mikroampér. U digitálního ohmmetru méně. Naměřené hodnoty tedy nejsou směrodatné, pokud chcete zjistit, jestli je součástka dobrá,

můžete porovnat hodnoty naměřené stejným měřidlem u dobré a u zkušební součástky. Ilustrativně uvádíme hodnoty naměřené u zkušebních vzorků. Pro naše pokusy jsou vybrány tyto součástky:

- tyristor BT151 a 2N5064 a
- triak BT138 a ZO106.

Nejsou to vyhozené peníze, protože je využijete pro svá praktická zapojení.



Obr. 1 – Zkoušení tyristoru a triaku ohmmetrem

Zkoušení ohmmetrem a zkoušečkou diod

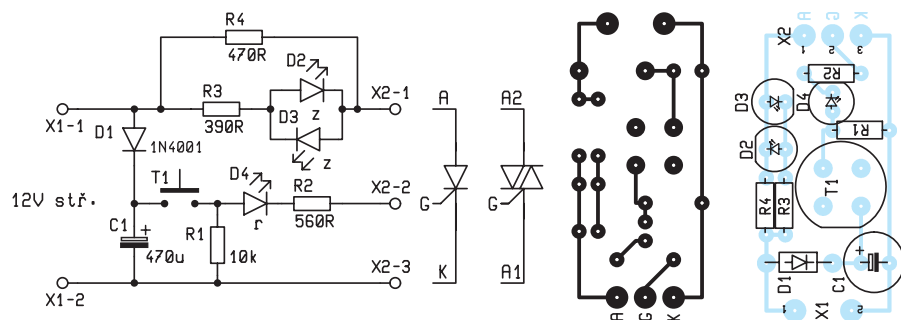
Podobně jako u zkoušek diod a tranzistorů se ohmmetr připojí ke zkoušeným elektrodám v jedné polaritě a potom se přívody prohodí a měří se v opačné polaritě (viz obr. 1).

U tyristoru i triaku se kupodivu naměří nějaký odpor pouze mezi G a K (nebo A1 triaku) a je skoro stejný i v obou polaritách u „velkých“ ale u „malých“ 0,8 A v jedné polaritě nějaký odpor je a ve druhé je nekonečný. Mezi anodami nebo anodou a katodou je v obou polaritách ohmmetru odpor nekonečný.

Tyto hodnoty jsou pouze pro porovnání a vysvětlení rozdílů jednotlivých měření. Vezmeme jako fakt, že mezi řídicí elektrodou a katodou je možno v obou směrech naměřit nějaký odpor a zkoušečkou nějaké napětí. U maličkých v pouzdru TO92 se odpor měřený digitálním multimetrem značně liší.

Jednoduchá zkoušečka

Jednoduchá zkoušečka (viz obr. 2) vychází ze zapojení publikovaného v časopisu Elektor [2]. Tyristor nebo triak je připojen ke zdroji střídavého napětí přes dvě LED zapojené proti sobě. Je spínán napětím usměrněným diodou D přes tlačítko a kontrolní červenou LED. Při stisku tlačítka teče do řídicí elektrody proud, červená LED svítí. Jestliže je triak dobrý, teče jím při sepnutí proud v jedné půlce jedním směrem a ve druhé půlce druhým směrem a tak svítí jedna LED a pak zase druhá LED, jenomže padesátkrát za sekundu a naše oko to vnímá tak, že svítí obě. Zkoušíme-li tyristor, teče jím proud pouze jedním směrem a svítí pouze jedna LED. (Ve skutečnosti ta druhá LED přece je-

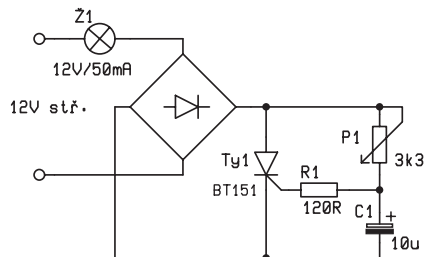


Obr. 2 – Schéma a rozmístění součástek jednoduché zkoušečky tyristorů a triaků

nom trošičku svítla, takže bylo zapotřebí tyristor nutno otevřít trochu víc zatížením rezistorem R3). Na zkoušečce by měly být dvě patice - jedna pro pořadí vývodů K, A, G (u triaků A1, A2, G) a druhá pro triaky v pouzdru TO92 s pořadím vývodů A1 G A2. Hodnoty rezistorů jsou vyzkoušeny pro triaky a tyristory použitých v našich pokusech.

Regulátor výkonu

Triak a tyristor se nepoužívá pouze pro spínání, ale i pro regulaci výkonu. Elektrickou ruční vrtačku s regulací otáček snad už každý považuje za samozřejmost. Regulátor můžeme použít pro stmívač osvětlení, topné těleso, motorek šicího stroje, atd. Na jednoduchých příkladech si ukážeme princip fázové regulace. Pokusy budeme provádět s bezpečným napětím z bezpečně provedeného transformátoru. Pokusy s obvodem napájenými ze sítě 230 V může provádět pouze osoba s patřičnou kvalifikací nebo pod dozorem nebo dohledem osoby s patřičnou kvalifikací.

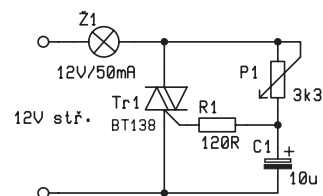


Obr. 3 – Nejjednodušší zapojení fázového regulátoru s tyristorem

Fázová regulace

Pro pokusy opět použijeme transformátor (například 12 V a vhodnou žárovku, například telefonní žárovku 12 V/50 mA, žárovku do auta 12 V (ne víc než 5 W) nebo dvě 6 V do svítliny jízdního kola anebo 3 žárovky 3,5 V/0,3 A do baterky, zapojené do série.

Žárovka je k napětí připojena místo přes vypínač přes tyristor nebo triak. Potenciometrem P1 se nastavuje jas žárovky. Rezistor R1 omezuje maximální mož-



Obr. 4 – Regulátor s triakem

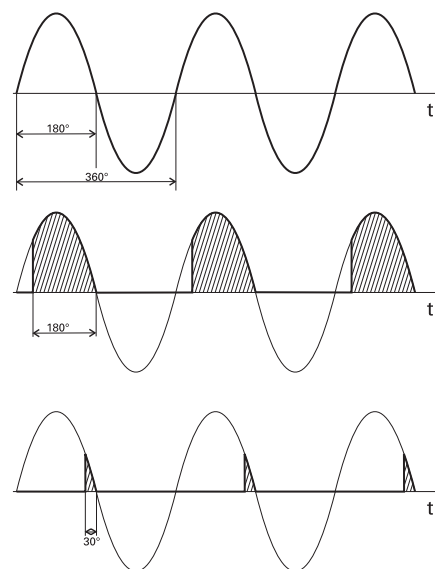
ný proud do řídicí elektrody, aby nedošlo k jejímu zničení. Kondenzátor C spolu s P1 a R2 určují při jakém fázovém úhlu dojde k otevření tyristoru nebo triaku. Nebudeme se zaplétat do teoretického rozboru, těch je dost v učebnicích.

1. pokus

Z minulých pokusů už víme, že když do řídicí elektrody neteče žádný proud, žárovka nesvítí, protože tyristor není sepnutý.

Zapojíme obvod podle obr. 3. Potenciometrem lze měnit jas žárovky od slabého až do skoro plného jasu. Místo potenciometru můžete použít trimr - je levnější a pro pokusy stačí.

Odpojte kondenzátor. Ohó, tak ten to má na svědomí. Bez kondenzátoru se sice mění proud řídicí elektrodou, ale když už je tyristor sepnutý, teče jím proud a žárovka svítí pořád stejně! Když ho opět připojíte, vidíte, že jas lze zase regulovat.



Obr. 5 – Grafické znázornění fázového průběhu

2. pokus

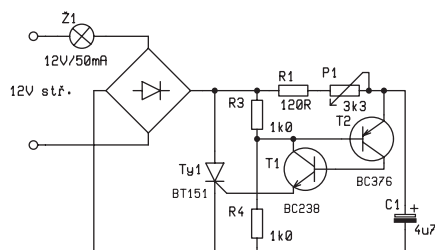
Místo tyristoru použijeme triak. Z minulého vyučování víme, že triak propouští obě půlky a tak je možno usměrňovač vynechat a obvod zapojíme podle obr. 4. Hodnoty součástek jsou vyzkoušené pro uváděné tyristory a triaky. Pokud použijete potenciometr s větší hodnotou, bude mít větší část „mrtvého chodu“, kdy už bude žárovka zhasnutá a přesto ještě osa

	BT138 triak 12A	BT151 tyristor 12A	ZO109 triak 0,8A	ZN5064 tyristor 0,8A
odpor naměřený UNI10	60/60 Ω	60/200 Ω	60/>1M Ω	70/60 Ω
odpor naměřený DT93A	147/147 Ω	213/213 Ω	800/760 Ω	840/>1M Ω
odpor naměřený APPA 98	totéž	totéž	912/912	10M/>10M Ω
zkoušečka diod APPA 98	127mV	176mV	0,6V	0,67V

Tab. 1 – Ručkoví UNI 10 a ostatní digitální multimetry

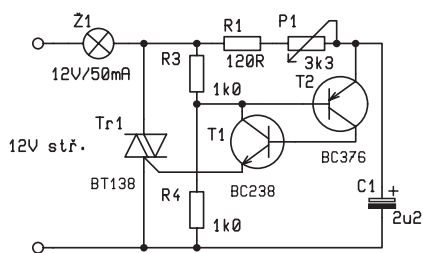
potenciometru nebude vytočená až na konec. Zkuste měnit i hodnotu kondenzátoru. Při určité hodnotě se svít žárovky ztmaví a pak se začne opět rozsvěcet. Takže teď je čas alespoň na zjednodušené vysvětlení principu.

Jestliže (bez kondenzátoru) řídící elektrodou teče dostatečný proud pro sepnutí tyristoru, sepne se tyristor již na začátku kladné půlvlny střídavého napětí na tyristoru. Je sepnutý až do okamžiku, kdy napětí zase na konci půlvlny klesne k nule a tyristor se rozepne a nevede. To jsme si vyzkoušeli již minule.



Obr. 6. – Regulátor s tyristorem

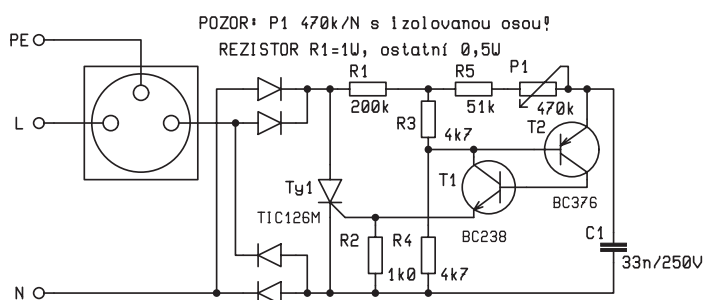
Přidáním RC obvodu dochází k nabíjení kondenzátoru, které trvá tím déle, čím je rezistor (zde potenciometr) zapojený v sérii, větší. Tak se stane, že napětí na tyristoru už vzrůstá, ale tyristor se sepne až v okamžiku, kdy napětí na řídící elektrodě je tak velké, aby mohlo dojít k sepnutí tyristoru. Ono to chvíli trvá. Chvilku nebudeme vyjadřovat v časových jednotkách, obvykle se vyjadřuje ve stupních. Je to prosté. Celá perioda sinusového průběhu představuje úhel 360° a jedna půlvlna je tedy polovina, tedy 180°. Jestliže je tedy tyristor spínán již na začátku každé půlvlny, je otevřen po celou půlvlnu, říkáme, že úhel otevření je 180°. Jestliže ale proběhla už skoro celá půlvlna a tyristor se se-



Obr. 7. – Regulátor s triakem

pnul až skoro na jejím konci, řekněme v době odpovídající 30° před koncem půlvlny, říkáme, že úhel otevření je 30°. To je pro teoretiky (viz obr. 5).

Praktika spíše zajímá, jak moc nebo málo svítí žárovka. Všimnete si, že se



Obr. 8. – Síťový regulátor výkonu

žárovka nerozsvítí úplně, takže usoudíme, že úhel otevření je menší než 180°. Pokud žárovka i při nastavení na minimum mírně žhne, usoudíme, že počáteční úhel otevření je větší než 0°.

3. pokus

Předchozí obvod byl spíše na ukázkou principu fázové regulace. Na obr. 6 je zapojení fázové regulace s neobvykle zapojenými tranzistory PNP a NPN, které nahrazují stejně neobvyklý tranzistor UJT (uni junction tranzistor) a jejichž princip zapojení najdete v literatuře. Zapojení má opět verzi s tyristorem a na obrázku 7 s triakem.

Síťový regulátor

Tato zapojení se již v praxi používají pro regulaci spotřebičů pro síťové napětí. Regulátor na obrázku 8 lze použít pro stmívač osvětlení, regulaci otáček motoru vrtáčky nebo šicího stroje, regulaci výkonu topného tělesa. Ale POZOR! Je nutno zajistit, aby regulátor byl provedený naprosto bezpečně, což splňují tovární výrobky, které jsou zkoušené autorizovanou zkušebnou, která vydá osvědčení o splnění bezpečnostních kritérií. I zařízení vyráběné podomácku musí být bezpečné. Pokud v literatuře najdete vhodné schéma a chcete takový regulátor zhotovit, nechte si ho zkontrolovat osobou s patřičnou kvalifikací

a oživení a pokusy provádějte pod jejím dozorem. Opatrnosti nikdy nezbývá.

Trochu se zastavíme u volby součástek

Potenciometr a další rezistory musí být dimenzovány tak, aby snesly protékající proud. Ve schématech uváděných v literatuře bývá u rezistoru u hodnoty odporu v ohmech ještě údaj ve watttech, například 6k8/4 W. Ve starších schématech bývá výkon označován římskou číslicí. Tento rezistor hřeje, ale chraň vás zdravý rozum, aby vás nenapadlo si na něj sáhnout!!

V první řadě, je-li regulátor napájen ze sítě a rezistor je připojen ve větvi přívodu od fáze, může dojít k úrazu elektrickým proudem. A co je horší - svévolným dotykem!

Za druhé, studený rezistor vypadá stejně jako horký. Jestliže je opravdu horký, spálíte se. Někteří technici zkoušejí teplotu horkých součástek nebo rozpálených chladičů rychlým dotykem nasliněného prstu (v dobách před vynálezem termistatu tak švadlenky zkoušely teplotu žehličky).

Za třetí. Pokud je v obvodu součástka, která hřeje, zde to je rezistor, umísťují se ostatní součástky dál od ní. Rezistor se také osazuje tak, aby byl kousek nad deskou. Buď tvarováním vývodů nebo posazením na izolační korálky. Při větších proudtech je třeba také chladit i tyristor nebo triak.

Literatura

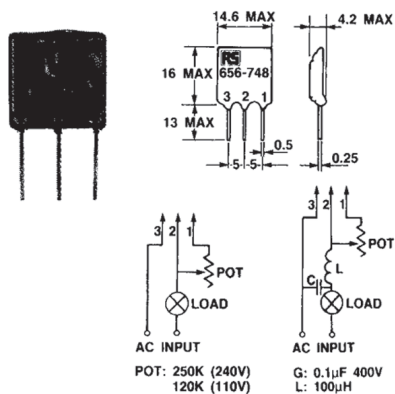
- [1] Katalog součástek GM elektronik 2000
- [2] Elektor 5/1990 str. 56–57
- [3] Malina, Poznáváme elektroniku IV díl, vydavatelství Kopp
- [4] Holub, Zíka, Praktická zapojení polovodičových diod a tyristorů, SNTL 1971
- [5] AR 2/1969 str. 57 Kunc, Stmívač osvětlení
- [6] AR 6/1976 str. 215–6 Dr. Krása, Tyristorová regulace univerzálních motorů
- [7] AR 12/1976 str. 456, doplnění k [6]
- [8] AR 7/1977 str. 256–257 Tyristorový regulátor
- [9] AR 4/1996 Tyristorový regulátor

Bezkontaktní spínání

45. díl

Klíčová slova: spínač, regulátor, bezpečnost oddělení

V minulém čísle jsme si vyzkoušeli činnost tyristoru a triaku při fázové regulaci výkonu zátěže. Praktických návodů a schémat najdete dost v různé literatuře a technické dokumentaci. Důmyslných, určených pro nejrůznější použití a aplikace. Regulátory výkonu řízené fázově lze zjednodušit na principiální schéma s přívodem síťového napětí do zátěže, zátěží a nějakou „černou krabičkou“ (což je terminus technikus pro zařízení, do kterého není vidět co v něm je, ale jsou popsány jeho vlastnosti, parametry a funkce). Když řídíme, tak bývá zakreslen i nějaký ovládací prvek, v tomto případě potenciometr s knoflíkem na osičce. Takhle uvažovali i výrobci součástek - celý regulátor lze integrovat (další cizí slovo - sloučit) do jednoho celku - součástky. Při hledání v katalogích lze narazit na nejrůznější typy.

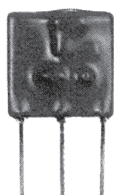


Obr. 1 – Fázový regulátor výkonu do zátěže v základní verzi a s přidaným odrušovacím členem

Na obr. 1 je jednoduchý regulátor tohoto druhu firmy Sutronics. Toto je celý regulátor. Na první pohled jediná součástka se třemi vývody, která umožňuje regulovat zátěž až 250W připojenou na síťové napětí až 240V. V katalogu tyto součástky najdete pod názvem Phase Control Regulator. Viz obr. 1.

Technické údaje

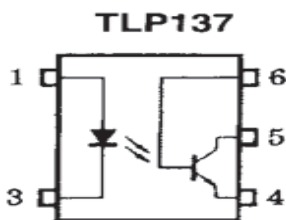
Maximální stálý proud	1,1A
Max. špičkový proud	120A



Obr. 1a – Samotná součástka

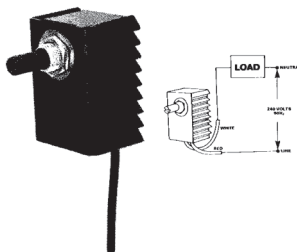
Minimální udržovací proud zátěže	25 mA
Vstupní síťové napětí	50/60Hz 240V
Celkový úhel vodivého stavu	160°
Dosažitelný úhel otevíření	30°-160°
Účinnost přenosu	99%
Teplota okolí	-40°C až +70°C
Napěťové oddělení	2000V po dobu 1 min.

Z popisu je vidět, že výborně poslouží pro jednoduché aplikace a zátěž do 250W. Tomu také odpovídají rozměry.



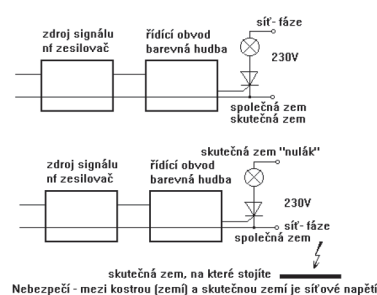
Obr. 2 – Obvod pro fázové řízení triaku, který se připojuje na vývodu 1-2-3

Protože některé fázové regulátory jsou zdrojem rušení v pásmu rozhlasového a televizního příjmu, zapojuje se před regulátor ještě tak zvaný odrušovací obvod, což bývá obvykle tlumivka a kondenzátor. V tomto případě je použita tlumivka 100 mikrohenry (která ale musí snést proud 1A) a kondenzátor 0,1 mikrofaradu, který ale musí být dimenzován na 400V. Kdyby byl použitý kondenzátor na menší napětí, prorazil by se a zkratoval by obvod.



Obr. 3 – Snad už jednodušší zapojení regulátoru výkonu ani nemůže být

Na první pohled podobná součástka s názvem Phase Angle Triac Firing Circuit (viz slovníček na konci článku). Viz obr. 2. Tento obvod firmy Sutronics slouží k fázové regulaci většiny zátěží v rozmezí 1 až 100 A. Je to pouze řídicí obvod pro připojení triaku a velikost zátěže je dána velikostí triaku, který tento obvod spíná a chladičem a proto může mít tak malé rozměry. Stačí k němu připojit pouze vhodný triak s chladičem a potenciometr 250 kiloohmů a zátěž.



Obr. 4 – Při připojení fáze na kostru přístroj normálně funguje, ale mezi kostrou a zemí je plné síťové napětí

Technické údaje

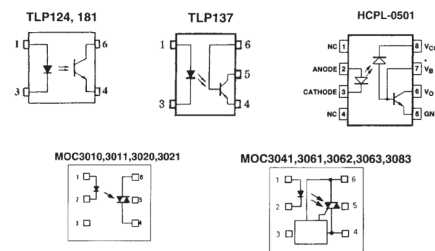
Vstupní síťové napětí	50/400Hz 50-250V
Celkový úhel vodivého stavu	160°
Dosažitelný úhel otevíření	30°-160°
Maximální řídicí proud	30mA
Skladovací teplota	-40°C až +105°C

Protože se obvykle používají regulátory pro běžně používané zátěže, vyvinuli konstruktéři již celý hotový regulátor. Viz obr. 3. Je to již kompletní obvod s předchozím řídicím obvodem, triakem s chladičem, potenciometrem. Nejdůležitější vlastností je oddělení od sítě a možnost uzemnění. To znamená, že vlastní chladič je možno přišroubovat na uzemněnou kostru zařízení nebo mohutnější chladič a že potenciometr je oddělený od sítě a při dotyku na jeho osičku nemůže dojít k dotyku části spojené se sítí.

Použití: fázová regulace topných těles, světel, motorů apod. Vlastní chladič umožňuje použití pro zátěže do 5A.

Technické údaje

Vstupní síťové napětí	240V
Minimální udržovací proud zátěže	30 mA
Úhel otevíření	0° - 165°
Provozní teplota	-40°C až +70°C
Výška	44 mm
Šířka	33 mm
Hloubka	23 mm



Obr. 5a až c – Ukázky optické vazby svítivé diody na řízený tranzistor; d a e – optočlen ve funkci fototriaku

Všechny tyto tři popisované součástky jsou pouze na ukázkou, jak pracovat s literaturou, s katalogy, protože při své práci narazíte na spoustu zajímavých zapojení a nových aplikací. Tyto jsou z RS katalogu 97, ale katalogů je spousta. Velice zajímavý a důmyslný obvod je Siemens SLB 0587 vyvinutý speciálně pro účely plynulé regulace osvětlení a byl uveden v KTE magazínu 3/1997.

Bezpečné oddělení

Velmi důležité je naprosto bezpečný provoz a obsluha všech zařízení napájených ze sítě. U předchozího popisu regulátorů se jednalo o ucelené zařízení, které bývá celé zakrytované a ani na osičce potenciometru nesmí být v žádném případě nebezpečné dotykové napětí proti zemi.

Tyristorové a triakové spínače se ale používají v mnoha aplikacích, kdy je zapotřebí spínat zátěž připojenou k síťovému napětí nějakým zařízením. Typickým příkladem je tak zvaná barevná hudba. Podle rytmu hlubokých tónů - například basy nebo bicích bliká jedna barva světla, při výškách - například sólové kytary, kláves, atd blikají světla jiné barvy a při středech zase jiná barva. U jednoduché barevné hudby je to třeba po jedné žárovce a u velkých světelných parků celé rampy s reflektory. Řídicí obvod je připojen k zesilovačům a jeho výstup je připojen k lampám napájeným ze sítě. A zde je nutné naprosto bezpečné oddělení. Protože řídicí napětí pro triak se přivádí mezi zem a řídicí elektrodu z nějakého zesilovače, je tato zem společná i pro zem síťo-

vého napájení. U žárovky je jedno, na kterém přívodu je přívod od fáze a který je zem. Pokud se ale fáze dostane na zem, bude i na „zemním přívodu“ barevné hudby. A zase dále, na tuto samou zem je připojený i zesilovač, ze kterého si signál odebírá. A tak by mohlo dojít k úrazu při dotyku na kostru zesilovače a na tuto kostru může být připojena i kostra mikrofónu a kytary atd. Viz obr. 4. Proto pozor na některá zapojení publikovaná v časopisech.

Pro ilustraci se podívejte do KTE č. 10/1999 na stranu 6. Toto na první pohled velmi složité zapojení má čtyři výstupy čtyř signálů odváděných z výstupních tranzistorů do dalšího zapojení publikovaného v KTE č. 11/1999. Zde na straně 18 je celé tajemství oddělení. Zajišťují je tak zvané optočleny, kde k přenosu signálu dochází na určitou vzdálenost světlem. Takže oba odvoody - řídicí i síťový jsou od sebe dostatečně oddělené fyzicky i elektricky.

Optočleny

Optočleny jsou součástky, kde dochází k přenosu signálu světlem. Viz obr. 5a) až 5c). Svitivá dioda je v jednom pouzdru se světlocitlivým prvkem. Teď se podívejte do katalogu polovodičových součástek na stránku s optočleny a optotriaky. U optočlenu je světlocitlivá součástka například tranzistor a u optotriaku je světlem spínán triak (viz obr. 5d a 5e), který se používá pro spínání jiného, externího triaku s vlastnostmi, které potřebujeme. Velmi pěkně je stavba popsána například v Rádio plus KTE č. 12/1998 str. 15.

Opět je třeba připomenout nezbytné zásady bezpečnosti práce, uváděné v předchozích výkladech.

Trocha technické angličtiny

alternating voltage - střídavé napětí
angle - úhel
amount of energy - množství energie
circuit - obvod, elektronický obvod
firing - spínání (odvozené od slova fire - zápal, zážeh)
load - zátěž
isolate - oddělení
insulate - izolace, izolační schopnost
capability - schopnost, vlastnost
device - zařízení
ensure - zajistit
feature - technická vlastnost, výbava, parametry
power controller - regulátor výkonu
phase control regulator - fázově řízený regulátor
phase angle - fázový úhel
phase angle triac firing circuit - triak spínaný obvodem s fázovým řízením
R.F.I. - radio-frequency interference - rušení na vlnové kmitočtech
time constant - časová konstanta
peak current - špičkový proud
state current - stálý proud
ambient temperature - teplota okolí

Literatura k textu

- [1] RS Components katalog 1997-98 str. 849
- [2] GM electronic katalog 2000 str. 95, 96
- [3] Rádio plus KTE č. 10/1999 str. 5-7
- [4] Rádio plus KTE č. 11/1999 str. 18-19
- [5] Rádio plus KTE č. 120/1998 str. 15-16
- [6] Rádio plus KTE č. 1/1999 str. 17-20
- [7] KTE magazín 3/1997 str. 31-3

Optočlen, optotriak

Klíčová slova: bezpečné oddělení, optotriak, spínání v nule, katalogový list

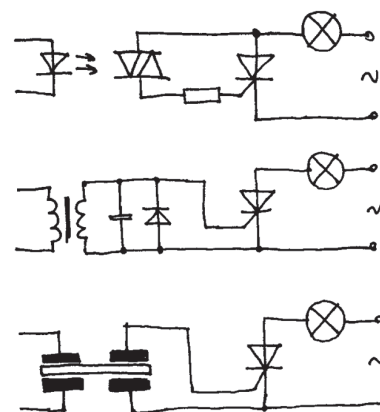
Bezpečné oddělení

Optočleny se používají pro signálové propojení a zároveň napěťové oddělení dvou rozdílných prostředí. Podobně, jako se na infekčním oddělení v nemocnici mohou návštěvy domlouvat s pacienty přes zavřené okno. Sklo je oddělí a přesto se vidí a slyší. U optoelektrických součástek se uvádí tak zvané oddělovací nebo izolační napětí, které ještě součástka vydrží. Pro porovnání: síťové transformátory se zkušejí, zda po dobu jedné minuty vydrží napětí mezi primárem a sekundárem 2 kV. Takže kdyby se náhodně a krátkodobě při nějakém výboji, například při bouřce, napětíových špičkách naindukovaného napětí a podobně, mezi primárem a sekundárem objevilo napětí 2 000 V, musí izola-

ce transformátoru mezi primárem a sekundárem toto napětí vydržet a nesmí se prorazit a toto napětí se nesmí dostat na sekundární část napáječe a tím i na celé připojené zařízení. Z tohoto hlediska je zařízení bezpečné. Oddělení transformátorem není všude možné a i když by bylo možno triak nebo tyristor spínat přes transformátor, je v porovnání s optoelektrickou součástkou nevýhodné: větší rozměry, větší pracnost při výrobě a spotřeba materiálu (viz obr. 1).

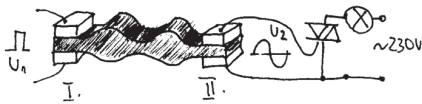
Piezoelektrický oddělovací článek například PZK 20 firmy Siemens [viz 1] má uváděné oddělovací napětí 4 kV. Využívá přenos akustickým vlněním (zvukem). Pracuje na podobném principu jako běžné „pípáčky“ v digitálních hodinkách, piezoelektrické sirénky pod. Při přivedení střídavého napětí určitého kmitočtu na elektrody nanesené na keramice se destička rozkmitá. A podobně jako u piezo-

46. díl



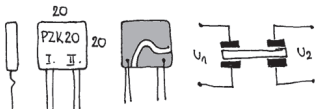
Obr. 1 – Druhy vazeb: optická, induktivní, akustická

elektrického mikrofónu vzniká kmitáním keramické destičky napětí, které se snímá na druhém konci druhými dvěma elektrodami. Tato součástka je malý čtve-



Obr. 2 – Akustická vlna má rychlost 2000 m/s

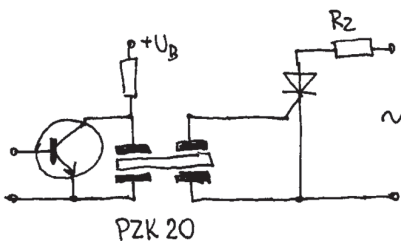
reček keramiky $20 \times 20 \times 2$ mm se čtyřmi vývody. Má nevýhodu, že ke své činnosti potřebuje oscilátor s kmitočtem asi 95 kHz, který ji rozkmitává a spínání triaku touto součástí se provádí připojováním tohoto kmitočtu. (Viz obr. 2, 3 a 4.)



Obr. 3 – Piezoelektrický element je malá destička 20×20 mm se 4 vývody

Optoelektrické spojení

Použití optoelektrického přenosu zná i malé dítě, které udrží v ruce ovladač k televizoru. V optočlenu (a tedy i optotriaku) je využíváno optoelektrické spojení na krátkou vzdálenost. Napěťové oddělení je dokonalé. Přeskokové napětí v suchém vzduchu je asi 20 kV na 1 cm. V praxi se používají optočlenné, které mají zaručené oddělovací napětí několik kilovoltů. Větší je zbytečné, protože při vyšším napětí by si výboj našel cestičku jinudy - přeskokem mezi nožičkami součástky, materiálem pouzdra součástky nebo i plošného spoje, nebo při orosení zařízení přeneseného z chladného prostředí do teplé místnosti.



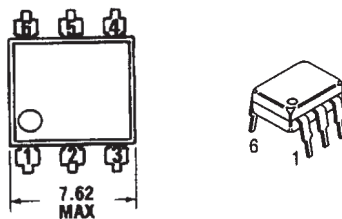
Obr. 4 – Princip zapojení s PZK20

Optotriaky navíc ovládají triak, v jehož obvodu je zapojena nějaká zátěž. Z minule víme, že tyristor a triak se dají použít v zásadě dvěma způsoby. Pro:

- a) regulaci výkonu
 - b) spínání.
- U uváděných regulátorů výkonu se nastavuje určitý úhel otevření tyristoru nebo triaku, využívá se jenom část periody sinusového průběhu střídavého proudu tekoucího zátěží. Používá se u regulace:
- motorů vrtaček, aj.
 - intenzity světla žárovek
 - výkonu topných těles
 - svářeček atd.

V katalogu jsou uváděny jako NON-ZERO-CROSSING TRIACS.

Bezkontaktní spínání umožňuje připojování a odpojování zátěže, při kterém se využívá doby celé půlperiody sinusového průběhu střídavého proudu - prostě k zapnutí nějakého zařízení a k vypnutí. Zde se nic nereguluje. Neuvádí se žádný úhel otevření, spínač je buď trvale sepnutý nebo rozepnutý. Zátěží proud teče nebo neteče. Je to sice hodně laicky vysvětleno, ale jsme ve škole.



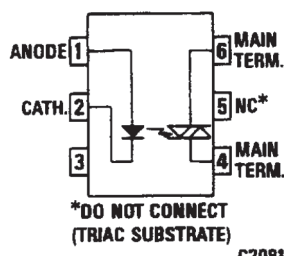
Obr. 5 – Optočlen má malé rozměry

Používá se pro ovládání:

- elektromagnetických ventilů
- světel
- motorů
- topných těles
- elektromagnetických upínek
- elektromagnetických spojek
- rozběhu motorů
- jako polovodičová relé
- nebo pro stykové rozhraní mezi logickými řídicími obvody a ovládaným zařízením napájeným ze sítě.

V katalogu jsou uváděny jako ZERO-CROSS OPTOISOLATORS

Nejkratší doba sepnutí může být doba jedné půlperiody.



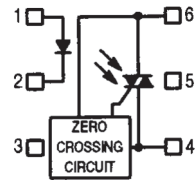
Obr. 6a – MOC3020 reaguje přímo na vstupní pulz

Nejdélsí doba je libovolná. Když je na řídicí vstup optotriaku přivedeno napětí, optotriak se sepně, při průchodu střídavého proudu „nulou“ se sice rozepne ale jakmile napětí na triaku opět začne vzrůstat, znovu se sepně atd... (Viz obr. 11). To už známe z minulého výkladu.

K čemu je spínání v nule dobré?

Když chceme využívat celou půlperiody průběhu proudu, musí k sepnutí triaku dojít co nejdříve na začátku půlperiody, tedy jak se říká „při průchodu nulou“.

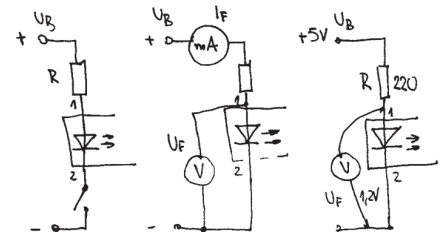
Kdyby začínalo později, nevyužila by se celá půlperiody.



Obr. 6b – MOC3041 je spouštěn až při průchodu nulou

Kdyby ke spínání docházelo pokaždé při jiném úhlu, byla by na grafu této funkce ohraničená plocha v každé, takto sepnuté periodě, jiná a tudíž by i výkon do zátěže byl jiný.

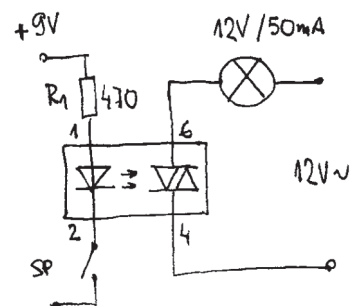
Za druhé: při sepnutí v okamžiku, když už na triaku nějaké napětí je, dojde k prudkému nárůstu proudu, který je zdrojem rušení i v pásmu rozhlasového a televizního vysílání (R.F.I.). K tomu dochází u regulátorů, ale tam se přidává odrušovací člen. Proto se u optotriaků pro tyto účely, používá funkce „spínání v nule“.



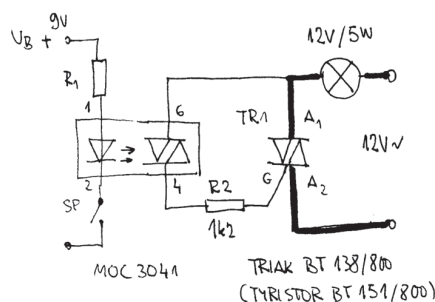
Obr. 7 – Na LED v optočlenu je napětí UF asi 1,3 V

Pokud je triak sepnut na dobu trvající mnoho period, uplatní se toto spínání v nule pouze u první půlperiody, ostatní se již spínají krátce pro průchodu „nulou“.

Zvláštním případem této aplikace je například přístroj pro léčbu pulzním magnetickým polem, kde je cívka budící magnetické pole přerušovaně napájena ze sítě v rytmu odvozeném od síťového kmitočtu po dobu jedné, dvou nebo několika period. Když proud do cívky nebyl spínán „v nule“, bylo by při každém sepnutí magnetické pole jinak silné, nepravidelné, „kulhalo by“.



Obr. 8 – Optočlen sám o sobě snese pouze malý proud, dostatečný pro sepnutí externího triaku



Obr. 9 – Pokusné zapojení pro ověření funkce optické vazby ($R_1 = 470 \Omega$)

V katalogu najdete také obvody SSR - solid state rele - tedy polovodičové součástky s funkcí nahrazující klasické elektromagnetické relé nebo stykače. (Poznámka: v katalogu najdete také obvody, které spínají kdykoliv, v nule i při maximu).

Praktické využití najdete v literatuře. Funkci si můžeme vyzkoušet na jednoduchém zapojení. V několika konstrukcích v Rádiu plus je použitý obvod MOC3020 a MOC3041. (Viz obr. 5). Není používán přímo pro spínání zátěže, ale jiného triaku. Ten se volí podle spínaného napětí a proudu, případně se umísťuje na masivní chladič.

1. pokus.

Na vstupu optočlenu je uvnitř pouzdra LED, která se napájí ze zdroje přes rezistor. Musíme uvažovat její katalogové hodnoty - IFT - proud při rozsvícení a UF - napětí na LED při svitu. Můžeme je změřit. (Viz obr. 7). A nebo výpočtem zjistíme, jak velký proud teče při napětí $U_B = 5 \text{ V}$ a $R = 220 \text{ ohmů}$. Napětí na rezistoru je rozdíl napájecího napětí U_B a napětí na LED označeného UF. Počítáme:

$$I = (U_B - U_F) / R.$$

Po dosazení nám vyjde proud asi 17 mA.

Výrobce uvádí tyto proudy IFT:

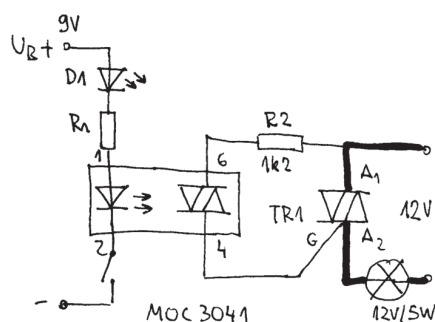
MOC3020 – IFT = 30 mA

MOC3021 – IFT = 15 mA

MOC3022 – IFT = 10 mA

MOC3023 – IFT = 5 mA

Maximální proud IFT max je 50 mA.



Obr. 10 – Zátěž může být v kterékoliv větvi ($R_1 = 390 \Omega$)

MOC3041 – IFT = 15 mA

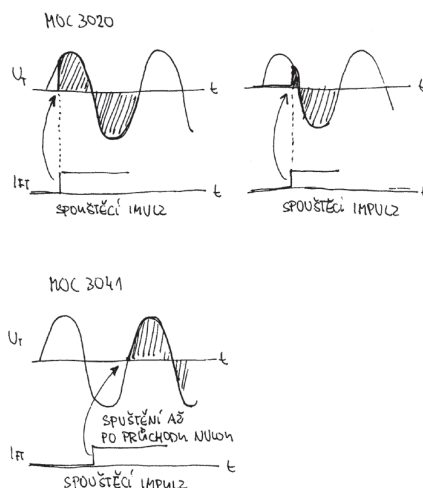
MOC3042 – IFT = 10 mA

MOC3043 – IFT = 5 mA

Maximální proud IFT max je 60 mA. Podle doporučení výrobce má proud být větší než IFT a menší než IFT max.

Abychom si ověřili, že optočlen opravdu spíná, připojíme na jeho výstup malou telefonní žárovku 12V/50 mA (Viz obr. 8). Větší proud by optočlen mohl přetížít a zničit.

Aby byl pokus bezpečný, použijeme zdroj střídavého napětí například 12 V transformátor z minulých pokusů a 12 V/5W žárovku do auta. Triak není sepnutý, žárovka nesvítí. Když na vstup optotriaku přivedeme takové napětí, aby se LED uvnitř pouzdra rozsvítila, sepne se tímto světlem optotriak uvnitř pouzdra. Při spojení přepínače se žárovka rozsvítí, při rozpojení zhasne.



Obr. 11 – MOC3020 je spouštěn okamžitě v kterékoliv fázi průběhu, MOC3041 je spouštěn až po průchodu nulou

2. pokus

Zapojení si rozšíříme podle obr. 9. Když na vstup optotriaku přivedeme takové napětí, aby se LED uvnitř pouzdra rozsvítila, sepne se tímto světlem optotriak uvnitř pouzdra a tento optotriak sepne triak Tr1. Žárovka svítí. Rozpojením vstupu žárovka zhasne. Připojením se rozsvítí.

„Co je v tom za zázrak, vždyť to nic není? To umí každý obyčejný mechanický páčkový vypínač.“

„To ano, ale pomocí tohoto obvodu můžeme zátěž ovládat elektronicky a bez kontaktů spínače, který by musel vydržet spínaný proud.“

3. pokus

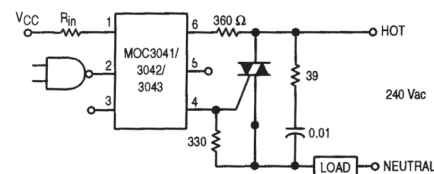
Kdo říká, že zátěž musí být právě v „horní větvi“? Zátěž zapojíme do „dolní větve“ z pohledu obrázku a stejně tak můžeme i rezistor R2 zapojit od obvodu

ne za obvod, ale před něj. Je to sériové zapojení, tak je to jedno. Funguje to stejně?

4. pokus

Ostatně se můžeme podívat na originální schéma z katalogového listu výrobce, kde je zátěž připojena na síťové napětí (obr. 12). Opět upozorňujeme na bezpečnost práce, viz předchozí lekce.

Obvod můžeme doplnit i o spínání tranzistorem a aby bylo vidět, kdy je sepnutý a kdy tedy svítí LED uvnitř optotriaku, přidáme ještě LED.



Obr. 12 – Ukázka schématu uvedeného v katalogovém listu výrobce – ukázka schématu podle americké normy

Kdo si rád hraje, může triak spínat například časovým spínačem s obvodem 555, který jsme probírali již v začátcích školy. Tak je třeba možno na určitou dobu rozsvítit světla, spustit ventilátor, topení, zapnout motor čerpadla.

Parametry optočlenů obvykle najdete v dobrém katalogu alespoň ty základní. V katalogových listech vydávaných výrobcem najdeme údajů víc.

Domácí úkol: jak dlouho trvá jedna perioda síťového kmitočtu 50 Hz? Jak dlouhá je jedna půlperioda?

Trocha technické angličtiny

alternating voltage - střídavé napětí
ambient temperature - teplota okolí
operating temperature - provozní teplota
storage temperature - skladovací teplota
lead temperature - teplota přívodu při pájení
soldering temperature - teplota při pájení
main voltage - síťové napětí
resistive load - odporová zátěž
inductive load - induktivní zátěž
triggering - spouštění
zero - nula
crossing - křížení, přechod přes..
circuit - obvod
zero crossing circuit - obvod pro spínání v nule

trocha němčiny:

Piezo-Zündkoppler - piezokeramický vazební článek
optokoppler - optoelektrický vazební článek
piezokeramik - piezokeramika

Suplika: Pokud tento článek čtou čtenáři, kteří mají nové katalogy a staré se chystají vyhodit, věnujte je, prosím, pro

poučení potřebným - odborným školám, učilištím, nebo prostě klukům v sousedství. I starší katalogy poslouží pro poučení. Vzpomeňte si, jak jste i vy hledali potřebné informace a na ty, kdo vám pomohli.

Literatura k textu

- [1] Elektronik 6/1982
- [2] GM electronic katalog 2000 str. 95, 96
- [3] Rádio plus KTE č. 10/1999 str. 5–7

- [4] Rádio plus KTE č. 11/1999 str. 18–19
- [5] Rádio plus KTE č. 120/19989 str. 15–16
- [6] Rádio plus KTE č. 1/1999 str. 17–20 katalogový list MOTOROLA MOC30xx

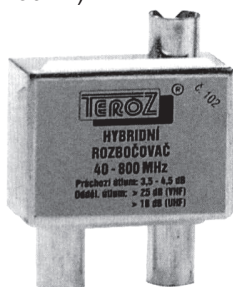
Rozvod TV signálu v bytě

klíčová slova: rozbočovač, slučovač, zesilovač, kanál

Základy TV techniky byly již probrány v KTE č.3/1999. V praxi se používají kabelové rozvody, STA - společné televizní antény, my se soustředíme na instalaci pro byt, dům.

Případ 1.

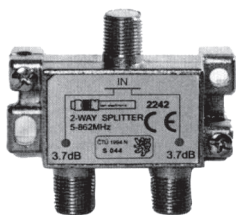
Panelákový byt s jednou zásuvkou společné televizní antény. Signál z jedné antény chceme přivést do dvou televizorů. Domácí kutil by kapesním nožem oholil kabel k televizoru a na něj by přidrátovával kabel k druhému televizoru v dětském pokoji. Připojením dvou televizorů paralelně by se svod v tomto místě zatížil víc a strnul by se signál i v dalších bytech. Při náhlém zhoršení signálu pak technik běhá od bytu k bytu a zjišťuje, kdo to zavinil a čím déle závalu zjišťuje, tím je rozrušenější a právem. Řešení je prosté: rozbočovač signálu. (Viz obr. 1).



Obr. 1a – Rozbočovač s IEC konektory

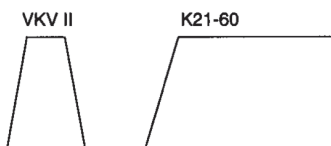
Na konce kabelů se jenom namontují konektory a zapojí do rozbočovače.

Rozbočovač je pasivní, není zapotřebí žádné napájení. Vyrábějí se v různém provedení - s konektory IEC i závitovými F-konektory, jsou širokopásmové, pro celé pásmo 40 až 800 MHz, tedy pro příjem TV v I až V. pásmu, včetně pásma vysílání FM rozhlasu na VKV.



Obr. 1b – Rozbočovač v provedení se závitovými F-konektory

Pokud potřebujete signál rozbočit do tří směrů, použijete trojnásobný rozbočovač. Dvojnásobný rozbočovač má uváděný průchozí útlum 3,5 až 4 dB, čtyřnásobný 6 až 9 dB. Decibely už znáte, vzpomeňte si, že útlum 6 dB znamená



Obr. 2 – Slučovač VKV a IV. a V. pásma

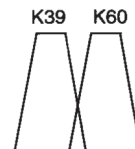
snížení úrovně napětí na polovinu. Hlavní výhodou je sloučení dvou signálů při zachování impedancí zdrojů i výstupní impedance. U všech slučovačů, rozbočovačů i anténních zesilovačů se v televizní technice uvažuje impedance 75 ohmů.



Obr. 3 – Slučovač VKV, III. pásma a IV. a V. pásma

Kanály

TV vysílač nevysílá jenom na jediném kmitočtu, ale televizní kanál musí být tak široký, aby byl přenášen zvuk i obraz, v Evropě bylo historickým vývojem ustáleno několik norem. U nás nás zajímá tak

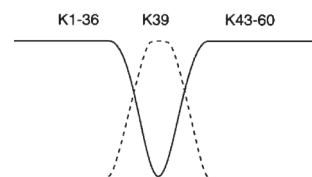
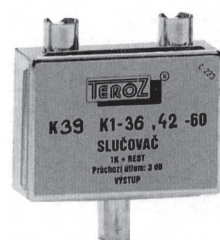


Obr. 4 – Slučovač dvou kanálů ve IV. a V. pásmu

zvaná „východní norma“ - OIRT a „západní norma“ CCIR. Dnes jsou již skoro všechny televizory vybaveny automatickým přepínáním zvukového doprovodu východní normy 6,5 MHz a západní normy 5,5 MHz a tak je běžnému uživateli jedno, co chytá.

Rozdíl je v kmitočtovém rozsahu kanálů III. televizního pásma - viz tab. 1. Podle normy OIRT je šířka jednotlivých kanálů 8 MHz, norma CCIR má šířku 7 MHz. Na rozdíl mezi normami přijdete při ladění televizoru na tyto kanály, protože podle OIRT je v pásmu od 174 do 230 MHz 6 kanálů a podle CCIR je ve stejném pásmu 7 kanálů. Na některých televizorech máte při ladění možnost zvolit si normu vysílání přepínáním B/G, D/K, I, L. Zjistíte, že naše vysílače přijímáte při D/K a některé zahraniční při B/G. Pokud máte společnou televizní anténu (STA), záleží na správnosti, na jaké kanály vám přijímané vysílání převede a v jaké normě jsou rozváděny po domě. U kanálů ve IV. a V. pásmu jsou vysílací kmitočty u obou norem stejné.

A teď praktická poznámka: u nás prodávané slučovače, výhybky a anténní



Obr. 5 – Slučovač 39. kanálu s ostatními kanály IV. a V. pásma

pásmo OIRT	kanál	MHz
I. pásmo	K1	48,5 – 56,5
	K2	58 – 66
VKV I		66 – 72
II. pásmo	K3	76 – 84
	K4	84 – 92
	K5	92 – 100
III. pásmo	K6	174 – 182
	K7	182 – 190
	K8	190 – 198
	K9	198 – 206
	K10	206 – 214
	K11	214 – 222
	K12	222 – 230
IV. pásmo	K21	470 – 478
	až	–
	K39	614 – 622
V. pásmo	K40	622 – 630
	až	–
	K60	782 – 790
pásmo CCIR	kanál	MHz
I. pásmo	K2	47 – 54
	K3	54 – 61
	K4	61 – 68
VKV II		87,5 – 108
III. pásmo	K5	174 – 181
	K6	181 – 188
	K7	188 – 195
	K8	195 – 202
	K9	202 – 209
	K10	209 – 216
	K11	216 – 223
	K12	223 – 230

zesilovače mají kmitočtový rozsah kanálů podle naší normy.

FM vysílání na VKV

Na stupnici starších přijímačů najdete kmitočtový rozsah od 65 do

73 MHz, obvykle uváděné jako VKV I, v současnosti u nás i v sousedních zemích většina vysílačů vysílá v kmitočtovém pásmu 87,5 až 108 MHz, uváděné jako VKV II. U slučovačů a anténních zesilovačů je tedy jako FM

VKV uvažováno toto pásmo, nebo je vyznačeno jako VKV II.

Prameny

Většina rozhlasových stanic ve svém vysílání oznamuje svůj vysílací kmitočet, vysílací kmitočty televizních vysílačů a převaděčů najdete například v této literatuře a v „síti“. Prameny, odkud můžete čerpat informace, najdete na konci článku.

Případ 2.

Máte anténu pro příjem TV signálů a chcete použít zvláštní anténu pro příjem rozhlasového vysílání na VKV a signál sloučit do jednoho kabelu, abyste ze střechy nemuseli vést dva kabely. Použijete slučovač TV + VKV. (Viz obr. 2).

Případ 3.

Máte jednu anténu pro příjem TV signálů ve IV. a V. pásmu a chcete přijímat i silný TV signál ve III. televizním pásmu. Potřebujete je sloučit do jednoho kabelu. Použijete slučovač TV pásem I + TV IV a V. Někdy se tato pásma označují obsazenými kanály například K6-12 a K21-60. Obě antény mohou být nasměrovány do různých směrů.

Případ 4.

Máte anténu pro příjem FM rozhlasu, anténu pro příjem ve III a další pro příjem ve IV. a V. televizním pásmu. Použijete slučovač s těmito vstupy. (Viz obr. 3).

Případ 5.

V místě vašeho bydliště přijímáte v IV. a V. pásmu dva vysílače, každý z jiného směru, máte tedy dvě antény, jejichž signál je zapotřebí sloučit. V katalogu je například slučovač pro sloučení kanálů K39 a K60. Jiné kanály si můžete určit v objednávkě. (Viz obr. 4).

Případ 6.

V místě vašeho bydliště přijímáte v IV. a V. pásmu v jednom směru několik vysílačů na různých kmitočtech a z jiného směru vysílač vysílající v témž pásmu. Použijete slučovač pro sloučení vámi zvoleného kanálu (uvedete ho v objednávkě) a zbytku pásma (REST). Například v jednom vstupu K39 a ve druhém K1-36 a K42-60. Kanály okolo slučovaného kanálu jsou potlačeny. (Viz obr. 5)

Slučovač slouží pro sloučení signálů. Pokud je signál dostatečně silný, je možno ho přímo použít. Pokud jsou signály různě silné, je možno je zesilovat, tlumit, odfiltrovávat, směřovat a různě zpracovávat. Obráceným zapojením slučovače získáte rozbočovač, například

pro oddělení signálu pro televizor a pro přijímač VKV.

V praxi se také používají slučovače s anténním zesilovačem. Prolistujte si katalogy a z nabídky si vyberte to, co nejlépe vyhovuje vaší situaci.

Prameny:

KTE 3/1999 str. 33-35

Anténní zesilovače, slučovače příslušenství:

Katalog TEROZ Loštice 2000

Katalog Kathrein na CD-ROM, Version 4.0

<http://www.pvnet.cz/www.teroz> - výrobce
<http://www.vftech.sk> - VF TECH Prievidza - výrobce

Vysílací kmitočty:

Katalog TEROZ Loštice 2000

Rozhlas a televize - přehledy vysílačů pro rok 2000, CS DX Klub, obj. např. BEN

<http://ruzicka.baf.cz/Jidxc> - Jihlavský DX klub

<http://www.multiweb.cz/tvprogram>

Některé informace v síti:

<http://www.pvnet.cz/www.teroz> (výrobce)

<http://www.vftech.sk> (výrobce)

<http://www.jjj-sat.cz> (prodej)

<http://kathrein.de> (německy)

<http://www.sapro.cz/asta> (antény)

<http://ruzicka.baf.cz/Jidxc> (Jihlavský DX klub)

<http://www.multiweb.cz/tvprogram> (kmitočty)

Slovíčka:

REST - zbytek (pásmo)

OSD - On-Screen-Display - stav ladění a nastavování přijímače zobrazen na obrazovce.

Anténní zesilovače

Klíčová slova: anténní zesilovač, zesílení, šířka pásma, decibely

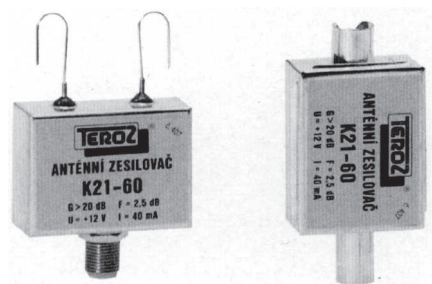
Výklad je pro potřeby malé školy velmi zjednodušen a má pomoci začátečníkům v praktické orientaci v problematice instalace antén a zesilovačů.

Při instalaci antén pro příjem FM rozhlasu a televize z pozemních vysílačů bývá mnohdy nutné přijímaný signál ještě zesílit. První krok je volba vysílačů, které budou přijímány, volba vhodných antén a způsob sloučení jejich signálů.

Zesilovače s v podstatě používají k těmto účelům:

- zesílení přijímaného signálu,
- průběžné zesílení signálu v televizních rozvodech

Když je již anténní systém optimální a přesto je přijímaný signál slabý, používají se ke zlepšení příjmu anténní zesilovače. Pokud je obraz zrnitý a zvuk zašumělý, je použití zesilovače účelné. Obraz hrubě zrnitý, v rušení spíše tušený, než viděný, rozpadlý do běhajících řádků a bez zvuku, se dá vylepšit těžko. Místo investice do zesilovače se vyplatí znovu rozhlédnout po střechách sousedů a zjistit, zdali se tento program v místě příjmu opravdu dá zachytit v přijatelné kvalitě, případně uvážit, zdali se tento program nedá zachytit z jiného vysílače, na jiném kanálu, nebo z jiného směru. A hlavně by tento signál měla být schopna přijímat anténa.



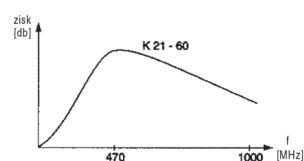
Obr. 1 – Anténní zesilovač pro instalaci do krabice na anténě a v průběžném provedení na kabel

Je zbytečné kupovat zesilovač, když mnohdy stačí anténu vystrčit z půdy nad střechu, změnit její umístění, výšku nad terénem, nebo použít správný typ antény nebo vyhodit starý, nevyhovující, nedivivý kabel a pořídit si nový.

Zesilovače posuzujeme podle řady vlastností:

- šířky pásma
- zesílení
- mechanického provedení
- dalších vlastností

Postupně si je ukážeme na příkladech z praxe.



Obr. 2 – Kmitočtová charakteristika širokopásmového zesilovače

Celkově slabý příjem

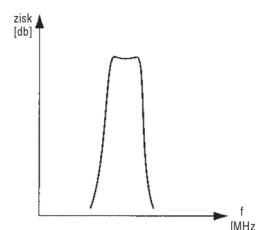
Pokud je v místě příjmu slabý celkový signál v celém televizním pásmu, například v místech vzdálených od vysílače, „za kopcem“ nebo v údolí, je vhodné použít širokopásmový zesilovač.

Protože se na celé toto pásmo pokrývají FM rozhlas a I. až V. televizní pásmo používá několik antén, bývají s výhodou tyto domovní zesilovače zároveň kombinovány se slučovačem. Na první pohled má tento zesilovač tři vstupní konektory pro svody od tří antén, například pro FM rozhlas, pro I-III. a pro IV-V. televizní pásmo a jeden výstupní konektor. Na druhý pohled si všimneme zda konektory jsou typu IEC nebo závitové F-konektory. Na krytu bývá typový štítek a popis s uvedením základních technických parametrů.

Příjem jednoho slabého vysílače

Pokud je příjem místních stanic v dobré kvalitě a k tomu chcete přijímat jeden

48. díl

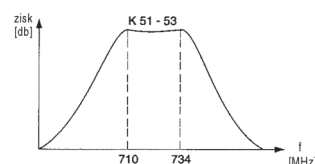


Obr. 3 – Kmitočtová charakteristika selektivního zesilovače pro jeden kanál

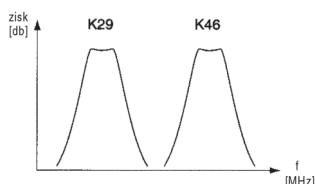
další, například slabší zahraniční vysílač, používá se zesilovač naladěný na tento jeden kanál, tedy kanálový zesilovač. Obvykle tento vysílač bývá přijímán z jiného směru a tak pro jeho příjem bývá instalována zvláštní anténa. S výhodou se používá dlouhá YAGI anténa, které je již svými mechanickými rozměry a provedením určena pro tento kanál. Zde se přednostně anténní zesilovač umísťuje do instalační krabice umístěné přímo na anténě. Zesilovač je napájen po kabelu buď z místa, kde je další domovní zesilovač, například na půdě nebo v nejvyšším patře domu, nebo z napáječe umístěného v blízkosti přijímače, aby byl po ruce.

Vzdálená anténa

Někdy je nutno jednu z antén umístit například na druhou stranu domu, nebo na vyšší stožár, na strom, apod. a než se signál z této antény přivede do slučovače k ostatním, zeslabí se ztrátami ve vedení. Tyto ztráty je možno vyrovnat průběžným zesilovačem umístěným do



Obr. 4 – Kmitočtová charakteristika zesilovače pro skupinu kanálů



Obr. 5 – Kmitočtová charakteristika zesilovače pro dva různé kanály

vedení. Na rozdíl od zesilovače umístěného do instalační krabice, který má na vstupu drátové nebo páskové přívo-
dy pro montáž pod šroubky, má vstupní a výstupní konektor a opět bývá napá-
jen po vedení. Typický příklad této vzdá-
lené antény je případ, kdy jsou antény
na jedné straně domu směřovány do vni-
trozemí na místní vysílače a příjem za-
hraničního vysílače je možný například
z druhé strany domu, nebo ze stožáru
na sousedově zahradě, odkud není vy-
sílač zastíněn budovami, kopcem nebo
jinými překážkami.

Pásmový zesilovač

Pokud jsou vysílány programy v mís-
tě příjmu zachytitelné jedinou širokopás-
movou anténou, používá se pásmový
zesilovač. Typicky to je například anté-
na, které se podle vzhledu říká „matra-
ce“ nebo „sít“, pro kanály IV. a V. televiz-
ního pásma, tedy od 21. do 60. kanál,
nebo anténa s motýlkovitě tvarovanými
direktory, lidově nazývané podle ob-
chodního názvu jednoho z typů těchto
antén „X-color“. Tím, že pásmový zesi-
lovač zesiluje pouze kmitočty určitého
pásma, nedochází k přehlcení zesilovač
blízkým, nebo výkonným vysílačem ji-
ného pásma.

Domovní rozvod

Zkratky STA - společná televizní an-
téna a TKR - televizní kabelový rozvod
větší rozsáhlé sítě kabelů, zesilovačů
a tajemství. Ale i malý rodinný domek,
penzion, hotýlek, škola mohou mít vět-
vené sítě. Základem je již probíraný an-
ténní systém, slučovače a zesilovače,
případně útlumové články, kterými se



Obr. 6a – Aktivní slučovač se zesilovačem: $G = 10 \text{ dB}$, $F = 3,5 \text{ dB}$

přijímané signály upraví tak, aby se již
daly přivést do přijímače a přijímat. Pro-
tože v kabelových rozvodech dochází
k útlumu signálů, je třeba tyto ztráty ně-
jak nahradit, signál zesílit.

- Toto zesílení může být v podstatě dvojí:
- výkonové zesílení v domovním zesilo-
vači a
 - průběžné zesílení na vyrovnání ztrát.

Konstrukce zesilovače

Do zesilovače není vidět a účelem této
lecke není popis schématu zesilovače
ani jeho stavba, ty můžete najít v literatu-
ře, ale pochopení, co se skrývá za údaji
v katalogu. Můžete se dočíst, že zesilo-
vač je

- jednotranzistorový
- dvoutranzistorový (tedy zřejmě lepší)
- a s výkonovým (třetím) tranzistorem.

Logicky má jednotranzistorový zesi-
lovač menší zesílení než dvoutranzisto-
rový, zde se mu říká zisk. Tři tranzisto-
rový zesilovač má třetí tranzistor použitý
jako výkonový zesilovač, aby ze zesilo-
vače bylo možno napájet víc přijímačů,
například v penzionu, hotýlku nebo ve
škole. V dobrém katalogu (např. viz [1])
jsou uvedeny základní parametry, které
nám pomohou při výběru toho nejvhod-
nějšího pro naše účely.

- Jsou to:
- šířka pásma
 - G - zisk v dB
 - F - šumové číslo
 - vybuditelnost v dBV.

Zisk

Nebojte se decibelů, již jsem je pro-
bírali (viz [2]). Jenom připomeneme, že
6 dB znamená zdvojnásobení napětí,
tedy zisk (-6 dB znamená poloviční na-
pětí, tedy útlum), 20 dB znamená zde-
setinásobení. Vzpomenete si, že při ná-
sobení čísel se sčítají jejich logaritmy,
takže při součtu 6 + 6 dB je výsledná úro-
veň 12 dB součinem zesílení $2 \times 2 = 4$,
tedy čtyřnásobné zesílení. Zisk zesilo-
vač je tedy pro šířku pásma druhý

Šumové číslo

Šumové číslo je poměr množství šumu
v signálu na výstupu zesilovače k množ-
ství šumu v signálu na vstupu zesilovače
(viz [3]). Protože v zesilovači je polovodi-
čový prvek - tranzistor - zdrojem šumu, je
jasné, že se do signálu šum přidává. Ide-
álně by tedy tento poměr měl být roven
jedné, ale bývá vždy větší.

V katalogu fy Teroz si můžete všim-
nout, že šumové číslo je v některých
případech menší než 1, protože se uvá-
dí v dB. Obecně tedy platí, že čím men-
ší je šumové číslo, tím je zesilovač lep-
ší. Ale spíš tento parametr bereme jako
fakt.



Obr. 6b – Grafické znázornění slučovaných pásem

Vybuditelnost

Co je to za vlastnost? Má nás to vů-
bec zajímat? A co ta strašidelná značka
dBV? Strašidla nejsou, vysvětlení je
prosté. V povídání o anténách jsme si
říkali, že se úroveň vždy k něčemu vzta-
huje. Znáte nadmořskou výšku, výšku
rozhledny nad terénem, atd. U antény
se její zisk porovnává s napětím, které
dodává prostý dipól. Takže jste logicky
pochopili, že značka dBV asi vyjadřuje
poměr vysokofrekvenčního napětí k na-
pětí o velikosti 1V.

Jestliže tedy lze zesilovač vybudit
na úroveň například na 60 dBμV, zna-
mená to, že na výstupu může být napě-
tí o 60 dB vyšší než je 1 μV.

Uvažujeme: 20 dB odpovídá 10 krát
většímu napětí.

60 dB je 20 + 20 + 20 dB a tomu odpo-
ovídá součin jednotlivých zesílení

10 krát 10 krát 10 což je 1000. Na vý-
stupu tohoto zesilovače tedy může být
napětí až 1000 μV což je 1 mV.

Uvažujeme dále: 6 dB odpovídá
2 × většímu napětí..

Jestliže zesilovač lze vybudit až na
úroveň 66 dB, zdá se to číselně pouze
o maličko větší, ale protože sčítání loga-
ritmů čísel odpovídá násobení čísel, je
výsledná úroveň 60 dB + 6 dB převede-
na na násobek 1000 × 2, což je 2 000.

Pokud lze zesilovač vybudit až na
100 dBV, znamená to, že na výstupu
může být signál o úrovni napětí velikosti
20 + 20 + 20 + 20 + 20 což je $10 \times 10 \times 10 \times 10 \times 10 = 100\,000 \mu\text{V}$ a to je 100 mV.

Takže při nákupu zesilovače je třeba
si určit účel, pro jaký má sloužit, zda pří-
mo do anténní instalační krabičky, nebo
domovní zesilovač pro sloučení a zesí-



Obr. 7 – Domovní zesilovač: $G = 30 \text{ dB}$, $F = 5 \text{ dB}$ v provedení se závitovými konektory

lení signálů z antén pro přímé použití, nebo anténní zesilovač pro další domovní rozvod, nebo průběžné zesilovače. Dobrý katalog je jako výborná učebnice pro poučení, i když samozřejmě nevyužijete všechno, co se nabízí.

Obrázky a grafy použité v této části Malé školy byly převzaty z katalogu firmy TEROZ Loštice.

Mechanické provedení si vybíráte podle umístění a podle ceny. Jednodu-

ší provedení v plechových krabičkách, nebo robustní provedení v pouzdech odlévaných nebo lisovaných z hliníku nebo jiných kovů, s konektory.

Kompletní domovní souprava obsahuje antény pro příjem pozemních vysílačů i soustavu pro příjem ze satelitu. Komponenty opět najdete v katalogu, u dobré firmy vám poradí kompletně - tedy s výběrem vhodného přijímače pro příjem ze satelitů a i s výběrem vhod-

ných satelitních přepínačů, satelitních rozbočovačů, kabelů a zapojením.

Odkazy

- [1] Katalog TEROZ Loštice
- [2] KTE Rádio+ 1/1999
- [3] KTE Rádio+ 3/1999
- [4] Katalog GM electronic
- [5] <http://www.vftch.sk>
- [6] Klabal, J.: Stavíme jednoduché přijímače VKV, NV Praha, 1988
- [7] Katalog JJJ-Sat & Besie

Připojení zesilovače

klíčová slova: předzesilovač, přizpůsobení, dB, Calc602

Vstupní napětí

Koncový zesilovač postavený přesně podle návodu, připojený k předzesilovači postaveného také podle návodu někdy vřeští, zkresluje, při stažení hlasitosti buď hraje slabě nebo začne řvát a nic se s tím nedá udělat. Rozčarování a zklamání jsou slabá slova, ale řešení je dnešním tématem.

Předně: u koncového zesilovače nás zajímá především maximální výstupní výkon, který bývá u každého zapojení obvykle uváděn. Dodržíme i napájecí napětí, ale většinou přehlédneme další důležitý údaj - maximální vstupní napětí pro plné vybuzení nebo napěťové zesílení.

Napěťové zesílení udává, kolikrát je výstupní napětí větší než vstupní a označuje se velkým písmenem A případně $A_{[U]}$. Jestliže je vyjádřeno v dB, označuje se $A_{[dB]}$, v některých anglicky psaných katalozích G_V (což je sice napěťový zisk - „Gain Voltage“ ale je uváděn v dB).

Napěťové zesílení

Protože jsme praktická škola, uvedeme si praktický příklad.

Při měření jsme na vstup zesilovače přivedli signál o kmitočtu 1 kHz a jeho úroveň jsme zvyšovali až do okamžiku omezení - limitace, a pak jsme na výstupu naměřili maximální výstupní napětí například 3,2 V. Potom jsme změřili napětí na vstupu zesilovače, například 80 mV. Otázka zní: kolikrát zesilovač zesílí? Slovně lze odpovědět, že napětí 80 mV zesilovač zesílí na napětí o veli-

kosti 3,2V. Obě hodnoty si převedeme na stejné jednotky, například na mV: vstupní napětí je 80 mV a výstupní napětí je 3 200 mV a tak zesilovač zesílí $3200 : 80 = 40$ krát.

$$A = U_2/U_1$$

To je zesílení zesilovače a je jedno, jestli je zesilován slabý nebo silný signál.

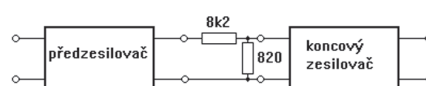
Pamatuj: obvyklým regulátorem hlasitosti na vstupu zesilovače se nemění zesílení zesilovače, ale velikost napětí, přiváděného na vstup.

Dělič napětí

Na tomto jednoduchém příkladu si ukážeme jak se vytvoří dělič napětí. Při připojení tohoto zesilovače na výstup kazetového magnetofonu zesilovač slušně zesílí do nastavení potenciometru hlasitosti asi tak nejvýše do poloviny, potom je už zvuk přerývaný, zkreslený, přebuzený. Tak velký vstupní signál už zesilovač není schopen zesílit. Proto je třeba na vstup přivádět nejvýše takové napětí, aby zvuk byl ještě nezkreslený, i když je potenciometr hlasitosti vytočený na maximum. Takže před potenciometrem musí být přiváděn signál ještě zmenšen. To zajistí dělič napětí, který můžeme stanovit početně nebo prakticky. Prakticky je to rychlejší a tak ho popíšeme nejdříve. Prostě do cesty signálu vřadíme trimr nebo potenciometr a jeho velikost nastavíme tak, aby při potenciometru regulátoru hlasitosti nastaveném na maximum, byl výstupní signál ještě čistý a nezkreslený. Poté trimr odpojíme, ohmmetrem změříme jeho hodnotu a nahradíme rezistorem nejbližší hodnoty.

Teoreticky uvažujeme takto:

1. změříme maximální výstupní napětí ze zdroje signálu (kazetového magnetofonu, výstupu CD přehrávače, zvukové karty, elektronického klávesového hudebního nástroje nebo jiného audio výstupu), pro náš příklad například 240 mV. 2. zjistíme jak velká je vstupní impedan-



Obr. 2a – Připojení předzesilovače s větším výstupním napětím než je maximální vstupní napětí koncového zesilovače přes dělič napětí

na hodnotu potenciometru nebo rezistoru připojeného na vstupu zesilovače, zde například 50 kiloohmů.

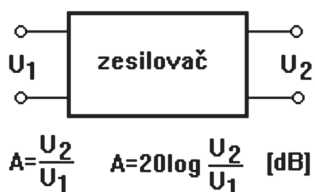
3. školáci využijí trojčlenku,

4. ostatní uvažují logicky a dosadí si tyto hodnoty: na odporu 50 k chceme napětí 80 mV na vstupu děliče o neznámém odporu X je napětí 240 mV a počítáme neznámý odpor X. Poměr tohoto odporu X k hodnotě potenciometru 50 k je stejný jako poměr napětí 240 mV k 80 mV. Bystří čtenáři prominou, ale pro úplné začátečníky dopočítáme. $240 : 80 = 3$ a z toho vypočítáme, že hodnota odporu $X = 3.50$ a to je 150 kiloohmů. Z těchto 150 kiloohmů je část tvořena potenciometrem 50 kiloohmů a zbytek je hodnota rezistoru, který zapojíme před potenciometr. Vstupní napětí přiváděné ze zdroje signálu se na tomto děliči rozdělí a jenom jeho část je na potenciometru a je dále přiváděna na vstup zesilovače. Je to velmi zjednodušené, uváděné pro snazší pochopení. (Vůbec jsme neuvvažovali výstupní odpor zdroje signálu a vstupní odpor zesilovače atd..)

2. příklad

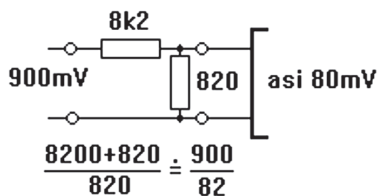
Postavili jsme koncový zesilovač, který má v návodu uváděný zisk (tedy jiným slovem zesílení) $G_V = 40$ dB. Připomeneme si [viz 1], že zisk v decibelech se vypočte z napěťového zesílení tak, že zesílení vyjádřené jako jeho dekadický logaritmus, znásobíme 20. Pro ty, kteří logaritmy neznají: například při zesílení 10 krát je logaritmus čísla 10 jedna (protože má jednu nulu) a při znásobení 20 je zisk v dB roven 20×1 , což je 20 dB.

Jestliže je u zesilovače uváděn zisk 40 dB, postupujeme opačně, dosazením do vzorce



$$A = \frac{U_2}{U_1} \quad A = 20 \log \frac{U_2}{U_1} \quad [dB]$$

Obr. 1 – Zesílení je poměr výstupního napětí ku vstupnímu



Obr. 2b – Na rezistoru 8200 Ω j e desetkrát větší napětí než na 820 Ω

$$A_{[dB]} = 20 \cdot \log (U_2/U_1)$$

$$40 = 20 \cdot \log (U_2/U_1)$$

$$\log (U_2/U_1) = 2$$

to už nepočítáme a podíváme se do tabulek, jaké číslo má logaritmus dvě. Je to číslo 100. (Ti, kdo neznají logaritmy si všimnou, že 100 má dvě nuly, ostatní vědí, že $100 = 10^2$). Takže teď už víme, že tento zesilovač zesiluje 100 krát. To znamená, že z napětí na vstupu o velikosti 1 mV je na výstupu napětí 100 mV, z napětí třeba 1 mV je na výstupu 1300 mV, a tak dále.

Teď známe zesílení, ale stále nevíme, jak velké je maximální vstupní napětí. Neznáme ani maximální výstupní napětí, ale pokud je uváděn maximální výstupní výkon zesilovače, můžeme si toto napětí vypočítat. Jestliže je maximální výstupní výkon na reproduktoru s impedancí 4 ohmy například 10 W, počítáme zpětně.

Výkon je podle Ohmova zákona $P = U \cdot I$.

Proud I neznáme, ale lze ho vypočítat podle vztahu $I = U/R$. Nemusíme nic počítat, U/R si prostě dosadíme do prvního vzorce místo I a tak máme upravený vzorec

$$P = U \times U/R, \text{ což se lépe píše jako } P = U^2/R.$$

Pro výpočet napětí z výkonu na reproduktoru si tento vzoreček ještě upravíme:

$$U^2 = P \cdot R \text{ a celou rovnici odmocníme}$$

$$U = \text{odmocnina z } P \cdot R.$$

Dosaďme naše čísla - výkon 10 W a reproduktor 4 ohmy

$$U = \text{odmocnina z } 10 \cdot 4$$

$$U = \text{odmocnina ze } 40$$

$$U = 6,3 \text{ [V]}.$$

To je tedy maximální výstupní napětí. Dělíme-li toto výstupní napětí zesílením, získáme i maximální vstupní napětí. A jsme tam, kde jsme chtěli být.

Shrňme:

a) z maximálního výstupního výkonu na reproduktoru o známé impedanci vypočteme maximální výstupní napětí,

b) ze zesílení uváděného v dB vypočteme zesílení jako poměr výstupního napětí ke vstupnímu,

c) z výstupního napětí děleného zesílením zjistíme vstupní napětí a

d) pokud je toto vstupní napětí menší, než je napětí přiváděné na vstup, stanovíme hodnoty vstupního děliče napětí.

3. příklad

Podle návodu stavíme zesilovač u kterého je uváděn maximální výstupní výkon, ale nikde není nic o zesílení ani vstupním napětí. Co teď? Použijem postup uvedený v úvodu. Prostě na vstup přivedeme z NF generátoru signál, který budeme zvyšovat těsně pod mez, kdy by se signál na výstupu začal omezovat - limitovat, a změříme maximální výstupní napětí a vstupní napětí, které hledáme. Jenom pro přesnost si vypočteme maximální výstupní výkon a porovnáme s tím, co říká návod. Snadné, že. [Viz 2, 3, 4].

4. příklad

Z koupené stavebnice stavíme zesilovač s maximálním výstupním výkonem 300 W do 8 ohmů.... (to je ale macek, co?), ale neznáme ani zesílení tohoto zesilovače, ani maximální vstupní napětí. Co teď? Při měření tohoto monstra vybuděného na plný výkon do reproduktoru bychom bořili zdi i dobré sousedské vztahy. Pomůžeme si úvahou, že zesílení, tedy zisk uváděný jako poměr výstupního napětí ke vstupnímu je stále stejný, ať zesílujeme slabý signál, nebo silný. Takže můžeme na vstup přivést napětí například 100 mV (aby se to lépe počítalo) a naměříme napětí na výstupu (například 2,5 V). A dále postupujeme jako v předchozích příkladech.

a) Z uváděného maximálního výstupního výkonu do známého reproduktoru vypočteme maximální výstupní napětí.

$$U = \text{odmocnina ze } 300 \cdot 8$$

$$U = \text{odmocnina ze } 2400$$

$$U = 49 \text{ V}$$

b) Z poměru výstupního napětí ke vstupnímu vypočteme zesílení tohoto zesilovače.

$$A = (U_2/U_1)$$

$$A = 2,5/0,1$$

$$A = 25$$

c) Z takto změřeného a vypočteného zesílení a maximálního výstupního napětí vypočteme maximální vstupní napětí

$$U_1 = U_2/A$$

$$U_1 = 49/25$$

$$U_1 = 2 \text{ [V]}.$$

Maximální vstupní napětí tohoto zesilovače pro plné vybuzení je 2 V. Takže před tento zesilovač můžeme předřadit vhodný korekční předzesilovač s výstupním napětím až 2 V.

5. příklad

Dá se vůbec takový zesilovač změřit? Ano. Ke každému zesilovači je třeba mít i reproduktorovou soustavu, který je schopna takový výkon spolehlivě vyzářit. Jestliže je třeba ozvučit nějaký velký prostor, šíří se tento zvuk do prostoru a je ho slyšet široko daleko. Pokud byste výkon do

reproduktoru chtěli měřit v místnosti, je třeba si především chránit sluch chrániči, místnost mít zvukově izolovanou, nebo prostě použít umělou zátěž, jak jsme to již probírali. Uvědomte si ale, že 300 W má například plotýnka na elektrickém vařiči - silně hřeje. A stejně silně bude hřát i váš zatěžovací odpor. Lze ho sestavit z několika výkonových rezistorů zapojených paralelně a umístěných tak, aby mohly být chlazeny.

6. příklad

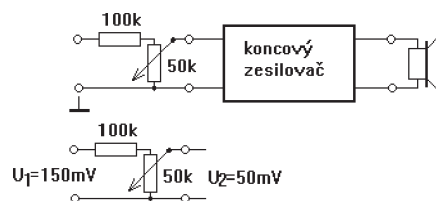
Poučme se z technické dokumentace. Například předzesilovač s TDA1524 je ke koncovému stupni s TDA2030 připojen přes odporový dělič R5/R6 ??? [viz 5]. Sami proveďte úvahu, v jakém poměru tento dělič dělí a jak velká část napětí z předzesilovače tedy jde na koncový zesilovač.

Máme pět smyslů

Slyšíte ještě ve zcela tiché místnosti tikot hodin? Slyšíte upadnout špendlík? Pokud ano, máte ještě dobrý sluch. Nemáte žádný důvod si sluch ničit pobýtem v hlučném prostředí. Při expozici silným zvukem může dojít k nevratným změnám na sluchovém ústrojí a k určitému stupni hluchoty. Hluchota se projevuje nejenom celkovým snížením citlivosti, ale nemožností vnímat určité kmitočty nebo oblasti kmitočtů. Sluch se vyšetřuje speciálním audiometrickým měřením, ale tak daleko to nenechte dojít. Chraňte si svůj sluch a sluch ostatních.

Ještě k „decibelům“

V Malé škole v č. 1/1999 jsme probírali výpočet decibelů podrobně. Výborným prostředkem je například tabulkový editor Calc602. Spousta „Excelistů“ ho již opustila i proto, že jim nešel na Pentiu s taktovací rychlostí větší než 200 MHz spustit. Na obrazovce se objeví tajemný nápis RUN-TIME ERROR 200 a tma..., což je problém i dalších programů psaných pod Turbo Pascalem. Vysvětlení je pro uživatele trochu záhadné, ale řešení je velice snadné a prosté. Na Internetu se objevil prográmk TP-PATCH.EXE, který stačí spustit napsáním jeho názvem s názvem opravovaného programu, tedy například TPPATCH CALC602.EXE a vmžiku je



Obr. 3 – Náznorná ukázka děliče, jehož částí je potenciometr na vstup

Calc602 opraven a můžete ho ke své spokojenosti dál používat. Tento program můžete získat v oddělení technické podpory Software602. Ostatně Calc602 jsme používali i při výpočtu a grafickém znázornění směrování parabolické antény na satelity na orbitu,

lze ho použít pro výpočet kmitočtů podle čísla kanálu TV pásma, výpočty antén, atd.

Odkazy:

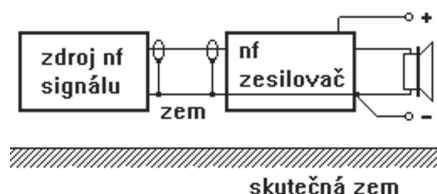
- [1] Rádio plus KTE č. 1/99
- [2] Rádio plus KTE č. 6/99

- [3] Rádio plus KTE č. 7/99
- [4] Rádio plus KTE č. 8/99
- [5] AR B 1,2,3/1998 ?
- [6] Sdělovací technika 8/1988 str...?
- [7] alan@netmax.de ?
- [8] hotline@software602.cz

Měření koncového nf zesilovače

klíčová slova: uzemnění, kostra, zkrat, měření

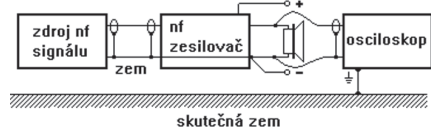
V několika předchozích kapitolách bylo uváděno varování před zkratem na výstupu koncového zesilovače. Nejdříve si uděláme trochu jasno v názvosloví. U zesilovačů a ostatních zařízení pro reprodukci a zpracování hudby, mluveného slova a zvuků, prostě u elektroakustických zařízení, se při připojování a propojování užívá slovo ŽIVÝ vodič a ZEM nebo KOSTRA.



Obr. 1 – Zařízení, které není spojeno se zemí, např. walkman, CD-man, přenosný přijímač

Začneme od zesilovače. Vstup zesilovače má dvě svorky. Jedna je „živá“ - při dotyku prstu na „živý“ vstup je u citlivých zesilovačů z reproduktoru slyšet brum nebo vrčení, nebo dokonce rozhlasové vysílání silné místní AM stanice. Tělo se chová jako anténa, která zachycuje rozptýlené pole z kabelů síťového rozvodu v místnosti a také ostatní elektromagnetické vlny. Při dotyku na druhou svorku se neděje nic. Je spojena s „neživou“ částí zesilovače, obvykle spojenou s kosterou, záporným pólem zdroje nebo s uzemněním.

Svorka. Další slovo z elektrotechnického pravěku. Samozřejmě nemusí jít o opravdovou svorku, do které se připojoval vodič a dotahoval proti vypadnutí šroubkem. V technickém názvosloví se jedná o určité místo zařízení - například místo, kam se připojuje kladný nebo záporný pól zdroje, místo na desce zesilo-



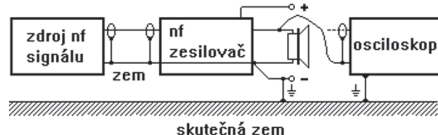
Obr. 2 – Kostra, a tedy i neživá vstupní svorka osciloskopu, je ochranným vodičem spojena přímo se zemí – správné zapojení

vače, kam se připojuje kabel od mikrofonu, kytary, magnetofonu - tedy vstupní svorky; kam se připojuje reproduktor - tedy výstupní svorky. U obecných dvojbranů (zase nové slovo - dvě brány: vstupní a výstupní brána) jsou vstupní svorky a výstupní svorky.

Prostě řečeno: zesilovač má většinou jeden přívod živý a druhý neživý, obvykle se mu říká „zem“ nebo kostra.

Připojení reproduktoru

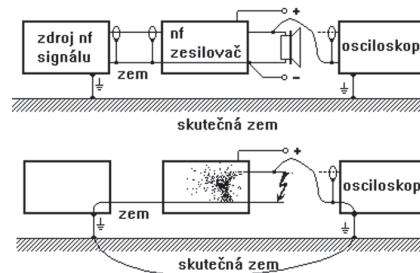
Na první pohled ve schématu zesilovače vidíte, jestli je reproduktor zapojen mezi výstup a zem. Při nejběžnějším napájení z jednoho zdroje bývá zem spojená ze záporným pólem zdroje. Pokud je zesilovač v kovovém krytu nebo na kovovém rámu, kterému se říká kostra (dříve chassis - čteno šasi), je také spojen se zemí - viz obr. 1. A opravdu se někdy ještě dodatečně uzemňuje pomocí takzvané přizemňovací svorky.



Obr. 3 – Jestliže je záporný pól zdroje spojen se zemí a osciloskop je připojen neživou a tudíž uzemněnou vstupní svorkou na živý výstup zesilovače, dojde ke zkratu výstupu – nesprávné zapojení

Signál od mikrofonu, gramofonu, kytary, magnetofonu, kláves, zvukové karty počítače, nebo jakéhokoli audiovýstupu se přivádí na vstup zesilovače dvěma vodiči. Obvykle bývá také jeden z nich přivedený na živý vstup a druhý na zem. Zde problém nebývá. Pokud má přívod o kytary, mikrofonu, magnetofonu, atd. konektor, bývá zapojení provedeno správně: živý přívod na vstup stínění na zem, kosteru, minus. Pokud by byl například snímač od kytary zapojen stíněním na živý vodič a živý vodič kabelu přiveden na zem, kytara by sice ze zesilovače slyšet byla, ale byl by slyšet brum a také při každém dotyku na snímač, struny nebo kovovou část kytary (které bývají kvůli správnému stínění propojené) by se ze zesilovače ozýval silný síťový brum nebo rozhlasové vysílání silné AM stanice.

50. díl

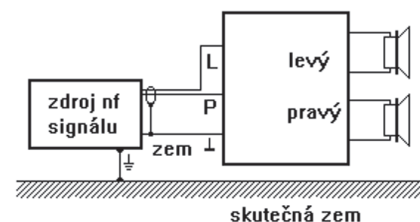


Obr. 4 – Jestliže je osciloskop připojen neživou, uzemněnou svorkou na živý výstup zesilovače dojde při jakémkoli spojení společného zemního vodiče se skutečnou zemí ke zkratu – nesprávné zapojení

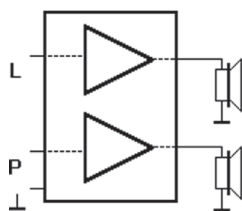
S výstupem si nemusíme dělat starosti. Reproduktor můžeme připojit v libovolné polaritě a není třeba používat stíněný kabel. Jediný problém by byl případný zkrat na výstupu. Jestliže na výstup zesilovače připojujeme reproduktor, je všechno v pořádku. Hraje. Ale při nesprávném připojení měřících přístrojů může dojít ke zkratu přes SPOLEČNOU ZEM.

Připojení osciloskopu

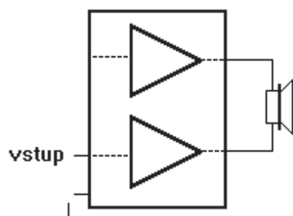
Osciloskop není reproduktor. Má svůj „živý“ vstup a „kosteru“. Protože osciloskop je napájený ze sítě, je kovová kostra spojena ochranným vodičem v síťové šňůře připojená na zem, uzemnění. A ochranný vodič je přes síťovou zásuvku spojen se zemí. Viz obr. 2. V tom problém není. Problém nastane, jestliže je obrátíme přívody osciloskopu a kostra zesilovače také připojena na tuto zem. To se může stát několika způsoby:



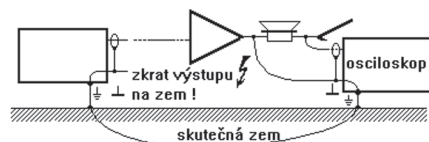
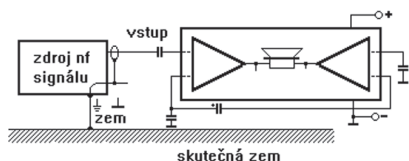
Obr. 5a – Zdroj stereofonního signálu je například zvuková karta PC, tape deck, CD-ROM, předzesilovač, gramofon, aj.



Obr. 5b



Obr. 5c



Obr. 5d – Některé zesilovače lze zapojit jako a, b stereofonní se dvěma reproduktory, nebo c tak zvané do můstku s výstupem pro jeden reproduktor. Ani jedna z výstupních svorek není spojena se zemí. Takže při připojení osciloskopu dojde při připojení neživé – uzemněné svorky – na reproduktor ke zkratu na zem

a) Zesilovač je napájen ze síťového zdroje, který má záporný zdroj spojený s kostrou - viz obr. 3.

b) Zesilovač sice nemá kostru (společnou zem, mínus...) spojenou ze zemí, ale na vstup je přiveden signál ze zařízení, které je spojeno se zemí - viz obr. 4.

c) Zesilovač není ani napájen ze zdroje, který by měl uzemněný záporný pól zdroje, ani není připojen k zařízení, které je spojeno s kostrou, ale nějakým způsobem je jeho kostra (společná zem, mínus...) spojena ze zemí.

d) Zesilovač má úmyslně kostru spojenou s uzemněním, kvůli dobrému stínění a odrušení.

Slovo zem, země, uzemnění opravdu znamená, že přívod je opravdu přiveden na potenciál země, po které chodíme, všechny žlutozelené vodiče v síťovém rozvodu domku, bytu nebo dílny, jsou společně propojeny a spojeny s uzemněním. Stejně tak je na toto uzemnění připojeno kovové vodovodní potru-

bí, ústřední topení, v koupelně i kovová vana, zárubeň dveří a pod. Pro snazší představu je celý výklad velmi zjednodušen, jenom si uvědomte, že každé zařízení, které je třížilovou síťovou šňůrou připojeno k síťové zásuvce, má také takto uzemněnou kostru.

Jestliže náhodně obrátíte přívody od osciloskopu a živý přívod připojíte na kostru zesilovače, nic se neděje. Prostě signál nevidíte. Ale, jestliže je „kostra“ osciloskopu připojena na živý výstup zesilovače, může dojít ke zkratu výstupu na zem. Přes zem, a tedy i kostru osciloskopu. Zkrat na výstupu zesilovače obvykle způsobí zničení koncových tranzistorů. Koncové tranzistory jsou i v integrovaném obvodu a tak je v podstatě zničen integrovaný obvod. A přitom stačí si jenom dát pozor.

Znovu se vrátíme k případům, kdy je kostra zesilovače připojena na uzemnění.

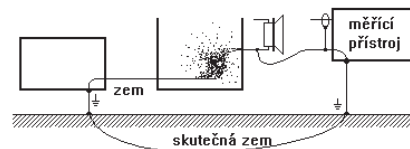
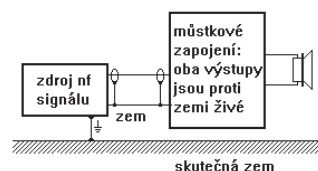
a) Někteří amatéři při stavbě zdroje spojují záporný pól s kostrou a tím i se zemí. b) Jestliže máte zesilovač napájený třeba i z baterie a tudíž je dokonale odizolován od jakéhokoliv uzemnění (což je například u všech přenosných bateriových přístrojů - rádií, walkmanů, diskmanů, atd.), neznamená to, že se na jeho „kostru“ nedostane „zem“. To je v případech, kdy na vstup tohoto zesilovače připojíte zdroj signálu, který má neživý vodič výstupu připojený na uzemnění. Například při připojení na zvukovou kartu počítače. Zde je zřejmé, že počítač je napájen ze sítě třížilovou síťovou šňůrou a že tedy i kostra počítače a tím i zem zvukové karty, je připojena na nulový potenciál uzemnění. Jestliže bychom v tomto případě na výstup zesilovače při měření připojili omylem stínění a tudíž kostru (zem, uzemnění) osciloskopu, došlo by přes tuto zem ke zkratu výstupu a tím ke zničení zesilovače - viz obr. 4.

c) Také to znáte? Ve vášni poznávání elektroniky máme někdy na stole takové vracbí hnízdo, že se může stát, že některé kabely, měřicí šňůry, přívody a dráty vedou do všech stran a někde některý vodič může být spojený s kostrou nějakého zařízení a tudíž uzemněn. Chce to pořádek. Nejprve provést zapojení, potom celé zkontrolovat a pak teprve zapnout napájení a měřit.

Pamatuj: zásada u připojování všech měřících přístrojů napájených ze sítě: živý na živý a zem na zem.

Můstkový zesilovač

Zvláštním případem zesilovače je zesilovač, který nemá reproduktor připojený mezi živý výstup a zem, a tedy záporný pól zdroje. Je to tak zvaný můstkový zesilovač. V katalogu najdete například



Obr. 6 – Jestliže připojíme k můstkovému zapojení zesilovači, jehož kostra je spojená se zemí, jakýkoliv měřící přístroj: osciloskop, nf milivoltmetr, měřič zkreslení atd., který má neživou vstupní svorku spojenou se zemí, může dojít ke zkratu výstupu proti zemi

zapojení pro TDA2050 jednou jako stereofonní zesilovač (viz obr. 5a, b) a podruhé jako monofonní zesilovač v „můstkovém zapojení“ (viz obr. 5c). Má větší výkon. S funkcí si nedělejte starosti. Jenom pokud ho chcete měřit, nastává problém. Jak se má připojit osciloskop nebo nízkofrekvenční milivoltmetr, když jsou oba výstupy na reproduktor živé?! Ani jeden z přívodů není připojen na kostru. A jestliže připojíme kostru osciloskopu nebo nf milivoltmetru na jednu ze dvou svorek výstupu, zničíme tuto část koncového zesilovače (viz obr. 5d).

Logicky vyplývají tato řešení

a) prostě zesilovač vyrobit, používat a neměřit,

b) výstupní úroveň změřit digitálním multimetrem napájeným z baterie,

c) pokud mermomocí chceme vidět signál na výstupu osciloskopem, použijeme dvoupraprskový osciloskop - přepneme ho do režimu A + B, vstup A připojíme na jednu výstupní svorku, vstup B na druhou výstupní svorku a signál zobrazíme.

d) použijeme nf generátor se symetrickým výstupem, kde oba výstupy jsou živé - například i jednoduchý amatérský, napájený z baterie, nebo speciální pro použití v telekomunikacích (například 12XG036 - už z typového označení tušíte, že takový asi nemáte) a zajistíme, aby zem osciloskopu ani náhodou nebyla někde propojená se zemí zesilovače.

Poznámka na okraj

Už je vám jasné, proč autorádia mají přívody k reproduktorům vedené dvěma vodiči a nepoužívá se jeden vodič a kostra? Pokud někde v přijímači bývá neživý výstup zesilovače spojený s kostrou - budiž, ale koupíte-li si jiné autorádio, ať jsou vodiče k reproduktorům dva.

Nečekejte schémata zapojení. Těch máte spoustu na jiných stránkách a v literatuře. V této školičce jsme si jenom zjednodušeně ukázali praktické zapojení měřících přístrojů při měření ze sílovače.

Jazykový koutek

bridge	- můstek
bridge circuit	- můstkové zapojení
earth	- země, zeměkoule
earthed	- uzemněný

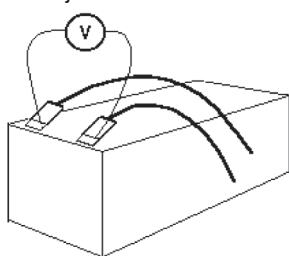
earth wire	- zemníci vodič
ground	- země
grounding	- uzemnění
chassis	- kostra
live	- živý vodič
short circuit	- zkrat v obvodu

Kombinované napájení

klíčová slova: olověný akumulátor, nabíjení, životnost, elektronická pojistka, Zenerova dioda

Olověný akumulátor

Nic netrvá věčně, ani životnost olověného akumulátoru. Motoristé vědí, že akumulátor v autě má životnost asi 4 až 6 let a tak i u zařízení s kombinovaným napájením je třeba počítat s tím, že akumulátor doslouží. V Rádiu plus č. 5/98 jsme v 17. části probírali bezúdržbové olověné akumulátory i jednoduchou nabíječku. Připomeme si, že při nabíjení z nabíječky teče do akumulátoru určitý nabíjecí proud, kterým se akumulátor nabíjí. Elektrochemický děj uvnitř pomíneme, je v učebnicích, teď nás zajímá hlavně nabíjecí proud, případně napětí, kterým nabíjíme.

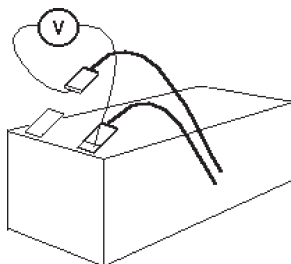


Obr. 1a, b – Změříme napětí přímo na akumulátoru

Při nabíjení konstantním proudem sledujeme proud tekoucí do akumulátoru a měříme napětí na akumulátoru. Obvykle se užívá pravidlo, že nabíjecí proud by měl být asi jedna desetina jmenovité kapacity akumulátoru a neměl by být překročen. K jistění obvykle stačí běžná tavná pojistka.

Při nabíjení konstantním napětím je na výstupu nabíječky napětí doporučené výrobcem, je uvedené v katalogu. Jaký proud teče do akumulátoru si můžeme zjistit z pilnosti ale nazajímá nás až do doby, kde se začnou dít zvláštní věci. Stalo se toto: zařízení s kombinovaným napájením ze sítě a z akumulátoru při dobíjení ze sítě běžně pracovalo, ale při provozu z baterie brzo přestávalo pracovat, alarm krátce zakňoural a to bylo všechno. Ještě později pracovalo jenom ze sítě a pak i to zvadlo. Při sejmutí krytu bylo lehce cítit

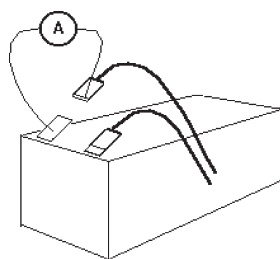
něco spáleného a chladič integrovaného obvodu nabíječky byl horký. Podle těchto úkazů byla závada hledána nejdříve v obvodu napájení přístroje.



Obr. 2a, b – Změříme napětí na výstupu nabíječky

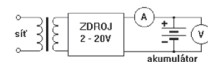
Postup:

1. Zařízení vypneme a změříme napětí na akumulátoru (viz obr. 1). Pro ilustraci v našem případě místo očekávaných 12 V bylo jenom 8,5 V. Je to akumulátorem nebo nabíječkou?
2. Odpojíme (stačí jeden vývod) akumulátor, zapneme nabíjení a změříme nabíjecí napětí (viz obr. 2). Nabíječka byla nastavena na nabíjení konstantním napětím 14 V a opravdu tam toto napětí bylo. Ha. Nabíjecí napětí je v pořádku, ale akumulátor je nabit pouze na 8,5 V. Je v pořádku nabíječka? Dává dostatečný nabíjecí proud?
3. Do série s akumulátorem připojíme ampérmetr tak, aby nabíjecí proud tekla ampérmetrem a tento proud změříme (viz obr.3) (nešťastník, který by připojil ampérmetr paralelně, by z něho měl zapáchající krabíčku na vyhození). Zapojení si raději dvakrát zkontrolujte a začínejte



Obr. 3a, b – Změříme nabíjecí proud akumulátoru

51. díl



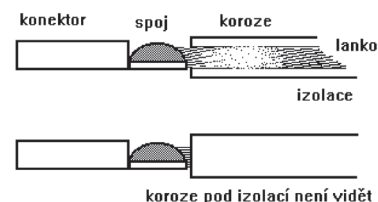
Obr. 4 – Akumulátor připojíme na regulovaný zdroj a sledujeme nabíjení

od nejvyššího rozsahu. V našem ilustrativním případě tekla nabíjecí proud hrozně velký a chladič rychle hřál. U druhého obdobného zařízení, kam jsme akumulátor přepojili, nevydržela tavná pojistka 0,5 A. Akumulátor má přitom v katalogu psaný maximální nabíjecí proud 0,45 A.

Závěr - je zřejmě vadný akumulátor. Teď začalo vzpomínání, kdy se kupoval akumulátor, jak je starý a jestli je to na něm někde uvedeno. Lze akumulátor nějak změřit nebo oživit, třeba byl jenom hodně vybitý?

Měření akumulátoru

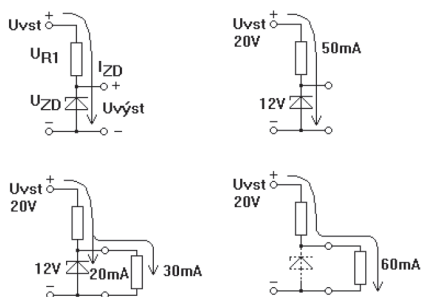
K měření použijeme regulovatelný napájecí zdroj, voltmetr a ampérmetr (viz obr. 4).



Obr. 5 – Zdánlivě neporušené přívodní lanko s neviditelnou korozi uvnitř izolace

Postup:

1. Na zdroji nastavíme napětí asi o 1 V vyšší než je napětí na akumulátoru a připojíme ho přes ampérmetr k akumulátoru.
2. Nastavíme takové napětí, aby do akumulátoru tekla obvyklý nabíjecí proud - tedy buď uvedený v katalogu, nebo menší než jedna desetina kapacity. Změříme napětí, poznamenejme si ho a budeme sledovat jeho nabíjení.
3. Jestliže napětí na akumulátoru začne pozvolna stoupat, budeme proud upravovat tak, aby byl stále stejný - konstantní a sledujeme, zda napětí akumulátoru asi po 5 hodinách dosáhne na svou jmenovitou hodnotu a po asi 10 hodinách až na hodnotu, uváděnou pro nabíjení konstantním napětím, které má nabíječka, například 14,5 V. V tom případě by aku-



Obr. 6 – Stabilizace Zenerovou diodou

mulátor ještě byl dobrý, ale závada by byla v nabíječe.

4. V našem ilustrativním případě se napětí neměnilo, zůstávalo stále na stejné úrovni po celou dobu nabíjení.

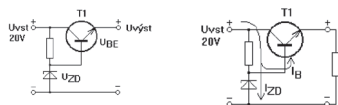
Pozor: takového experimentální nabíjení nenecháváme bez dozoru, nebo dokonce přes noc, je třeba ho sledovat, aby z nějakého důvodu nedošlo k překročení maximálního přípustného proudu akumulátoru, nebo jeho poškození a případnému puknutí pouzdra nebo vytečení obsahu ven.

Závěr: akumulátor je vadný a bez lítosti je možno ho vyhodit a koupit nový.

Popisovaný případ není vymyšlený experiment, ale praktický případ několika podobných krabicových bezúdržbových hermetizovaných akumulátorů 12 V/1,2 Ah, které byly několik let v každodenním provozu v alarmech a přenosném měřicím přístroji.

Kam s odpadem?

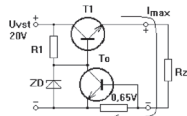
Lehce se řekne: vyhodit. Ale kam? Jenom ne do popelnice. V akumulátoru je olovo a i když se vám zdá, že ho není moc, kdyby to udělal každý, bylo by životní prostředí brzy zcela otrávené. Olovo je opravdu jedovaté, na otravu olovem umírají například kachny, které s červíky, které najdou v bahnitém dnu, polykají také olůvka upadlá z vlasce rybářům. I když si myslíte, že vás nikdo nevidí a toxický odpad hodíte do popelnice, vidí to vaše svědomí. Zkuste akumulátor odnést jako odpad do sběrných surovin, do servisu akumulátorů, nebo do sběrného dvora. V mnoha městech je dobře zorganizovaný pravidelný svoz nebezpečných odpadů - zbytků barev, ředidel, zářivek, baterií a dalšího materiálu. Matka příroda a děti vašich dětí vám poděkují.



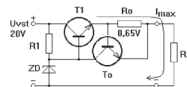
Obr. 7 – Nejjednodušší zapojení stabilizátoru se ZD a tranzistorem

Mimochodem

V úvodním hledání závady byl ve třetím bodu po změření napětí také změřen nabíjecí proud. Kdo tento bod přeskočí, může být zaskočen neobvyklou zradou. V praxi se můžete setkat s případem, kdy na výstupu nabíječe nebo nějakého zdroje naměříte napětí, ale nelze odebrat proud, akumulátor není dobíjen, zařízení nefunguje. Čertovo kopýtko je v korozi. Pokud někdo použije starý recept s „pájecí vodičkou“ z kyseliny solné a zinku a konektor připájí k přírodním lanku s pomocí této vodičky, spoj je sice dokonalý, ale během doby začne působením kyseliny korodovat. A uvnitř izolace máte místo vodivého měděného lanka, skoro nevodivou zkorodovanou hmotu (viz obr. 5). Zrada je v tom, že koroze může být uvnitř izolace třeba několik milimetrů od spoje, který je prolitý pájkou a drží. Pak opravdu voltmetrem napětí za tímto spo-



Obr. 8a – Elektronická pojistka otevřením To zkratovává ZD



Obr. 8b – Elektronická pojistka otevřením ochranného tranzistoru To „příškrcuje“ T1

jem mnohdy naměříte, ale jenom díky tomu, že k naměření tohoto napětí stačí, aby voltmetrem tekli jenom malý proud, který ještě zkorodované místo propustí. Pájecí vodičku používají klempíři k pájení okapů a k pájení v elektronice se vůbec nehodí. Mimo jiné: pokud máte tuto vodičku ve skříni s nářadím nebo vašimi věcmi, i když je v dobře uzavřené láhvičce, po čase zjistíte, že se vám na všem kovovém nářadí, součástkách, vývodech součástek a všem co může korodovat, objeví matný bílý povrch, na který nelze pájet, železné předměty se pokrývají rzí, rez vám sežere panty ve dvířkách atd, atd. To není strašák, to je zkušenost.

Pojistka

Aby nemohlo dojít k přebíjení akumulátoru velkým proudem ani ve výše popisaném případě, je nejlevnějším řešením zařazení běžné tavné pojistky do výstupu. Pokud ale na provoz zařízení s kombinovaným napájením ze sítě i akumulátoru zcela spoléháte (například u alarmů, trvale pracujících přístrojů pro monitorování nejrůznějších dějů) je třeba napájecí zdroj doplnit indikátorem poklesu napětí (u alarmu například bliká

LED označená LOW), nebo indikátorem přerušené pojistky. Dnes se podíváme na elektronickou pojistku.

Elektronická pojistka

je elektronický obvod, kde nepřehoří žádný drátek jako v tavné pojistce, ale omezí výstupní proud tak, aby nemohl téci vyšší proud, než je nastavený pojistkou. Tak je například chráněný napájecí zdroj před zkratem. Při zkratu je na výstupu samozřejmě napětí nulové, ale zkratem teče zkratový proud pouze tak velký, jak mu dovolí pojistka. Zapojení je docela prosté. Nejdříve se ale podíváme, jak vlastně pracuje stabilizovaný zdroj.

Zenerova dioda

je základní součástka stabilizátorů. V propustném směru se chová jako běžná dioda, ale v závěrném nevede jenom do určitého - Zenerova - napětí. Pak se otevře a začne vést. Napětí je na ní stále stejné, ale i v tomto závěrném směru teče proud I_{ZD} . Pokus si udělejte s libovolnou zenerovou diodou.

Měření zenerovy diody

Viz obr. 6. V katalogu zjistíte, že pro vaši zkušební Zenerovu diodu je uveden maximální proud například 50 mA. Abychom ji nepřetížili, zvolíme předřadný rezistor tak, aby proud tekla menší, například asi 10 mA. Měření si nejlépe vychutnáte jestliže Zenerových diod máte celou hrst a každou jinou. Prostě jednu za druhou přikládáte do obvodu a jenom čtete Zenerovo napětí. Tento obvod je vlastně nejjednodušší stabilizovaný zdroj. Pokud budete vstupní napětí měnit, bude výstupní napětí na Zenerově diodě stále stejné. Kdo má rád laboratorní práce, může si napětí na vstupu měnit po jednom voltu například od 0 až do 20 V a měřit výstupní napětí. Při určitém napětí - to je Zenerovo napětí - přestane napětí stoupat a bude stále stejné, stabilní, tedy stabilizované.

1. pravidlo: vstupní napětí musí být vyšší, než je zenerovo napětí.

Jestliže R1 zvolíme tak, aby nám v klidu zenerovou diodou tekla proud například 50 mA a do nějaké zátěže budeme odebrat proud 30 mA, proud se rozdělí a do zenerovy diody nám poteče jenom 20 mA, ale na výstupu bude stále stejné - Zenerovo napětí. Jestliže budeme do zátěže odebrat proud 45 mA, poteče Zenerovou diodou jenom 5 mA, ale stále ještě své napětí drží. Jestliže ale budeme odebrat například 60 mA, Zenerovou diodou nepoteče žádný proud a napětí klesá, jako by tam vůbec nebyla. Úbytek na R1 můžeme spočítat podle Ohmova zákona.

typ	U_{CE0}	I_C	P_{tot}	h_{FE}
BC547	45 V	0,1 A	0,5 W	110 – 800
BC337	45 V	0,5 A	0,8 W	100 – 600
BD135	45 V	1,5 A	8 W	100
BD237	80 V	2 A	25 W	25
BD439	60 sV	4 A	36 W	25

Tab. 1

2 pravidlo: na Zenerově diodě je stabilní napětí pouze, pokud jí teče proud.

A pravidlo pro náš případ: ze stabilizačního obvodu se Zenerovou diodou můžeme odebírat nejvýše takový proud, jako byl nastavený klidový proud, bez zátěže. Hm. Ale to je pro praktické účely málo. Tak si ho zesílíme.

Velmi jednoduchý stabilizátor

je na obrázku 7. Pomůžeme si zjednodušeným pravidlem, že proud kolektorem je beta krát větší než proud bází. Aby se to lépe počítalo, řekněme, že beta (v katalogu označovaná jako h_{21} - čti há dva jedna) je asi 100, takže aby nám kolektorem tekla proud 100 mA, stačí, aby bází tekla proud 1 mA a při odběru 1000 mA budeme ze Zenerovy diody do báze odebírat pouze 10mA. Takže stačí nastavit klidový proud Zenerovou diodou třeba jenom 15 mA. Kdo nemá zatěžovací rezistor, může si pomoci tak, že zhotoví stabilizátor na 12 Va jako zátěž použije 1 W nebo 5 W žárovky do auta. Když pomine okouzlení ze zesílení proudu, podíváme se na napětí. Na Zenerově diodě naměříme napětí U_{ZD} , mezi bází a emitorem tranzistoru napětí U_{BE} asi 0,6 V. Z toho nám plyne 3. pravidlo: výstupní napětí je jenom o malé napětí (U_{BE}) menší než napětí na Zenerově diodě.

Cítíte při zatížení zvláštní slabý zápach? Naslňte si prst a kratičce se dotkněte tranzistoru. Je horký? Jestliže ho takto necháte ještě chvíli, zničí se, protože nevydrží tak velký proud. Maximální kolektorový proud je uveden v katalogu. Takže místo malého tranzistoru použijeme výkonový tranzistor a nejlépe s chladičem. Jeho výkonové zatížení můžeme vypočítat z napětí na tranzistoru a maximálního odběru proudu:

$$P = (U_{vst} - U_{výst}) \cdot I_{max} \quad [W; V, A]$$

V praxi se také používá zapojení s více tranzistory. Proud do báze výkonového tranzistoru je zesilován ještě jedním tranzistorem, výsledné proudové zesílení beta se rovná beta jedna krát beta dvě. Takže ze Zenerovy diody je odebírán ještě menší proud, změny proudu jsou tedy menší a tudíž jsou i menší i beztak malé změny Zenerova napětí a zdroj je tedy dobře stabilizovaný.

Elektronická pojistka

je v literatuře publikována nejméně 30 let, v integrovaných obvodech řady 78xx je přímo uvnitř pouzdra, nastavená na pevný proud 0,1 A nebo 1 A, podle typu. Co když ale chceme jinou hodnotu maximálního proudu? Pro ilustraci si ukážeme dva způsoby omezení proudu. Oba mají jedno společné. V obvodu je zařazen rezistor s malým odporem. Snímáme napětí vznikající na tomto rezistoru a jestliže toto napětí dosáhne napětí 0,65 V, otevře tranzistor, kterým pak můžeme stabilizovaný zdroj „přiškrtit“.

Na obrázku 8a) je zapojení, kterým se při otevření tranzistoru T_0 zkratuje Zenerova dioda, napětí na výstupu se tak zmenší a nemůže téci větší proud.

Na obrázku 8b) je zapojení, kterým se při otevření tranzistoru T_0 zkratuje přechod báze-emitor a tak je přiškrcen výstupní tranzistor a nemůže jím téci větší proud.

Vysvětlení je velmi zjednodušené, ale snad pochopitelné. Slůvko „přiškrcené“ je zde úmyslné. Kdyby se tranzistorem T_0 tranzistor T_1 zcela zavřel, přestal by jím téci proud, na rezistoru R_0 by nevznikalo napětí U_0 a tranzistor T_0 by se nezavřel a tak by zase mohl téci maximální proud, na rezistoru R_0 by vzniklo napětí U_0 , kterým by se otevřel tranzistor T_0 a ten .. prostě přiškrtí T_1 tak, že jím teče pouze určitý maximální proud.

Výpočet odporu R_0

vychází z napětí pro otevření tranzistoru napětím $U_{BE} = 0,65$ V. Hodnotu rezistoru tedy vypočteme podle Ohmova zákona tak, že pro napětí dosadíme hodnotu 0,65 V a pro proud dosadíme maximální požadovaný proud elektronické pojistky.

$$R_0 = 0,65 / I_{max} \quad [ohmy, A]$$

Příklad: pro proud 1 A je hodnota R_0 0,65 ohmu. Nebo jinak: na rezistoru 1 ohm vznikne napětí 0,65 V při průtoku proudu 0,65 A.

Příklad: jak velký bude muset být rezistor v elektronické pojistce pro maximální proud 0,45 A, který snese při nabíjení olověný akumulátor 12 V/1,2 Ah?

$$R_0 = 0,65 / 0,45$$

$$R_0 = 1,44 [ohmu]$$

Zvolíme nejbližší vyšší v řadě, například 1,5 ohmu.

Výkonové zatížení

Výkony nemůžeme pominout, jinak můžete stále cítit zápach pálících se horkých rezistorů, tranzistorů a základní desky.

1. Výkon výkonového tranzistoru vypočteme jednak jako

typ	U_{typ}	U_Z	I_{ZT}	I_{Zmax}
BZY009.1	9,1 V	8,5..9,6 V	50 mA	165 mA
BZY012	12 V	11,4..12,7 V	50 mA	110 mA
BZY015	15 V	13,8..15,8 V	50 mA	98 mA
1N5338	5,1 V			
1N5346B	9,1 V		150 mA	520 mA
1N5349B	12 V		125 mA	430 mA

Tab. 2

a) klidovou výkonovou ztrátu, kdy je na tranzistoru napětí U_{KE} pouze jako rozdíl $U_{vst} - U_{výst}$, jak jsme počítali již výše

b) výkonovou ztrátu při zkratu, kdy výstupní napětí je 0 V a tak mezi kolektorem a emitorem tranzistoru je plné vstupní napětí U_{vst} . Takže například při $U_{vst} = 20$ V a maximálním zkratovým proudem $I_{max} = 1$ A je tranzistor zatěžován výkonem $P = 20 \cdot 1$ což je 20 Wattů. Takže i když je dobře chlazený, neměl by zdroj zůstat zkratovaný příliš dlouho.

2. Rezistor R_1 u Zenerovy diody je třeba příslušně dimenzovat.

Například $U_{vst} = 20$ V, $U_{ZD} = 12$ a $I_{ZD} = 50$ mA.

$$P_{R1} = (U_{vst} - U_{ZD}) \cdot I_{ZD}$$

$$P_{R1} = 8 \times 0,05$$

$$P_{R1} = 0,4 [W]$$

A jestliže je elektronickou pojistkou podle zapojení 8a) Zenerova dioda zkratovaná, je na rezistoru R_1 plné vstupní napětí a výkonové zatížení stoupne až na 2,5 W. Běžný 1 W rezistor hřeje, zapáchá a hnědne.

3. Rezistor R_0 musí být dimenzován na výkon daný napětím 0,65 V a maximálním proudem I_{max} . Při proudu 1 A vychází výkon na 0,65 W ale třeba při 2 A je to již 1,35 W a běžný 1 W rezistor by byl opět přetěžován.

Jednoduché pokusy můžeme provádět na nepájivém kontaktním poli, kromě zatěžováním velkým proudem, aby se vznikajícím teplem nedeformovala umělá hmota. K pokusům postačí libovolný univerzální tranzistor NPN (viz. [3]).

Slovníček

fuse - pojistka
lead - olovo
overload - přetížení
surcharge - přetížení
power - příkon, výkon
timelife - životnost
operating life - životnost
throw off - odhodit
toxic - toxický, jedovatý
waste - odpad

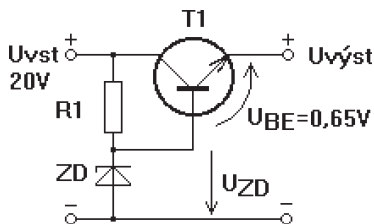
Literatura:

- [1] Rádio plus 5/98 str. 32–34
- [2] Rádio plus 3/98 str. 23
- [3] Katalog GM elektronik
- [4] Katalog akumulátorů Fulgur Batman
- [5] Katalog akumulátorů Panasonic

klíčová slova: řízení výstupního napětí, referenční napětí, dělič napětí

V minulé části jsme se vrátili k úplným základům stabilizace napětí. Nejjednodušší stabilizátory mají výstupní napětí dané typem Zenerovy diody a i když máte možnost si vybírat z více kusů, je to příliš hrubé nastavení. Není na škodu podívat se na princip nastavování výstupního napětí, i když způsob nastavení u integrovaného obvodu například LM317 jsme již probrali.

V zapojení na se Zenerovou diodou na obr. 1 je její napětí přivedeno na bázi tranzistoru T1 a skoro to samé napětí je pak i na výstupu. V zapojení na obr. 2 je do cesty Zenerově diodě přidán tranzistor. Protože napětí mezi bázi a emitorem tranzistoru T2 je v porovnání se Zenerovým napětím diody velmi malé - asi 0,65V, můžeme říci, že napětí, které je na Zenerově diodě, je i na bázi tranzistoru T2. A jsme tam, kde jsme byli při návrhu děliče napětí u řízeného stabilizovaného zdroje. Na rezistoru R2 tedy máme neměnné referenční napětí. Slovo referenční znamená vztažné, nebo srovnávací,



Obr. 1 – Základní schéma stabilizátoru s pevným výstupním napětím $U_{vyst} = U_{ZD} - U_{BE}$ - Zenerovu diodu a rezistor R1 použijete z minulých pokusů

porovnávací, tedy napětí, ze kterého si vychází při dalších výpočtech a úvahách.

Dělič napětí

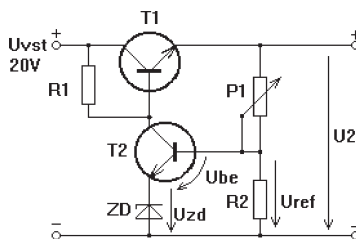
Na děliči tvořeném potenciometrem P1 a rezistorem R2 je na rezistoru připojen mezi bázi tranzistoru T2 a záporný pól zdroje referenční napětí které si pro počítání nazveme U_{ref} . Výstupní napětí můžeme vypočítat třeba trojčlenkou nebo přímou úměrou, každý jak umí. Uvažujeme - jestliže je na rezistoru R2 napětí U_{ref} , je na potenciometru P1 napětí ve stejném poměru. Z toho vypočteme celkové napětí na rezistoru R2 i na potenciometru P1, jako jejich součet, nebo prostě podle vzorečku

$$U = U_{ref} \times (P1 + R2)/R2$$

Z toho vyplývá, že nejmenší napětí na děliči je v případě, že potenciometr je

vytočen do polohy, kdy má nejmenší odpor a největší napětí je při vytočení do polohy, kdy má největší odpor.

Při pohledu na schéma také vidíme, že dělič je zapojený na výstupu stabilizovaného zdroje a tudíž nám z toho vyplývá závěr: jaké je napětí na děliči, takové je výstupní napětí stabilizovaného zdroje. Na výstup můžete připojit napří-



Obr. 2 – Na rezistoru R2 je referenční napětí $U_{ref} = U_{ZD} + U_{BE}$. Dělič můžete složit například z rezistoru $R1 = 2k\Omega$ a potenciometru $P1 = 2k\Omega$

klad žárovku 12 V/50 mA a sledovat její jas. Lepší pochopení principu získáte měřením jednotlivých napětí.

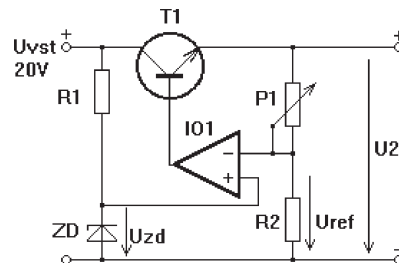
Zapojení s operačním zesilovačem

Předchozí způsob stabilizace je velmi jednoduchý, v některých obvodech je pro místní stabilizaci napětí stále používán, ale ve stabilizovaných napájecích zdrojích se toto jednoduché zapojení nahradilo obvodem nazývaným „operační zesilovač“. Obejdeme teorii a podíváme se na jeho praktické použití. Podobně jako v zapojení s tranzistorem, kde je na emitoru referenční napětí ze Zenerovy diody a v bázi je zapojen dělič napětí, určující velikost výstupního napětí, je v zapojení s operačním zesilovačem místo tranzistoru zapojen operační zesilovač. Na schématu na obrázku 3 vidíme, že má dva vstupy označené + a -, ale to neznamená, že by se tam připojovalo napájecí napětí. Tyto vstupy se jmenují invertující a neinvertující vstup. Prozatím nám to pro vysvětlení stačí. Výstup operačního zesilovače je připojen do báze tranzistoru. Při troše fantazie vidíme, že obě zapojení jsou si podobná a také podobně pracují. Ještě je zapotřebí připojit napájecí napětí pro operační zesilovač, na obrázku pro přehlednost není nakresleno. Pro tentokrát ještě úplně pomineme celou problematiku napájení operačních zesilovačů - čtenáři, kteří do redakce posílají své náměty a konstrukce zdrojů pro operační zesilovače se také dočkají, ale teď se

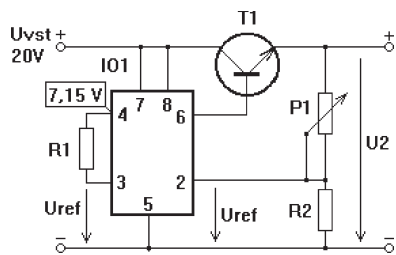
na operační zesilovač podíváme tak, jak vypadá na první pohled. Je to součástka, která má dva vstupy, výstup a napájení. Již od prvního uvedení operačních zesilovačů se kupodivu ustálilo i číslování vývodů - 2 a 3 jsou vstupy, 6 výstup, 4 záporný pól napájení a 7 kladný pól napájení. Bystří čtenáři, kteří si všimli, že chybí 1 a 8 by ve starších konstrukcích našli, že zde bývala zapojená jakási kompenzace, ale tím se nenecháme rozptylovat.

Ekologie i v elektronice

Jednoduchá zapojení stabilizovaného zdroje nám poslouží pro výklad principu a pochopení složitějších zapojení tohoto druhu zdroje. Nikde není řečeno, že takový zdroj musíte stavět. V praxi bývá častěji znalost základního principu a zapojení použita při opravách - při hledání závady v napájecím zdroji a i v jiných obvodech a zařízeních. Nedomítejte znalosti i starších technologií. Mnohá zařízení a přístroje slouží dlouhá léta a jenom proto, že dojde k závadě součástky za pár korun a technik by nebyl schopen tuto závadu zjistit a opravit, by se zařízení plně sloužící svému účelu vyřadilo z provozu. To by mělo řadu důsledků - ze zařízení by vznikl odpad, který by bylo nutno recyklovat, nebo v horším případě by znečistil životní prostředí a použitý materiál by se již nikdy nevrátil k použití. Místo vadného zařízení by bylo třeba použít nové, vyrobené z nových materiálů. Jednou k tomu samozřejmě dojde, modernější zařízení nahradí zastaralé, ale pokud stále slouží svému účelu, je možno ho udržovat v provozu. Mnozí lidé mají na chalupách a na chatách starší televizor, který stále slouží, i když nemá teletext, stereofonní zvuk a spoustu předvoleb a dálkové ovládání. I proto je dobré znát technologie a alepoň princip zapojení



Obr. 3 – Podobně by vypadalo i zapojení s operačním zesilovačem - pro přehlednost není zakresleno napájení (pouze srovnajte podrobnost s předcházejícím a následujícím zapojením)



Obr. 4 – Velice zjednodušené schéma zapojení zdroje s integrovaným obvodem 723 – minimální nastavené napětí 7 V – R1 je libovolná hodnota mezi 2k2 až 10k

obvodů, které jsou použity ve zařízení a přístrojích, které i po letech bezvadně plní svůj účel.

MAA723

V 70. letech minulého století (to to utíká) se v konstrukcích napájecích zdrojů objevil a dodnes je mnohde používán, integrovaný obvod označený typovým číslem 723. Ten má v pouzdru integrovány tyto části:

- zdroj referenčního napětí
- operační zesilovač
- obvod elektronické pojistky
- výstupní tranzistor.

Na obr. 4 je schéma opět nápadně připomínající původní zdroj s tranzistorem a Zenerovou diodou a dále i zdroj s operačním zesilovačem. Hodně hrubě můžeme IO typu 723 popsat takto.

Na vývodu číslo čtyři je referenční napětí 7,15 V. Toto napětí se přivádí na trojku (hele, to je podobné jako u operačního zesilovače, že?). Podobně jako je na bázi a emitoru řídicího tranzistoru na obr. 1 takřka to samé napětí, je stejné i na vstupech operačního zesilovače v integrovaném obvodu, tedy na dvojce, je i na dvojce. Následuje známý dělič napětí. Už víme, že totéž napětí, které je na dvojce, by mělo být i na rezistoru R2 a že na výstupu stabilizovaného zdroje je takové napětí, jaké je na děliči.

Dále si všimneme, že IO je také napájen. Kladné napájecí napětí se přivádí na sedmičku i osmičku a pětka je připojena na záporný pól zdroje. Výstup z integrovaného obvodu je na šestce a podobně jako u předchozích zapojení je přiveden na bázi výkonového tranzistoru.

Je to velice hrubý popis, ale pro první orientaci by mohl stačit. Čísla vývodů si nemusíte pamatovat, jsou uvedena v katalogu i s popisem.

Výstupní napětí

Pro stanovení výstupního napětí opět platí probíraný vzoreček. Zapojení tohoto zdroje si můžeme vyzkoušet na nepájivém kontaktním poli. R1 zvolíme napří-

klad 4k7. Dělič sestavíme z rezistoru 2k2 a potenciometru (nebo levnějšího trimru) 2k7. Takže teoreticky bychom mohli nastavit největší výstupní napětí podle vztahu

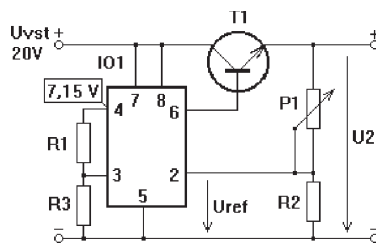
$$U_2 = U_{ref} \cdot (P_1 + R_2) / R_2$$

$$U_2 = 7,15 \times (2700 + 2200) / 2200$$

$$U_2 = 7,15 \times 2,23$$

$$U_2 = 15,9 \text{ [V]}$$

což je opět hodnota, kterou by bylo možno použít k účelu, který jsme nakousli již minule, tedy k dobíjení olověných (gelových) hermetizovaných akumulátorů. Pokud zvolíme jinou velikost potenciometru, můžeme se dostat teoreticky až ... no nebojte se to říci, jestliže by potenciometr byl vynechán, jeho odpor by tedy byl nekonečný, bylo by výstupní napětí teoreticky nekonečné, ale to v praxi nikdy nejde. Důvodů je několik:

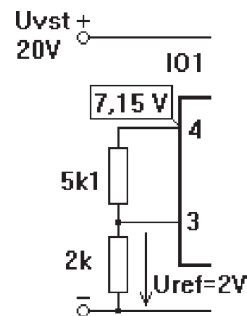


Obr. 5a – Přidáním rezistoru R3 vznikne dělič napětí R1 a R3, který určí velikost nového referenčního napětí

- Výstupní napětí nemůže být nikdy větší než je vstupní napětí přiváděné na stabilizovaný zdroj.
- Vstupní napětí tohoto integrovaného obvodu je podle katalogu maximálně 37 V, vyšší napětí by nevydržel.
- Maximální výstupní napětí je u tohoto integrovaného obvodu v praxi vždy asi o 3 V menší než je vstupní napětí přiváděné na stabilizovaný zdroj.

Minimální výstupní napětí

Minimální výstupní napětí bude dané minimálním referenčním napětím v tomto zapojení je to 7,15 V. Proč tak přesně? Je to dané vnitřní strukturou integrovaného obvodu, toto referenční napětí je pevné a je uváděné v katalogu. S tím nic nenaděláme, bereme to jako fakt. Jestliže si chceme vyrobit napájecí zdroj pro napájení našich zkušebních zapojení, můžeme jednoduše - takřka korunovou úpravou, snížit minimální napětí například na 2 V (viz obr. 5a). Méně už to nezkoušejte, vycházíme ze zapojení doporučeného výrobcem. Pokud by někdo chtěl zdroj nastavitelný od nuly, použije zapojení s „plovoucí zemí“ nebo jiné zapojení, které najde v literatuře. My jsme škola a tak nebudeme přeskakovat. Vyjdeme z jed-



Obr. 5b – Při uvedeném poměru odporů rezistorů R1 a R3 bude na vstupu č. 3 referenční napětí 2 V, které bude zároveň určovat minimální nastavené napětí

noduché úvahy: referenční napětí na čtyřce je 7,15 V. Toto napětí se přivádí na trojku a je také 7,15 V. Co když přidáme jeden jediný rezistor a vznikne nám další dělič napětí a na dvojce bude výstupní napětí tohoto děliče?

Pro snadnější počítání použijeme rezistory 5k1 a 2k. Jejich součet je v sériovém zapojení 7,1 kiloohmu. Ta čísla jsou si dost podobná a uvažujeme, že jestliže je na odporu 7,1 kiloohmu napětí 7,15 V, je na rezistoru s odporem 2 kiloohmy napětí asi 2 V. Takže přidáním jediného rezistoru máme referenční napětí na dvojce 2 V a to je pro nás minimální nastavitelné napětí na výstupu (viz obr. 5b). Pro jednoduchost je při výkladu stále ještě vynechán obvod elektronické pojistky. Pokud pokusy provádíte na nepájivém kontaktním poli, je změna dílem okamžiku.

Trocha angličtiny:

stabilization - stabilizace
divider - dělič
voltage divider - napěťový dělič
reference voltage - referenční napětí
PSU - power supply unite - napájecí zdroj
op. amp. - operational amplifier - operační zesilovač
set voltage - nastavení napětí
 V_{in} , V_{out} - vstupní a výstupní napětí
fault, malfunction - závada, chyba
replace - vyměnit, nahradit (vadnou součástí)
repair - opravit

Literatura

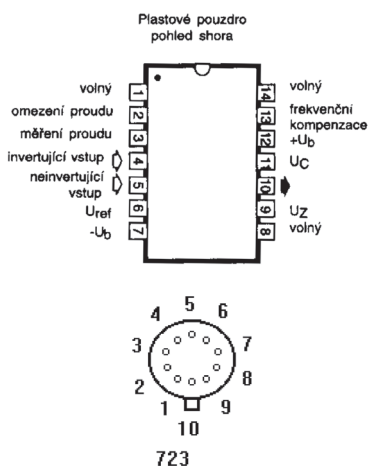
Literatura: schémata zapojení stabilizovaných zdrojů v literatuře najdete spoustu - buď jako samostatné napájecí zdroje nebo jako součásti napájecích obvodů nejrůznějších elektronických zařízení, nebo v katalogích, například:

- Katalog TESLA Rožnov
- Ručka, Arendáš; Napájecí zdroje
- časopisy AR, KTE, RFE, Elektor a jiné
- Malina - Poznáváme elektroniku
- atd.

klíčová slova: systematický postup, elektronická pojistka,

V minulé části jsme nakousli stabilizovaný zdroj s obvodem 723. Dnes se na něj podíváme podrobněji, jako na ukázkou, jak se postupuje při hledání závady a opravě obdobného typu zdroje, protože nějaký zdroj má mnoho zařízení a tak je i jeho závada takřka „univerzální“. Postupuje se systematicky od zjevných příčin po lokalizaci vadné části, náhradu vadné součástky za dobrou, a kontrolu funkčnosti. Příčiny závad bývají tyto:

- zničení součástky dlouhodobým provozem nebo stářím
- špatné zacházení se zdrojem
- vlastní chyby při stavbě a oživování zdroje.

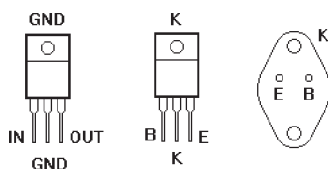


Obr. 1 – Vývody IO v kovovém pouzdrú bývají číslovány při pohledu zespodu, u plastového pouzdra DIL zhora – pozor u $\mu A723$ v plastu je jiné číslování vývodů

Stárnutí se projevuje hlavně u tepelně namáhaných částí, v místech s velkým proudovým a výkonovým zatížením - síťová šňůra v místech ohybu, výkonový tranzistor, případně další tranzistory nebo rezistory, které se při provozu buď trvale, nebo občas hřejí, tedy například rezistory v obvodu elektronické pojistky. Stárnou i elektrolytické kondenzátory, což znají především opraváři televizorů - buď ztratí kapacitu, nebo mají svod. Oboje se nesnadno měří, mnohde se spíš než drahý měřicí přístroj osvědčují jednoduché zkoušečky, ale projevy jsou tak typické, že zkušený praktik odhadne, který kondenzátor je asi vadný a úspěšně ho vymění. Elektrolytické kondenzátory „vysychají“, ale také někdy ztrácejí kapacitu, když nejsou dlouhou dobu připojené na napětí, které je „formuje“, udržuje vrstvičku dielektrika. Pokud první filtrační kon-

denzátor za usměrňovačem má malou kapacitu, nedochází k dostatečné filtraci, což se při napájení nízkofrekvenčních zesilovačů projevuje slyšitelným brumem.

Při opravě nabíječe baterie mobilního telefonu bylo třeba vyměnit i elektrolytický kondenzátor. Zdánlivě nic mimořádného, ale...pozor! Použitý typ byl



Obr. 2 – Na pouzdrú nebo chladícím křídélku tranzistoru bývá kolektor u IO naopak GND – údaje najdete v katalogu

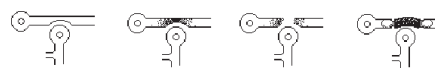
určen pro provozní teplotu do 105 °C. Není to žádná vzácnost, jak by se zpočátku zdálo, je běžně uváděn například v katalogu GM elektronik. Při výměně za obvyklý typ by došlo k jeho zničení a případně i zničení dalších částí. Takže to je



Obr. 3 – Matička nebo i maticka s kovovou podložkou nasazená na šroub může zkratovat sousední vodivé cesty – lze ji podložit izolační podložkou nebo cesty vést dále od sebe

další vlastnost kondenzátoru, kterou je třeba vzít v úvahu. Připomeneme si, že u kondenzátoru uvádíme jeho kapacitu v μF , maximální provozní napětí ve V a nově i maximální provozní teplotu ve °C. Ostatně, nabíječ byl opravován proto, že se při nabíjení velmi silně hřál, do slova „topil“ a horká byla i baterie v mobilním telefonu.

Špatné zacházení se zdrojem se vyskytuje především u zdrojů s elektronickou pojistkou, který uživatelé považují za



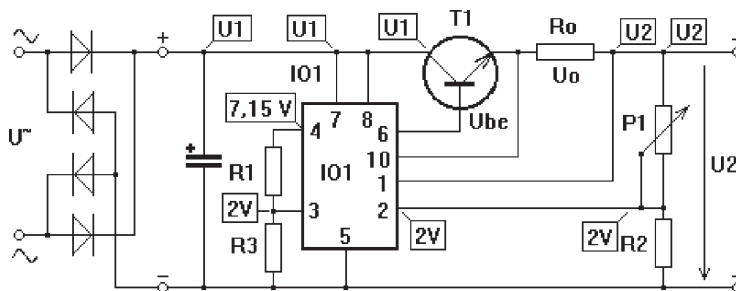
Obr. 4 – Přepálenou vodivou cestu v zeslabeném místě plošného spoje je možno ji opravit přemoštěním kouskem vodiče

nezničitelný a dávají mu zabrat. Obvykle to bývá přetěžování, mnohdy i dlouhodobé. Hrubou chybou je pokus spojit dva zdroje paralelně, „aby dávaly větší proud“, připojení zdroje k obvodu, který již je pod napětím - buď napájeného z jiného zdroje, nebo obvodu, ve kterém je velký elektrolytický kondenzátor nabíjen z předchozího pokusu, apod.

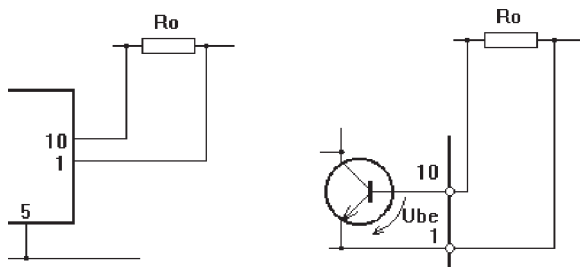
Vlastní chyby se při konstrukci stávají také. Některé jsou záluďné a o to si je více pamatujete.

Obrácené číslování nožičky integrovaného obvodu. Pokud plošný spoj navrhujete nejprve podle rozložení ze strany součástek a zapomenete ho obrátit, poznáte to hned. To, co má být nahoře, (například plus) je dole (a mínus nahoře), nebo co má být vpravo je vlevo a naopak. Pokud je to jenom u integrovaného obvodu, hledá se to hůř. U jakékoliv součástky se podívejte do katalogu, jak má orientované vývody. Integrovaný obvod 723 je má v katalogu zobrazené při pohledu ze spodu. Číslování je od zřetelného výstupku na čepičce. U výstupku je desítka. Ale tak to není u všech součástek! Například operační zesilovač v pouzdrú s kulatou čepičkou má vývody číslovány při pohledu zespodu, ale v plastovém provedení DIL při pohledu shora, proti směru hodinových ručiček, jak jsme to poznali již v počátcích malé školy u obvodu časovače 555.

Chladič. Výkonový tranzistor bývá připevněn na chladič. U výkonových tranzistorů v kovovém pouzdrú je na pouzdrú kolektor a proto není možné chladič vodivě připevnit (přímo přišroubovat) na kovovou kostru zdroje, zvláště, když kostra bývá někdy spojena se záporným pó-



Obr. 5 – Ukázka označení měřicích míst při hledání závady stabilizovaného zdroje



Obr. 6a, b – Elektronická pojistka je uvnitř IO – napětí z Ro otvírá tranzistor a tím pojistku

lem zdroje buď přímo, nebo přes připojená zařízení, napájená ze sítě. Některé integrované stabilizované zdroje naopak mají chladicí křídélko spojeno s vývodem označeným GND nebo GROUND, ale v některých zapojeních nebývá spojen se záporným pólem.

Zrada je i ve šroubku, když vedle něj vedou cestičky plošného spoje, ale při dotažení matičky k desce matička přilehne na cestičku a může způsobit zkrat buď součástky připojené šroubkem k nežádoucí cestičce, nebo zkrat dvou sousedních cestiček.

Potenciometr. Pro nastavování napětí se používá lineární potenciometr s označením /N. Pokud ve svých zásobách vyhrabete potenciometr s označením /G nebo /log, je vhodný pro regulaci hlasitosti. To už také známe z pokusů s časovačem, zesilovačem i stmívačem.

Nesprávně navržené cestičky plošných spojů. Platí zásada, že cestičky, kterými vede větší proud, musí být širší. V celé délce. Pokud je cestička v některém místě zúžená, když se například vyhybá jiné cestičce, nebo se proplétá zúženým místem, je v zeslabeném místě větší proudová hustota, při zatížení může dojít k úplnému přepálení vodivé cesty, což je báječná závada, protože se snadno hledá a opravuje - je na první pohled vidět, je cítit spálenina a přerušené místo se dá snadno přemostit mezi „zdravými“ místy přiměřeně silným vodičem. Lepší než drátek je lanko v izolaci.

Postup při opravě zdroje s IO typu 723

1. Zkontrolujeme si napětí přiváděné na vstup stabilizovaného zdroje. Zkontrolujeme také, jestli není vadná pojistka u síťového transformátoru. Obvykle změříme napětí přímo na filtračním kondenzátoru zdroje, nebo na kolektoru výkonového tranzistoru, protože je dobře přístupný pro dotyk měřicího hrotu. Pokud měříme ze strany plošného spoje, změříme napětí na 7 a 8, poznáme je podle toho, že jsou spojené. V katalogu si všimneme, že vývody jsou číslovány při pohledu zespodu, ve směru hodinových ručiček od výstupku na krytu. „Lepší“ výrobci mají přímo na plošném spoji označen některý vývod, například jedničku, od které se ostatní počítají.

2. Změříme napětí 7,15 V na čtyřce. Pokud ho nemáme, přesvědčíme se, jestli měříme správně - proti zápornému pólu zdroje, který by také měl být přiveden na pětku integrovaného obvodu. Jestliže toto napětí nemáme, je integrovaný obvod v této části vadný a vyměníme ho.

3. Změříme napětí přiváděné ze čtyřky na trojku - vstup operačního zesilovače. Jeho velikost je daná odporovým děličem, který jsme si již popsali, tedy 7,15 V nebo nějaké nastavené napětí, například 2 V.

4. Pokud potenciometr není na desce s plošnými spoji, ale na předním panelu

a je připojen dráty, zkontrolujeme, jestli některý z nich není utržený nebo odpojený. Ohmmetrem vyzkoušíme, jestli se odpor potenciometru při otáčení osičky mění. Před měření ohmmetrem ale stabilizovaný zdroj odpojme, přesvědčíme se, jestli je opravdu odpojený a pak si změříme napětí na vstupu i výstupu zdroje, jestli ještě nezůstaly nabitě elektrolytické kondenzátory. Pokud by byly ještě nabitě, mohlo by dojít k poškození ohmmetru.

5. A teď pozor - jaké napětí je na trojce, mělo by být i na dvojce - tedy na obou vstupech operačního zesilovače uvnitř IO. Pokud tam není a dělič rezistor-potenciometr je v pořádku, je integrovaný obvod vadný. To se projevuje tím, že výstupní napětí nelze regulovat, nebo v jenom v určitém rozsahu. Pro zdroje s tímto obvodem je to dost typická závada.

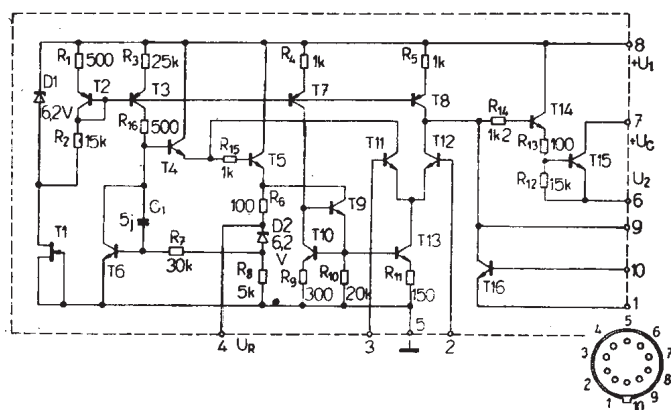
6. Zkontrolujeme výkonový tranzistor. Lze ho (při vypnutém napájení!) vyzkoušet zkoušečkou v digitálním multimetru, kterou bychom měli mezi bází a emitorem a také mezi bází a kolektorem naměřit napětí asi 0,6 až 0,8 V v případě, že na bázi je „živý“ přívod od měřicího přístroje. Pokud měřící šňůry prohodíme a na bázi připojíme přívod od záporného pólu měřicího přístroje - označený COM (což znamená common - společný), mělo by na stupnici být totéž napětí, jako při nepřipojených přívodech. Měření tranzistorů jsem probírali v jedné z počátečních kapitol.

7. Pokud opravujeme zařízení, které již fungovalo, bývá náprava snadná. Pokud oživujeme naše vlastnoručně vyrobené zařízení, je třeba důkladně zkontrolovat celé zapojení, hledat zkraty na plošném spoji, zda není zkrat mezi vývody tranzistoru a chladiče, zda součástky mají správné hodnoty - barvy barevného kódu se někdy špatně rozlišují, atd.

Jakmile závadu najdete a odstraníte, zmocní se vás vítězoslavný pocit, který si vychutnejte. Tak se rodí odborníci.

Elektronická pojistka

je částečně vestavěná v integrovaném obvodu, na desce je rezistor Ro. Princip elektronické pojistky jsme si již vysvětlili. Průtokem proudu z výstupu stabilizovaného zdroje na rezistoru vzniká úbytek napětí, které se přivádí na tranzistor elektronické pojistky uvnitř integrovaného obvodu na vývodech 1 a 10. Jestliže toto napětí vzroste až na velikost 0,65 V, tranzistor se otevře a elektronická pojistka omezí výstupní proud. Je to stejné jako u elektronické pojistky, kterou jsme si popsali minule, ale tranzistor je uvnitř pouzdra IO. U integrovaných obvodů stabilizovaných zdrojů, se kterými jsme se seznámili na počátku,



Obr. 7 – Vnitřní struktura a rozmístění vývodů uvedené v katalogu TESLA Rožnov; všimněte si elektronické pojistky vpravo dole na vývodech 1 a 10

tedy například 7805, 7805L, LM317, LM317L, je celá elektronická pojistka integrovaná uvnitř a má pevně nastavený omezovací proud, který najdete v katalogu. Například 1 A nebo u provedení L 100 mA.

slovní zásoba

internally fused - s vnitřní pojistkou
overload protection - ochrana proti přetížení
heat - teplo, horko
overheated - přehřátý

overheating - přehřátí
over - pře... přes
thermal range - tepelný rozsah
malfunction - závada
shortcircuit - zkrat
break - přerušit, přerušení

Stavba stabilizovaného zdroje

klíčová slova: nastavení napětí a proudu, indikace přetížení, výstupy

Regulace výstupního napětí

již byla probírána několikrát. Vrátime se k našemu učebnicovému příkladu se stabilizátorem s IO typu 723. Jestliže máme u tohoto stabilizovaného zdroje minimální referenční napětí 2V na rezistoru 2 kiloohmy, bude na potenciometru 20 kiloohmů napětí 20 V a na celém děliči $20+2=22$ [V]. Aby výstupní napětí bylo pěkné kulaté číslo, třeba i proto, že na výstup zdroje zabudujeme voltmetr se stupnicí do 20V, byl by zapotřebí potenciometr 18 kiloohmů. Ale potenciometry se nevyrobějí v tak „hus-té“ řadě hodnot jako rezistory. Co když

Soubor		Edit	Uzorce	Styl	Data	Graf	M
[N]		[B]	[C]	[+]	[Σ]	[S]	[T]
B3		=B2*(B4+B5)/B4					
[]		[TAB1]					
	A	B	C	D	E		
1	Dělič napětí						
2	Uref		2		referenční napětí		
3	Uvýst	20 33			výstupní napětí		
4	R2	2400			rezistor děliče		
5	P1	22000			potenciometr děliče		

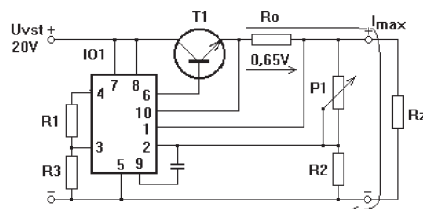
Obr. 1a – Ukázka výpočtu výstupního napětí v Calc602

v řadě námi uvažovaného typu máme nejbližší hodnotu 22 kiloohmů? Prostě v malých mezích změníme hodnotu rezistoru. Opět se vrátíme k výchozí rovnici, uváděné v minulých částech Malé školy Uvýt= $U_{ref} \cdot (P1 + R3) / R3$. Kdo jde rád přímo k cíli, upraví si rovnici tak, aby přímo vypočetl rezistor R3. Kdo uvažuje logicky, vezme nejbližší rezistory v řadě a dosadí do vzorečku nebo opět použije užitečný tabulkový editor například osvědčený Calc602 nebo Excel. Jak jsme již jednou uváděli, Calc602 běží pod DOSem i na 286, 386, 486 i Pentiu a po jednoduché úpravě programem TP-PATCH.EXE (Ize ho získat u Software602) i na Pentiu s taktovací rychlostí nad 200 MHz.

Soubor	Edit	Uzorce	Styl	Data	Graf	Makra	N...
		X / Y					
B5	=B4*B5/(B3-B2)						
=		[TAB1]					
	A	B	C	D	E	F	G
1	Dějiny napětí						
2	Uref [V]	2	2	2	2	2	2
3	Uvstg [V]	20	20	20	25	25	25
4	P1 [ohm]	20000	22000	25000	20000	22000	25000
5	R2 [ohm]	2222	2444	2778	1739	1931	2174

Obr. 1b – Tabulka hodnot R2 pro různá výstupní napětí a různé hodnoty potenciometru P1

Například pro referenční napětí 2 V a potenciometr 22 k Ω je pro výstupní napětí 20 V zapotřebí rezistor 2 k Ω . Viz tabulky na obrázku 1a) a 1b). Vypočtené hodnoty jsou orientační, protože rezistory se vyrábějí v řadách hodnot a samy mají určitou toleranci. Kdo potřebuje přesné nastavení, použije místo rezistoru trimr nebo rezistor s trimrem pro jemné nastavení. V některých případech se místo potenciometru používá hrubé nastavení napětí přepínačem s rezistory (například po 2 V) a jemné doladění potenciometrem.

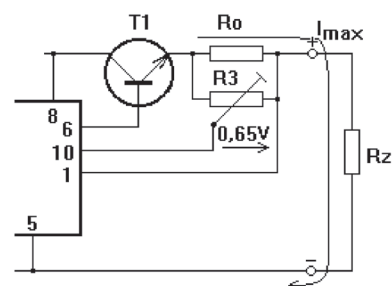


Obr. 2 – Do elektronické pojistky v IO se přivádí napětí snímaného na rezistoru R_o

Nastavení výstupního proudu

se provádí různými způsoby, pro naše účely si ukážeme způsob navazující na předchozí výklad (viz obr. 2). Jestliže rezistorem R_o protéká proud, vzniká na něm úbytek napětí. Jestliže napětí doroste na hodnotu asi 0,65V, otevře se řídící tranzistor elektronické pojistky a tím výstupní proud „přiškrtí“ a bude ho udržovat na této hodnotě, prakticky třeba až do tvrdého zkratu na výstupu. To je tedy maximální proud.

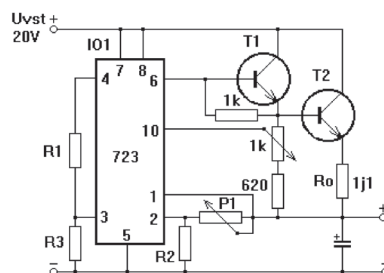
Co když z rezistoru R_o nebudeme snímat celé napětí, ale jenom jeho část (viz obr. 3). K rezistoru R_o se paralelně připojí trimr, například 220 ohmů. Jestliže je jezdec vytočen zcela na maximum, snímáme z rezistoru to napětí, které na něm je. To je tedy původní výchozí stav. Jestliže ale jezdec vytočíme do poloviny dráhy trimru, snímáme z rezistoru R_o vlastně jenom polovinu napětí, takže k otevření tranzistoru elektronické pojistky ještě zdaleka nedojde a můžeme odebírat větší proud. Teprve když napětí mezi jezdcm a krajem trimru doroste na napětí 0,65V, pak teprve dojde k aktivaci elektronické pojistky a tím k omezení proudu. Takže původní elektronickou pojistku s omezením při 1A můžeme



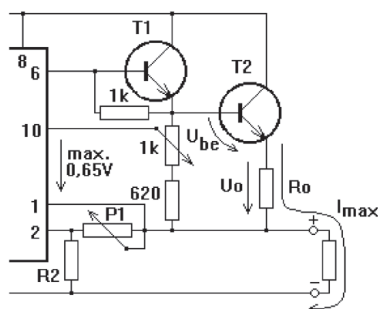
Obr. 3 – Do elektronické pojistky v IO se přivádí jen část napětí snímaného na Ro

upravit, aby vypínala teprve až při 2A. A když trimr vytočíme až na 1/4 dráhy, máme dokonce 4x větší maximální proud! A kdybychom trimr vytočili až na konec dráhy, proud by se vůbec neomezil. Jenomže to už by elektronická pojistka ztratila svůj smysl. Rezistor elektronické pojistky můžeme tedy navrhnout pro menší maximální proud, například 200mA a pak můžeme nastavením jezdce trimru, nebo spíše potenciometru, nastavovat větší maximální proud. Toto zapojení se hodí pro případ, kdy potřebujeme výstupní proud omezit v malých mezích, například mezi 0,5 a 1A. To je opět případ ochrany při dobíjení gelových olověných akumulátorů.

Pro zmenšení citlivosti nastavení polohy jezdce trimru a také proto, že se používá asi jenom polovina odporové dráhy, se k trimru zapojí do série rezistor jakoby nahrazující nepoužívanou polovinu odporové dráhy. A při zachování stejného rozsahu nastavení se nám „roztáhne“ oblast nastavení jezdce trimru „od jednoho kraje do druhého kraje“ odporové dráhy. Nastavení není tak citlivé.



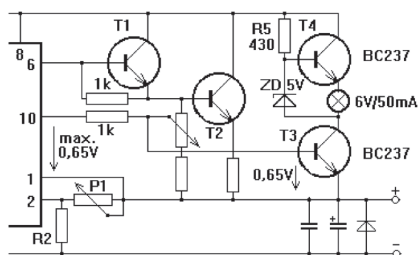
Obr. 4 – Do elektronické pojistky v IO se přivádí napětí z děliče zapojeného mezi bází T2 a výstup



Obr. 5 – Na děliči se snímá napětí U_{be} + U_o , takže elektronická pojistka je citlivější a spíná již při malých proudech

A ještě maličkost: při maximálním proudu například 1A na rezistoru vzniká napětí 0,65V (a výkon 0,65W), při 2A by to bylo napětí 1,3V (a výkon 1,3W), při 4A již napětí 2,6V (a výkonové zatížení rezistoru by bylo 2,6W), prostě, není to dobré řešení.

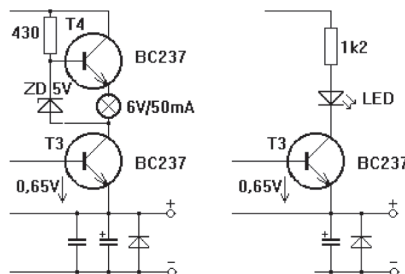
Jiná možnost je vřazení diody (viz např. [3]), na které je při průtoku proudu již počáteční napětí $U_{AK}=0,6V$, nebo využití napětí $U_{BE}=0,65V$ mezi bází a emitorem výkonového tranzistoru (viz obr. 4.). Zapojení je doplněno o budící tranzistor, který je zapojen na výstupu integrovaného obvodu a který teprve budí výkonový tranzistor. Nesnímá se pouze napětí vznikající na rezistoru R_o , ale rovnou součet tohoto napětí s napětím $U_{BE}=0,65V$ mezi bází a emitorem výkonového tranzistoru, tedy napětí mezi bází výkonového tranzistoru a výstupem (viz obr. 5). Okamžitě vás napadne, že toto napětí je tedy i při malém proudu stejné, nebo větší, než 0,65V, tedy napětí, které nám otvírá tranzistor elektronické pojistky. V tom je ten vtip. Opět použijeme potenciometr a jeho jezdcem si budeme do elektronické pojistky odebrat pouze část tohoto napětí a tím si budeme nastavovat, při jakém proudu dojde k jeho omezení. Vypadá to složitě, ale v praxi je to zcela snadné. Pokusný zdroj si opět můžete sestavit na nepájivém kontaktním poli, lépe se experimentuje a mění zapojení a hodnoty součástek.



Obr. 6 – Indikátor přetížení je spínán tímž napětím, jako elektronická pojistka IO

Při nastavení jezdce potenciometru na kraj spojený s bází snímáme celé vyhodnocované napětí, citlivost je největší, máme tedy polohu elektronické pojistky pro nejmenší proud. V praxi stačí asi 50 mA, protože se hodí například pro náhradní nabíjení 500mAh NiCd akumulátorů, nemáte-li nabíječku.

Při nastavení na druhý konec by se nesnímalo žádné napětí, proud by mohl téci neomezeně velký, elektronická pojistka by zdroj nechránila. Vhodná poloha je tam, kde teče takový proud, který zdroj snese. U obvyklých dílenských zdrojů postačuje maximální proud 1A, případně až do 2A. Kdo potřebuje větší proud, ať si postaví nebo koupí spínaný zdroj, jako jsou například v počítačích. Opět jako v předchozím případě s potenciometrem do série zapojíme rezistor, vymezující ma-



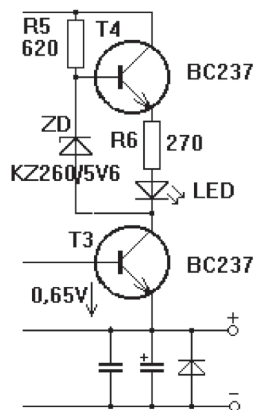
Obr. 7a – Jednoduchý indikátor přetížení se žárovíčkou, 7b – primitivní náhražka LED s rezistorem

ximum. Kdo rád počítá, může si vše vypočítat, praktik postupuje zkusmo.

Nastavení regulace elektronické pojistky

Abychom mohli elektronickou pojistku změřit, musíme zdroj zatížit tak, jako při zkratu a tento maximální proud změřit - na výstup připojíme ampérmetr. Připojit přímo na výstup zdroje ampérmetr zní naprosto neuvěřitelně a tvrdě, ale musí se postupovat zcela systematicky.

1. Zdroj necháme vypnutý!
2. Potenciometr omezení proudu vytočte do polohy, kdy je snímáno celé vyhodnocované napětí, tedy jezdcem ke konci spojenému s bází tranzistoru, tedy aby pojistka měla největší citlivost. Pokud této větě dobře nerozumíte, nebo si nejste jisti, vytočte ho tedy na prostředek. Někam se trefíme.
3. Potenciometr nastavení napětí nastavíme na nejmenší výstupní napětí. Pokud nevíte, na kterou stranu potenciometru máte točit, prostě zdroj na chvíli zapněte, napětí nastavte například pomocí voltmetru a pak zdroj opět vypněte.
4. Teď si měřicí přístroj přepněte na měření proudu a pokud měříte ručkovým měřidlem, přepněte ho na nejvyšší rozsah, nebo alespoň na rozsah 1A.



Obr. 7c – Možné pokusné zapojení indikátoru přetížení s LED

5. Ještě jednou se ujistěte, že zdroj je vypnutý a ampérmetr připojte na výstup a celé zapojení si zkontrolujte.

6. Zdroj zapněte a na ampérmetru sledujte velikost výstupního proudu. Pokud ručka vyletí někam za roh, okamžitě zdroj vypněte a zkontrolujte si celé zapojení.

7. Pozvolna zkuste zvýšit nastavení výstupního napětí, ale protože výstup je ampérmetrem prakticky zkratovaný, je výstupní napětí prakticky skoro nulové a tak do určité míry může vzrůstat jenom výstupní proud. To co naměříme, je maximální proud, omezený elektronickou pojistkou na určitou hodnotu.

8. Pozvolna otáčejte potenciometrem omezení proudu a sledujte maximální výstupní proud. Minimální a maximální dosažitelný proud si poznamenejte.

9. Pokud snad z vašeho zdroje „vyždímáte“ třeba 4A, moc se neradujte, protože za chvíli ucítíte zápach pálených přetížených součástek, kterými tento proud teče a proto se rychle vraťte k hodnotě, kterou by váš zdroj, tedy hlavně síťový transformátor, výkonový tranzistor i rezistor R_o snesl.

Toto měření je dost surové, ve školních laboratorních podmínkách by se na zdroji nastavilo nějaké napětí, například 12V (nebo jakékoliv jiné) a výstup by se zatěžoval velkým lineárním posuvným odporem, který by tento proud snesl. Měřilo by se výstupní napětí i proud a sledovalo by se, od jaké hodnoty proudu začne napětí klesat. Při zvětšení proudu na určitou hodnotu opravdu proud přestane stoupat, zastaví se, ale napětí prudce začne klesat, skoro až na nulu. Některé chytré zdroje dokonce při zkratu svůj maximální proud sníží, je to zapojení někdy označované jako fold-back.

10. Měření rychle ukončete! Nenechávejte zdroj dlouho přetížený do zkratu, protože není nezničitelný. Uvažujte. Jestliže je na vstupu napětí například 25 V a při zkratu vám teče maximální proud 2A, je tranzistor zatěžován výkonem

$P=U \cdot I$, tedy $P=25.2$ což je 50 wattů. Spálili jste se někdy o 40 W žárovku ve stolní lampičce? To je jenom pro srovnání tepelných účinků tohoto výkonu.

Po měření proveďte vyhodnocení, naměřené hodnoty si запиšte a chvilku přemýšlejte a uvažujte, zda toto nastavení bude dobré, nebo bude třeba některé hodnoty součástek upravit. Také můžete naslinit prst a opatrně se zkuste krátce dotknout výkonového tranzistoru i chladiče, případně rezistoru R_o . Uvažte, jestli bude zapotřebí použít větší chladič, rezistor R_o na větší výkonové zatížení, umístit ho výše nad desku plošných spojů, aby se mohl lépe chladit, nebo zda je celá konstrukce vyhovující pro konečnou montáž. Protože, až bude zdroj hotov a v krytu, musí pracovat zcela spolehlivě a bez nutných častých oprav spálených součástek.

Indikace přetížení

Dílenské zdroje bývají vybaveny indikací přetížení a zkratu. Pokud je zdroj vybaven ručkovým voltmetrem, je při zkratu vidět prudký pokles ručky, ale na digitálním voltmetru je indikace zkratu velmi nenápadná. Proto se na zdrojích používá ještě světýlko, které se rozsvítí právě jen při přetížení a při zkratu. V lite-

ratuře najdete nejrůznější zapojení s operačním zesilovačem, který také potřebuje své zvláštní napájení, síťový transformátor mívá další vinutí jenom pro obvod indikace zkratu, zapojení těchto indikátorů je trochu komplikované. U zdroje s pevným výstupním napětím stačí na výstup připojit LED a rezistor. Ale jak to udělat u zdroje, jehož výstupní napětí se ve velkém rozsahu mění?

Na obr. 6 je velmi jednoduchý obvod s malou „telefonní“ žárovčkou 6V/50mA. Aby tato žárovka byla napájena stále stejným napětím a svítila stejně při různých napětích, je její napětí stabilizované zenerovou diodou 1N270. Vlastně je to zapojení podobné stabilizátoru ze začátku výkladu o stabilizovaných zdrojích. Vtip je v tom, že tento obvod je spínán tranzistorem T3, který je otevírán stejným napětím 0,65V jako tranzistor elektronické pojistky uvnitř IO (viz obr 7a). Pokud tedy je na elektronické pojistce přiváděno napětí, které dorostlo až do napětí 0,65V, otevře se tranzistor T3, který mezi vstup a výstup stabilizovaného zdroje připojí indikační obvod a jeho žárovka se rozsvítí. Jednoduchou primitivní napodobeninu lze zkusobně realizovat i pouze z LED a rezistoru (viz obr 7b). Přitom se využívá vlast-

nosti LED, že ještě svítí i při menším proudu, než je jmenovitý. Takže rezistor R se dimenzuje pro největší napětí a jmenovitý proud (obvykle 20mA). Případně lze jednoduché zapojení realizovat i s LED místo žárovky (viz obr. 7c). Případně by bylo možno použít zdroj konstantního proudu pro LED s tranzistorem FET. Máte další námět na přemýšlení a vlastní pokusy.

Čtenářům, kteří posílají své náměty na probíraná témata, např. p. Rybníkář zdroj pro OZ, děkujeme, postupně na ně také přichází řada.

Slovní zásoba

internally fused - s vnitřní pojistkou
fold back - „zabaleno zpět“ - viz text
switch - spínání
switch transistor - spínací tranzistor
overload indicator - indikátor přetížení
short circuit - zkrat

literatura např.

- [1] KTE Rádio plus 6/2001
- [2] KTE Rádio plus 7/2001
- [3] Weisz O, Stabilizovaný zdroj s L200T AR 6/97
- [4] Katalog TESLA Rožnov - integrované obvody

Konstrukce stabilizovaného zdroje

klíčová slova: parametry, krajní meze, vnitřní uspořádání, design

Při svých pokusech napájených dosud z baterie, jednoho dne dojdete k pochopení nutnosti mít svůj vlastní dílenský zdroj. Může si koupit hotový nebo stavebnici, nebo si vybrat z bohaté nabídky publikovaných zdrojů a sám si ho postavit. Zas a znovu je třeba připomenout: síťový zdroj je zařízení napájené síťovým napětím a proto je absolutně nutné, aby byl provedený bezpečně a vyhovoval příslušným normám. Nesmí nikoho ohrozit: ani svého tvůrce nebo jakoukoliv další osobu a nesmí být zdrojem jakéhokoliv dalšího nebezpečí - požáru, rušení, atd.

Rozhodneme se, jaké napětí a proud by měl zdroj dodávat. Potom si buď vybereme z nabídky hotových stavebnic, nebo konstrukcí uváděných v odborných časopisech nebo knihách, vodítkem mohou být i parametry zdrojů prodávaných v obchodech, zdroj ve škole, na dílně, nebo u kamaráda.

Pro běžné pokusy stačí malý zdroj například od 2 do 20 V s proudem do 1,5 A. Pokud někdo má velké oči a chce zdroj, když už tak už, s co největším napětím a proudem, aby už byl „na všechno“, zjistí, že i profesionální zdroje mají reálné realizovatelné parametry.

Zkuste počítat

Stabilizovaný zdroj od 2 do 25 V má na vstupu, tedy hned za usměrňovačem, napětí 28V. Jestliže si na výstupu zdroje nastavíme například 12 V pro napájení opravovaného autorádia, bude mezi vstupem stabilizovaného zdroje a jeho výstupem napětí 28 V-12 V, což je 16 V.



Obr. 1 – Knoflík a) se značkou, b) šipka, c) s rýskou

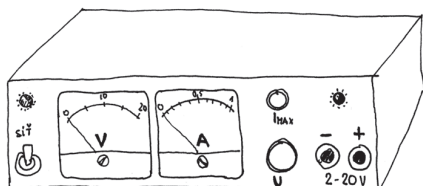
55. díl

To je i napětí, které je na výkonovém tranzistoru (viz předchozí části Malé školy). Jestliže autorádio bude odebrat proud 1 A (aby se nám to lépe počítalo), bude tranzistor zatížen výkonem $P = U \times I$ tedy $P=16 \times 1$ což je 16 W. Tranzistor musí tento výkon snést a také je nutné ho chladit.

Co když budete oživovat například digitální teploměr napájený napětím 5V a s odběrem 1A? Výpočet bude stejný, jenom s jinými čísly: napěťový spád na tranzistoru bude $28-5=23V$ a jeho výkonové zatížení bude $P = 23 \times 1$ tedy 23 W.

A do třetice: jestliže na výstupu bude zkrat, tedy 0 V? Zdroji se nic nestane, je chráněn elektronickou pojistkou nastavenou například na 1 A. Na výkonovém tranzistoru bude mezi jeho kolektorem a emitorem napětí $28 - 0 = 28 V$ a výkonová ztráta bude $28 \times 1 = 28 W$.

A teď si představte, že si chcete postavit tento typ zdroje řekněme do 40 V, který má na vstupu 45 V a s odběrem maximálně 2 A. Podle předchozích výpočtů zjistíte, že tranzistor by musel být dimenzován alespoň na 90 W, opatřený mohutným chladičem. Transformátor 100 W není problém, jenom má větší rozměry a je dražší než transformátor pro běžně užívaná napětí a proudy.



Obr. 2a – Sestava zdroje naležato
Transformátor

Zopakujeme si, že na sekundárním vinutí síťového transformátoru naměříte voltmetrem (na střídavém rozsahu) efektivní napětí. Po usměrnění již na filtračním kondenzátoru naměříte stejnosměrné napětí. Naprázdno, tedy bez odběru, je asi 1,4 krát větší (viz učebnice elektrotechniky). Na toto napětí je dimenzovaný elektrolytický kondenzátor. To je také vstupní napětí pro stabilizaci. Největší výstupní napětí stabilizátoru je vždy podle typu o několik voltů menší.

Jestliže použijete transformátor se sekundárním napětím 20 V, bude po usměrnění na filtračním kondenzátoru napětí asi 28 V. To je odhad, ne přesný výpočet, ve kterém by se uvažoval úbytek napětí na diodách a další ztráty. Maximální výstupní napětí bude asi o 3 V menší, takže transformátor by bylo možno použít pro stabilizátor napětí asi do 25 V.

Transformátor také musí být dimenzován na proud, který budete chtít odebrat a tím se zpětně dostaneme k přenášenému výkonu a tím i rozměrům a podle typu i k obrázku v katalogu a ceně. Krajiní meze parametrů zdroje tedy určují parametry transformátoru.

Elektrolytický kondenzátor

musí být dimenzovaný na nejvyšší napětí, které se na něm může objevit, tedy při nezátíženém zdroji, jak se říká „naprázdno“. V předchozím případě je napětí naprázdno 28V, takže kondenzátor musí být dimenzován na vyšší výrobní hodnotu, například na 35V. To je napětí, které vydrží, ne napětí, které na něm je. Jestliže použijte například 24 V transformátor, je usměrněné napětí na kondenzátoru naprázdno teoreticky asi 34 V. Je třeba zvolit kondenzátor na 40 V. Připomeneme si, že konstrukční napětí kondenzátorů jsou v katalogu, v praxi je najdete společně s kapacitou natištěné přímo na kondenzátoru. Buď uvedené i s jednotkami, například 100 μ F/25 V nebo zkráceně 100 μ /25 V nebo pro úsporu místa jenom 100/25. Na elektrolytických kondenzátorech je vyznačená polarita, kterou je třeba zvláště v napájecí části přístrojů dodržet. Obrácený elektrolytický kondenzátor se po zapojení uvnitř zahřeje a vzniklým tlakem viditelně a slyšitelně pukne a jeho obsah vyhřeze ven.

Samozřejmě je zničený a může být příčinou závady dalších obvodů a součástek.

Poznámka: pokud při rozebírání nejrůznějších zařízení najdete elektrolytický kondenzátor, který nemá žádným způsobem vyznačenou polaritu, je to tak zvaný bipolární kondenzátor. Bi.. znamená dvoj.., tedy dvojpólový, kde na polaritě nezáleží.

Maximální vstupní napětí

V katalogu si všimneme nejenom maximální výkonové ztráty výkonového tranzistoru, ale také maximálního vstupního napětí integrovaného obvodu stabilizovaného zdroje, které je opravdu maximální. Jeho překročení nebo i jenom dosažení může znamenat zničení součástek.

Příklad z praxe: na dílně odborného učiliště byl proveden rozvod napětí pro dílenskou páječku 24 V~/75 VA. Když byly zapojeny všechny páječky, bylo napětí opravdu asi 24 V~, ale když nebyla zapojena žádná, bylo napětí naprázdno až 27 V~, které se zatížením klesalo. Pracovní stoly byly vybaveny stabilizovanými zdroji, napájenými z tohoto napětí. Po usměrnění 24 V~ a filtraci bylo vstupní napětí na elektrolytickém kondenzátoru na vstupu stabilizovaného zdroje asi 33 V=. Ale když nebyly páječky zapnuté, bylo napětí naprázdno 27 V~ po usměrnění až 38 V=. A to byl důvod, proč integrované obvody MAA723 ve zdrojích často „odcházely“ a bylo je třeba vyměňovat. Úprava spočívala ve snížení napájení integrovaného obvodu zenerovou diodou na maximálně 35 V a později také náhradou zdrojů za zdroje s LM317 a L200, které mají o trochu vyšší maximální vstupní napětí.

Jenom na okraj: napájení zdrojů napětím z transformátoru pro páječky bylo zvoleno mimo jiné i z bezpečnostních důvodů, aby záci měli zcela bezpečný zdroj malého napětí a nepřicházeli do styku se síťovým napětím.

Druhá kuriozita. Podomácku vyrobený jednoduchý stabilizovaný zdroj s MAA723 byl napájený síťovým transformátorkem 24 V~ určeným pro rozvaděče. Je běžné k dostání, profesionálně vyrobený. Byl ale vyrobený pro napětí 220 V~ s tolerancí $\pm 10\%$, čili snesl i dnešních 240 V~. Při změně na 240 V~ je na výstupu transformátorku místo 24 V~ napětí 24.240/220 což je 26,18 V~. Nezátížený transformátorek dává naprázdno napětí trochu vyšší a tak se také stalo, že po usměrnění bylo napětí na vstupu integrovaného obvodu asi 37 V a integrovaný obvod ho nevydržel. Oprava byla jednoduchá. Do původního krytu byla vmontována nová destička s novým stabilizovaným zdrojem s L200.

Konstrukční provedení

Nastavení výstupního napětí

se obvykle a nejlevněji provádí potenciometrem, případně hrubým nastavením například po 2 V přepínačem a jemným nastavením potenciometrem. To je nejčastěji používaný ovládací prvek a proto by měl být na předním panelu snadno přístupný pro uchopení a otáčení, s dostatečným prostorem okolo, pro prsty.

Nastavení výstupního proudu

tedy maximálního výstupního proudu před omezením elektronickou pojistkou, se provádí v zásadě dvěma způsoby - přepínačem s několika polohami, nebo plynule potenciometrem. V prvním případě bývá zdroj doplněn indikátorem přetížení, ve druhém případě ještě ampérmetrem.

Měřidlo

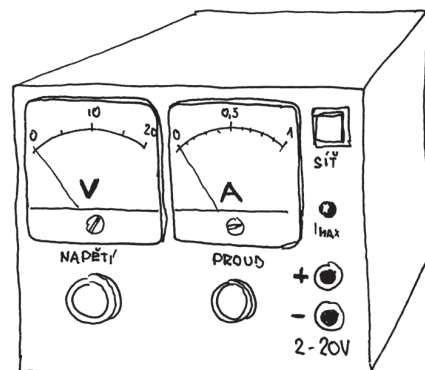
Pokud je zdroj vybaven měřidlem, ať již ručkovým, nebo digitálním, je jeho nejlepší umístění takové, aby při nastavování ruka nebránila pohledu na měřidlo. Tedy NAD ovládacím prvkem, nebo pro praváky VLEVO od něj. Levák si při konstrukci svého vlastního zdroje uspořádá rozmístění ovládacích prvků, svorek a měřidel prakticky zrcadlově obráceně. Co má pravák vlevo, dá si levák doleva a naopak. Nesmějte se, je to velice důležité i při konstrukci elektronických zařízení, zvláště u takového, které vám má sloužit dlouho a jehož konstrukci si můžete sami navrhnout.

Přední panel

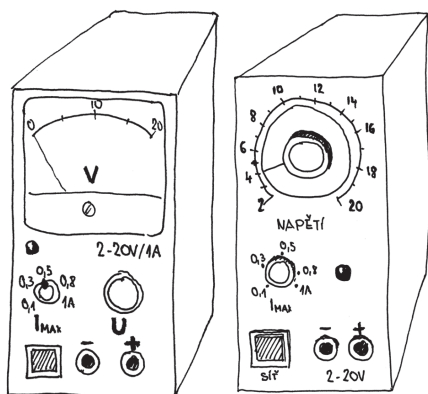
Na předním panelu jsou ovládací prvky, jejichž rozmístění, velikost a vzhled, případně popis, určí rozměry, estetické působení a ovladatelnost zdroje. Dále se rozhodneme pro umístění výstupních svorek (zdířek), síťového vypínače o indikátoru zapnutí.

Poloha

Zdroje se konstruují v nejrůznějších podobách. Naležato i nastojato, dříve si kutilové s oblibou vyhráli i s panelem



Obr. 2b – Sestava zdroje „kostka“



Obr. 2c, d – Sestavy zdrojů nastojato s měřidlem a bez

umístěným šikmo. Na zdroj konstruovaný naležato se dá postavit nějaký další přístroj, který potřebujete mít na očích, nebo třeba i jenom položit sešit a tužku, nebo kalendář. Prostě plocha se dá využít. Konstrukteři řad měřicích přístrojů používají tak zvanou panelovou konstrukci, kdy přístroje mají určité rozměry stejné a dají se stohovat na sebe. Většina domácích kutilů nemá možnost si vyrobit skříňku a kryt zdroje a tak využije možnosti koupit si ji hotovou, nebo jako polotovár, a tak má základ stejné modulové řady i pro další zařízení, která si bude stavět.

Rozměry

určují největší součástky, tedy síťový transformátor, chladič, elektrolytické kondenzátory, případně i rozměry předního, tedy ovládacího panelu. Všechno lze zmenšit, zminiaturizovat, ale když se podíváte do domácí věže s přijímačem, zesilovačem, CD přehrávačem a kazetovým dvojčetem, zjistíte, že uvnitř je spousta volného prostoru. Rozměry se podřizují vzhledu, ovládacím prvkům, stupnicím a rozměrům ostatních zařízení, která se používají spolu.

Vnitřní uspořádání zdroje

určuje umístění největší součástky, tedy síťového transformátoru. Obvykle bývá v zadní části, aby nepřekážel ovládacím prvkům na čelním panelu. Pokud je ve zdroji chladič, bývá umístěn buď k zadní nebo boční stěně, která vzniklé

teplo také rozptýluje do prostoru. Hlavní ovládací panel bývá vpředu, v některých speciálních případech nahoře. Na zadním panelu bývá přívod síťového napájení, síťová pojistka, případně mřížka pro chlazení a některé další pomocné prvky.

Na předním panelu

jsou hlavní ovládací prvky a indikátory:

- síťový vypínač
- indikátor zapnutí (zelený)
- nastavení napětí
- nastavení proudu
- výstupní zdířky (svorky)
- indikátor přetížení (červený)
- voltmetr
- ampérmetr
- atd.

Síťový vypínač bývá páčkový, s polohou nahoru zapnuto, dolů vypnuto, nebo kolébkový I zapnuto O vypnuto. Pěkný je síťový vypínač s osvětlením, použitým pro indikaci zapnutí. Pro indikaci se používá zelená LED nebo žárovčka se zeleným nebo čirým krytem. U starších zdrojů se někdy setkáte s doutnavkou (tlejevkou slov.). Tu poznáte snadno. Má bledý narůžovělý svit, připojuje se přes sériový rezistor přímo k síťovému napětí, na rozdíl od žárovčky, která má vlákno, jsou v doutnavce dvě elektrody, mezi nimiž vzniká doutnavý výboj.

Nastavení napětí lze provádět knoflíkem ve tvaru šípky nebo knoflíkem s rýskou ukazující na stupnici pod knoflíkem. To je nejjednodušší způsob indikace výstupního napětí. Jednoduché, laciné a kupodivu i přesnější než ručka na stupnici malého měřidla. Jestliže máte měřidlo s rozměrem 5x5 cm je stupnice dlouhá asi 4 cm. Zatímco stupnice okolo knoflíku o průměru 4 cm by měla kolem dokola 4 krát pí, což je 12,56 cm. Potenciometr se neotáčí o 360°, ale jenom o 270°, tedy tři čtvrtin. Takže stupnice je dlouhá 9,42 cm. A u stabilizovaného zdroje dostatečně stabilní.

Voltmetr na zdroji může sloužit pro měření nastaveného napětí, proto by měl mít větší rozměry a tím i delší stupnici. Menší voltmetry s kratší stupnicí jsou vhodné spíše jako indikátory napětí, které si podle potřeby přesně měříte volt-

metrem. I malý voltmetr na zdroji je užitečný, především si i koutkem oka všimnete náhlého a rázného poklesu napětí při zkratu.

Nastavení maximálního proudu je možno provádět hrubě jenom malým knoflíčkem s jednoduchými značkami a popisem.

Ručkový ampérmetr je kupodivu velice užitečný, protože z pohybu ručky můžete sledovat kolísání odběru proudu, ihned vidíte velikost odebíraného proudu.

Výstupní zdířky musí být označeny polaritou výstupního napětí, s výhodou se používají barevné, například červená pro + a modrá nebo černá pro -. Lepší než prosté zdířky jsou svorky které mají otvor pro banánek jako zdířka a navíc je možno její horní část částečně odšroubovat a další vodič připojit pod tuto svorku a dotáhnout. Některé svorky v sobě mají z boku i díрку a vodič je možno zasunout do této dírky a zajistit dotažením vrchní části svorky. Pokud jsou svisle, bývá zvykem, že nahoře je + a dole minus, při umístění vedle sebe to už tak jednoznačné není - zda má být plus vpravo nebo vlevo od záporné zdířky. Hlavně to zřetelně označte barevně i symbolem + a -.

ON - zapnuto

OFF - vypnuto

VOLTAGE - napětí

CURRENT - proud

OVERLOAD - přetížení

MAINS - síť

OUTPUT - výstup

FUSE - pojistka

DC - stejnosměrný proud

AC - střídavý proud

SET - nastavit, nastavení

ADJUST - jemné nastavení, doladění

OVERLOAD PROTECTION - ochrana proti přetížení

FOOL - PROOF - „blbovzdorný“, chráněný proti neodborné manipulaci (podobně bývají potápěčské hodinky označené water-proof)

Domácí úkol: podle slovníku si zjistěte, jak by popis ovládacích prvků zdroje vypadal v němčině nebo jiném jazyku (slovensky, polsky, maďarsky, francouzsky aj.).

Spínání s relé

klíčová slova: relé, spínání, kontakty, spínaný proud a napětí, ochranná dioda

V některých návodech a schématech různých druhů zařízení nacházíte zdánlivě archaickou součástku - relé. Je to elektromechanický spínací prvek, který má dvě hlavní části - elektromagnet tvořený cívkou a kontakty. Princip je prostý: jestliže se na vinutí cívky přivede napě-

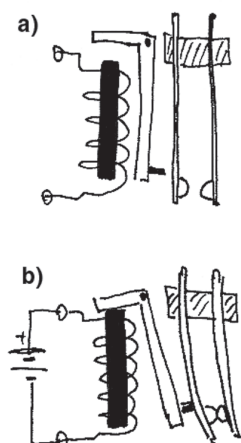
tí, teče cívkou proud, který vybudí magnetické pole - z cívky se stane elektromagnet, který přitáhne kotvu mechanicky spřaženou s kontakty. Při odpojení napětí od cívky přestane cívkou téci proud a kotva je opět odtahována do klidové polohy.

Podobu relé vyjadřuje i schématická značka. Má dvě části: vinutí a kontakty.

Vinutí se obvykle označuje velkými písmeny a kontakty malými. V telefonii, kde se donedávna relé převážně používala, bylo označování ještě podrobnější. Pro většinu aplikací, kde bývá jedno relé, stačí pro označení vinutí například RE a pro kontakty například re1, re2, atd.

Schématická značka vinutí a kontaktů nemusí být kreslena v těsné blízkosti,

56. díl



Obr. 1 – a) relé v klidu, b) relé přitažené

ale vinutí se kreslí tam, kde je na něj přiváděno spínací napětí a kontakty jsou ve schématu kreslené tam, kde něco spínají. To, že patří k sobě, je patrné z označení.

Relé se ve schématech kreslí vždy v klidovém stavu (stejně jako i jiné spínače a přepínače).

Kontakty se ve schématech kreslí obvykle podle zvyklostí vžitých z telefonie. Porovnej si schématickou značku přepínače a přepínacích kontaktů relé.

Podobné zapojení i schématickou značku mají různé elektromagnety s nějakou mechanickou blokovací funkcí (například v některých magnetofonech, videorekordérech a pod.), případně mechanicky spřažené s kontakty pro další elektronické obvody.

Konstrukce relé

Na první pohled jsou relé malá, velká, nastojata, naležata, otevřená i zakrytovaná v plastovém nebo kovovém pouzdru, určená pro osazení do plošného spoje, nebo pro připojení pájecími očky, nebo pro vsazení do patice. Ve schématu všechna vypadají stejně, jak si tedy vybrat to pravé? V praxi se stává, že ve schématu je uveden typ, který se vám nedaří sehnat, nebo není uveden žádný typ, nebo chcete použít relé, které máte po ruce v „šuplíkových zásobách“.

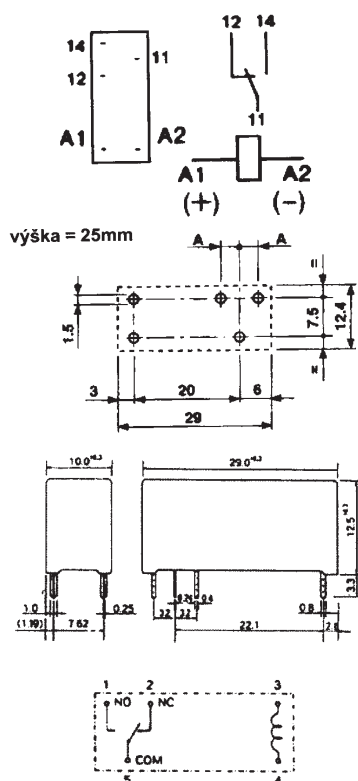
Základní vlastnosti

Pro použití relé musíme znát jeho základní vlastnosti:

- napětí na cívce (spínací)
- druh kontaktů
- maximální spínaný proud
- maximální spínané napětí.

Napětí na cívce kterým se relé spíná bývá uvedené v katalogu nebo si ho prostě vyzkoušíte a změříte. Jestliže chcete relé použít pro nějaké zapojení napájené například z autobaterie 12 V, mělo by

spínat při 12 V. Jestliže by mělo sepnout již při 6 V, mělo by být na 6 V. Telefonní relé bývala na 24 V, jiná relé jsou na 36 V nebo na 60 V. Je logické, že relé na 24 V napětím 12 V asi neseplete, nebo naopak, že vinutím relé určeným pro 6 V při zapojení na 24 V poteče velký proud a vinutí se může přepálit. Rozah pracovních napětí při kterém relé spíná bývá uvedeno v dobrém katalogu nebo katalogovém listu (viz [6]). Relé se spínají stejnosměrným napětím, na polaritu u většiny typů nezáleží (nemají uvedenu polaritu + a -, na směr magnetického pole klidně zapomeňte, je jedno, jestli kotvu přitahuje severní nebo jižní pól, kdo má zájem, ať si s tím láme hlavu ve fyzice). V katalogu najdete i relé pro střídavá napětí.



Obr. 2 – Jednopolové relé s přepínacím kontaktem

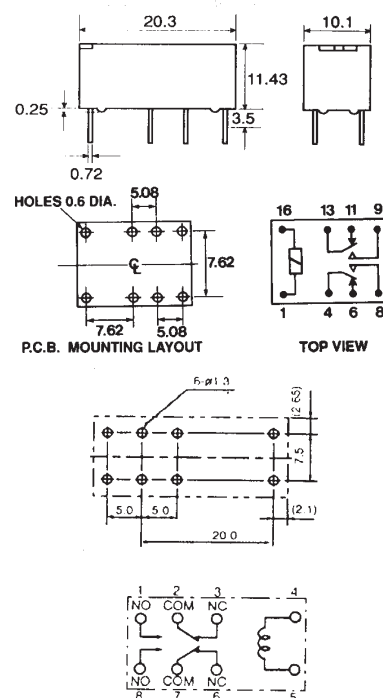
Kontakty jsou v zásadě spínací, rozspínací, přepínací a speciální. Spínací kontakty se při přitažení relé sepnou, rozspínací rozepnou a přepínací se přepnou - obvykle bývá jeden kontakt (střední) společný, který se obvykle se spínacím kontaktem sepne a zároveň se rozezne od rozspínacího kontaktu. Pro některé speciální případy se používá například tak zvané „nerozpojitelné morse“, kdy se rozspínací kontakty rozpojí až teprve po spojení spínacích kontaktů (což by pro předstvu mohlo být na příklad při přepnutí síťového napájení na bateriové, kde se napájení ze síťového zdroje odpojí až teprve po připo-

jení napájení z baterie, aby ani na chvíli nebylo napájení přerušeno).

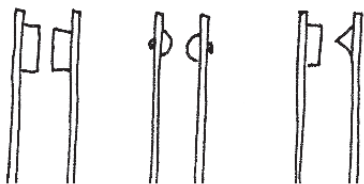
Kontaktů může být i několik - například dva nebo i tři přepínače (to je například případ spínání třífázového napětí).

Maximální proud, který může relé spínat, záleží na konstrukci kontaktů a kontaktních per. Pro spínání malých proudů stačí kontaktní pera s malými stykovými ploškami, pro větší proudy musí být kontaktní pero i kontakty dimenzované pro tyto proudy, aby se průtokem proudu příliš nezahřívaly a neopalovaly. Jestliže v praxi použijete jemné modelářské relé pro spínání velkých proudů, bude se silně zahřívát, kontakty se průtokem velkého proudu deformují, kontaktní plošky se v místě styku vlivem přechodového odporu styku opalují, opálením kontaktů se zvyšuje přechodový odpor, zahřívání je ještě větší, až je přechodový odpor tak velký, že kontakty nespínají, nevedou.

Maximální spínací napětí, pro které je relé určeno, bývá uvedeno v katalogu. Není to dáno velikostí relé, ale elektrickou pevností izolace mezi kontaktními perami a odskokovou vzdáleností kontaktních per. U některých relé určených pro spínání malých napětí (např. do 50 V) by při spínání nebo rozpojování kontaktů připojených na napětí například 240 V docházelo k jiskření, kterým by se kontakty opalovaly a opět by brzy přestaly plnit svou funkci. Proto při spínání síťového napětí musí být kontakty relé na toto napětí dimenzované. V praxi například u pokojových termostátů pro spínání plynových kotlů ústředního topení. V někte-



Obr. 3 – Subminiaturní relé pro osazení do plošného spoje s dvupólovými přepínacími kontakty



Obr. 4 – tvary kontaktů

rych kotlech relé v termostatu připojuje přímo oběhové čerpadlo na 240 V, u jiných typů kotlů se spíná pouze řídicí napětí, například 24 V, kterým se řídí další obvody kotle.

V naší malé škole praktické elektroniky pomineme teoretické rozborů fyzikální podstaty elektromagnetu, pružnost, pevnost, konstrukci kontaktů, použité materiály, atd., to ponecháme jiným školám, nás zajímá především praktické použití.

Vhodné relé pro zamýšlené použití tedy má

- a) spínací napětí takové, aby řídicí obvod relé sepnul
- b) potřebné kontakty - spínací, rozpínací, přepínací
- c) potřebný počet kontaktů
- d) kontakty dimenzované pro uvažované napětí
- e) kontakty dimenzované pro předpokládaný maximální proud

Můžeme v zásadě rozlišit tyto druhy relé:

- pro spínání síťového napětí (nn)
- pro spínání malých napětí a velkých proudů
- pro spínání malých napětí a malých proudů.

Slovo „malé“ berte pro účely zjednodušeného vysvětlení ve vztahu k síťovému napětí, které je oproti němu velké. V technickém názvosloví je přesně stanoveno, že malé napětí je do 50 V, síťové napětí je už tak zvané nízké napětí a napětí na zapalovací cívce motoru, nebo anodové napětí obrazovky je tak zvané vysoké napětí.

Měření relé

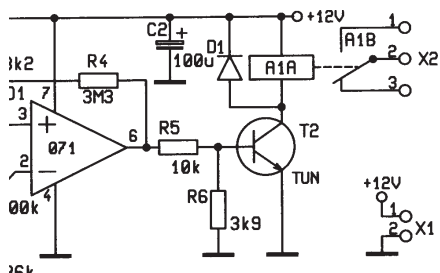
Při měření relé se osvědčuje tento postup:

- a) Podle označení na krytu, naslepo, nebo pohledem na nezakrytovaná relé zjistíme, na které vývody je vyvedeno vinutí cívky a kontakty. Na vývodech vinutí relé by měl být naměřen ohmický odpor vinutí, sepnuté kontakty by měly mít prakticky nulový odpor a rozepnuté nekonečný (tedy maximum toho, co naměříte nepřipojeným ohmmetrem). Pokud postupujete naslepo, zkoušíte vývody postupně „každý s každým“. Po připojení napětí k vinutí relé sepnou a znovu zkoušíte, které kontakty se spínají a které rozpínají. Sepnutí relé buď vidíte napohled,

nebo slyšíte lehké klepnutí, nebo na kontakty připojíte ohmmetr nebo bzučák.

b) Stejně důležité je ověření, že relé při používaném napětí opravdu spíná a jak spolehlivě. Relé připojíme k regulovatelnému napájecímu zdroji a napětí postupně plynule zvyšujeme a sledujeme, při jakém napětí sepnou. To je minimální napětí pro funkci relé. Pak napětí zvýšíme až na předpokládanou pracovní, případně katalogovou hodnotu napětí. Relé musí spolehlivě přitáhnout.

c) Stejně důležité je i odpuštění kotvy a přepnutí do klidové polohy po odpojení napájecího napětí vinutí. Postupujeme opačně. Snižujeme napětí zdroje a sledujeme, při jakém napětí relé odpadne a kontakty se přepnou do klidové polohy. Napětí při kterém relé odpadne bývá menší, než napětí pro přitah. Někdy se stává, že relé „lepi“ a kotva odpadne až při značném poklesu napětí. To je důležité vědět u zapojení, kde relé spíná a rozpíná při malých změnách napětí na cívce.



Obr. 5 – Ukázka zapojení ochranné diody k vinutí relé

d) Měřit proud vinutím cívky by nás skoro ani nenapadlo, ale podobně jako u tyristoru nebo triaku to může být důležité. U některých relé stačí pro přitah poměrně malý proud a u jiných typů relé proud značně větší. Dá se předpokládat, že miniaturní relé můžete spínat menším proudem a relé, které má již na první pohled cívku navinutou silným drátem, bude odebírat velký proud. V katalogu se tento proud obvykle neuvádí, bývá uveden ohmický odpor cívky v ohmech nebo příkon v mW.

Praktické zkušenosti

Pro časový spínač napájený ze zdroje 12 V bylo použito na první pohled pěkné relé, které však podle označení mělo být na 24 V. Při měření několika kusů byla vybrána relé, která spolehlivě spínala již při napětí menším než 10 V a zapojení bez problémů pracuje.

Na výstupu integrovaného obvodu TTL bylo připojeno relé, které sice samo spolehlivě spínalo při 5 V, ale v obvodu ne a ne a nesešlo. Příčinu odhalilo změření napětí na výstupu - po připojení vinutí relé výstup zatížilo tak, že napětí kles-

lo pod mez, při které relé spínalo. Při použití citlivého jazýčkového relé, které z výstupu odebíralo do vinutí menší proud, bylo všechno v pořádku. Druhá verze spočívala v doplnění zapojení o zesilovací tranzistor.

Telefonní relé použité na spínání záteže připojené na síťové napětí fungovalo asi rok a pak začaly občasné problémy a nakonec úplný konec. Po rozebrání spínače bylo vidět, že kontaktní plošky relé byly zčernalé, opálené a upálené. Stačilo relé vyměnit za vhodný typ a zařízení dál spolehlivě spíná.

Ze všeho nejlepší je prostě použít vhodné relé, výběr je veliký.

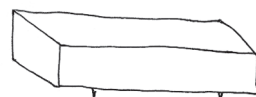
Jazýčkové relé

Jazýčkové relé je tvořeno cívkou, ve které je vložena skleněná trubička se zatavenými dvěma kontakty, které se spínají magnetickým polem cívky. Co zvládne magnetické pole cívky, umí i obyčejný magnet! Stačí relé rozebrat, kontaktní trubičku připojit k ohmmetru nebo bzučáku, přiblížit malý magnet a máte princip běžně prodávaných magnetických dveřních spínačů k alarmům. Tyto spínače se prodávají pěkně zakrytované i se šroubky a magnetem. Mohou se použít například pro snímání otáček (u tachometru na kole), koncový spínač nějakého pohyblivého mechanismu, přepínač rozsahů měřicího přístroje nebo regulátor hlasitosti si nezvykle měkkým otáčením osičky a plavnou aretací v nastavené poloze magnetem, atd.

Ochranná dioda

Ve většině schémat je paralelně k vinutí relé zapojená dioda v nepropust-

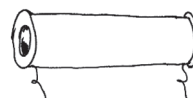
- a) zakrytované



- b) odkrytované



- c) cívka



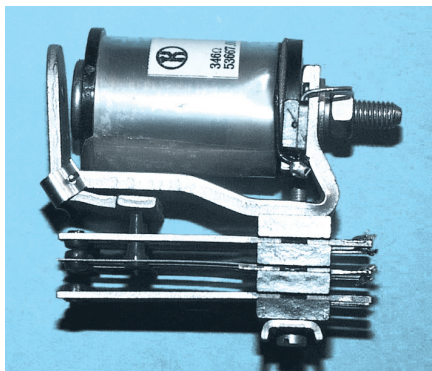
- d) skleněná trubička s kontakty



- e) spínání magnetem



Obr. 6 – Schéma zapojení



ném směru, takže se zdá, že je k ničemu. Funguje to přece i bez diody. Vysvětlení je prosté: jestliže cívkou protéká proud, vzniká kolem ní magnetické pole. Při odpojení cívky od napětí přestane proud cívkou téci, magnetické pole se ruší a ve vinutí cívky se krátkodobě naindukuje napětí, ale s obrácenou polaritou. Napětí je tím větší, čím je větší indukčnost cívky, čím je větší změna proudu a čím kratší dobu trvá. Použití znají všichni starší motoristé. Přerušováním napětí z autobaterie se v cívce indukuje napětí, které se používá pro zapálení směsi jiskrou mezi kontakty svíčky. U relé s malou indukčností vinutí při odpojení nedochází ke vzniku tak velkého napětí, ale vzniklé indukované napětí by mohlo zničit polovodičovou součástku, která relé spíná - tranzistor, operační zesilovač, integrovaný obvod, apod. Dioda zapojená v závěreném směru k napájení toto naindukované záporné napětí zkratuje. Ostatně jsou to pouze krátké jehlové impulzy. Tato dioda se připojuje přímo na přívodní kontakty k vinutí relé, nebo na plošný spoj co nejbližší k přívodům vinutí (viz obr. 3).

Relé je nesklonné podstatné jméno rodu středního, pomnožné, odvozené od francouzského slova relais, což prý byly přepřahací stanice pro koňskou poštu.

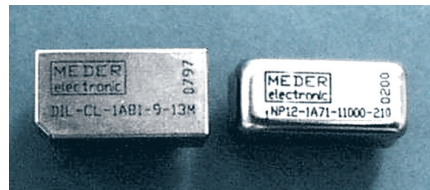
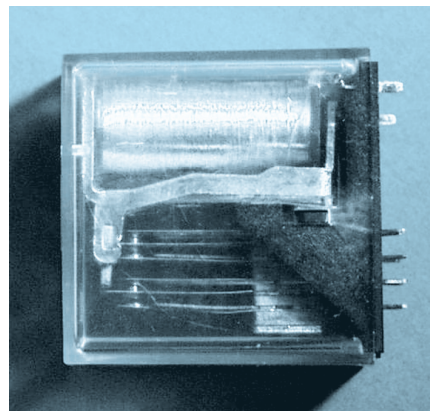
Slovíčka

česky-německy-anglicky
relé-Relais-relay
jazýčkové relé-Zungenrelais-tongue-type relay, reed relay
kontakt-Kontakt-contact
spínací kontakt-Schliesskontakt-operating contact, make contact, making contact
rozpínací kontakt-Öffnungskontakt-break contact
přepínací kontakt-Umschaltkontakt-change contact, two-way contact

Kontakty

NO	normally open - otevřený, tedy spínací kontakt
NC	normally closed - uzavřený, tedy rozpínací kontakt
COM	common - společný kontakt přepínače
SP	single pole - jednopólový
DP	double pole - dvoupólový
SPNO	jednopólové spínací
SPCO	jednopólové přepínací
DPCO	dvoupólové přepínací

coil	cívka
coil power consumption	příkon cívky
nominal coil power	jmenovitý příkon cívky
coil resistance	ohmický odpor vinutí cívky
contact rating	zatížení kontaktů
a.c.	střídavý proud
d.c.	stejnoseměrný proud
switch	spínání, přepínání



ukázka katalogových údajů

SPCO d.c. coil
12 V (9.6-19.2 V) 480 ohms
contact rating 1 A, 28 V d.c./0.5 A, 120 V a.c.
max. switched voltage 150 V d.c./220 V a.c.
max. switched power 28 W/60 VA
nominal coil power 450 mW
coil resistance 480 ohms

Literatura:

- [1] Rádio plus KTE 1/1999 str. 7-8
- [2] Rádio plus KTE 1/2000 str. 17
- [3] Rádio plus KTE 2/2000 str. 10-11
- [4] Rádio plus KTE 1/2001 str. 19
- [5] Rádio plus KTE 3/2001 str. 19
- [6] RS Components catalogue 1998
- [7] katalog GM electronic 2001
- [8] katalog FK technics 2001
- [9] katalog GES-elektronik 2001

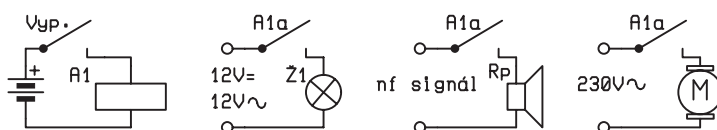
Použití relé

klíčová slova: relé, spínací napětí, spínací obvody, samopřidržující obvod

Pro praktické pokusy s relé si připravíme napájecí zdroj a vhodné relé. Kdo má zdroj nastavitelný do 25 V může použít jakékoliv relé spínané napětím do 25 V. Pokud ke svým pokusům používáte plochou baterii nebo malou devítivoltovou, musíte si relé pečlivě vybrat podle údajů uvedených v katalogu.

1. pokus

- a) Relé připojíme vinutím ke zdroji. U některých relé vidíme, že se kontakty přepnul nebo slyšíme klepnutí. O sepnutí nebo rozepnutí kontaktů se přesvědčíme bzučákovou zkoušečkou v multimetru, ohmmetrem, nebo žárovíčkou.
- b) Pokud nemáme relé s vyznačenou polaritou přívodů k vinutí, prohodíme polaritu přívodů. Relé přitahuje i tak.



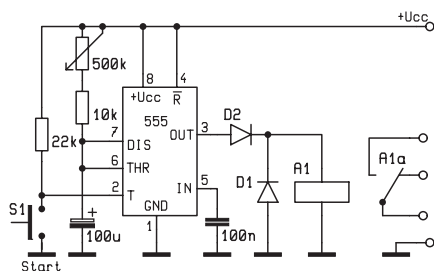
Obr. 1 – Kontakty relé je možno spínat stejnosměrné i střídavé napětí, signál z reproduktoru nebo síťové napětí

- c) Při použití pracovním napětí, které budeme pro relé používat, změříme proud tekoucí vinutím. To bude i proud, který musí snést polovodičová součástka, která bude relé ovládat.
- d) Změříme ohmický odpor vinutí relé a porovnáme ho s údajem v katalogu. Pro zajímavost podle Ohmova zákona vypočítáme z napětí přivedeného na vinutí a odporu vinutí, jak velký proud by měl teoreticky vinutím téci. (Aha, tak proto se v katalogu neuvádí proud tekoucí vinutím, ale jeho odpor...)

- e) Pokud máte zdroj s nastavitelným výstupním napětím, vyzkoušejte si při jakém napětí na vinutí relé spolehlivě přitáhne a spojí (nebo rozpojí) své kontakty a také změřte, při jakém napětí na vinutí relé spolehlivě odpadne a rozpojí (nebo spojí) své kontakty.

2. pokus

Relé zapojte do kolektoru tranzistoru, na bázi není přivedeno žádné napětí. Relé je v klidové poloze. Na bázi připojte přes rezistor R1 napětí a sledujte,



Obr. 2a – Jednoduchý časový spínač s relé na výstupu

zda relé přitáhlo. Podobně jako u prvních pokusů s tranzistory můžete do báze zapojit trimr nebo potenciometr, kterým budete nastavovat různý proud do báze, a ochranný rezistor zapojený do série s trimrem, aby i při vytočení do krajní polohy, kdy má nejmenší odpor, netekl do báze takový proud, který by tranzistor zničil. Trimr nastavte do takové polohy, kdy relé spolehlivě přitahuje. Obvod vypněte a změřte tento odpor. Při použití většího odporu by se již relé nepřitahovalo.

Jazyková poznámka: akcí relé je přitážením kotvy a při odpojení napětí od vinutí relé dochází k odpadnutí kotvy a uvedení do klidového stavu. To jestli sepne nebo rozezne nebo sepne i rozezne současně, je věc uspořádání kontaktů. Proto používáme výraz stav přitážení a odpadnutí kotvy.

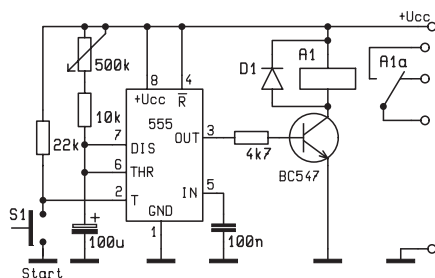
Kotva - není lodní kotva, která se shazuje do moře, ale pohyblivá kovová část, která je přitahována jádrem elektromagnetu a jejíž pohyb je mechanicky spájen s pohybem kontaktních per.

3. pokus

a) Kontakty relé zapojte do zvláštního obvodu tvořeného těmito kontakty, žárovíčkou a stejnosměrným zdrojem napájení. Přitahováním relé se ovládá tento stejnosměrný obvod, žárovíčka se rozsvěcí a zhasíná.

b) Místo stejnosměrného zdroje použijte v téže obvodu zdroj stejně velkého střídavého napětí. Přitahováním relé se ovládá i tento střídavý obvod.

c) Kontakty relé zapojte do obvodu přívodu k reproduktoru nějakého přijímače



Obr. 2b – Pokud relé potřebuje pro sepnutí větší proud, zesílí se tranzistorem

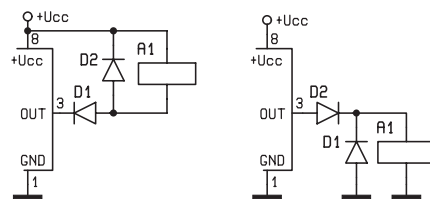
nebo zesilovače, který máte na své pokusy. Ovládáním relé můžete ovládat i připojování a odpojování reproduktoru.

Závěr: Relé je ovládáno stejnosměrným napětím, ale svými kontakty může spínat obvody kterými teče stejnosměrný proud nebo střídavý proud - se síťovým kmitočtem 50 Hz nebo jinými kmitočty, například s kmitočty slyšitelného pásma od 20 Hz do 20 kHz a to není všechno, protože se vyrábějí i speciální vysokofrekvenční relé pro ovládání obvodů pracujících na velmi vysokých kmitočtech.

Zvídaví čtenáři si pro porovnání najdou část věnovanou tyristorům a triakům, které se používají pro spínání obvodů se střídavým nebo tepavým stejnosměrným proudem.

4. pokus

Připomenejte si 9, 10 a 11. část Malé školy věnovanou časovači 555. Sestavte si časový spínač nebo blikáč a na výstup zapojte relé. Pokud je vaše relé spínáno proudem, který snese výstup



Obr. 3 – Relé sepne jestliže na výstupu je a) „nulové“ napětí, b) „plné“ napětí

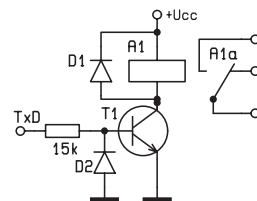
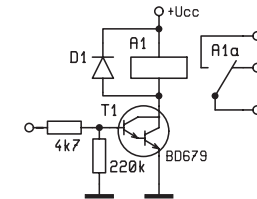
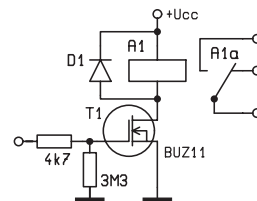
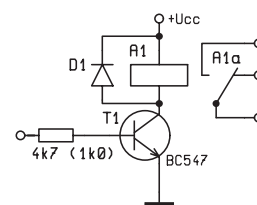
časovače, můžete ho připojit přímo na výstup. Tak je například řešeno zpožděné připojování reproduktorů k zesilovači až 2 sekundy po zapnutí, aby v reproduktorech nebylo slyšet hlasité lupnutí (viz [5]).

Pokud vaše relé potřebuje k přitážení větší proud, než snese výstup obvodu 555, připojte relé přes tranzistor jako v pokusu 6.

5. pokus

a) K výstupu zařízení napájeného 5 V chceme připojit relé 12 V relé. Opět si pomůžeme tranzistorem. Relé připojíme přes tranzistor a napájíme ho napětím 12V z jiného zdroje. Pro jistotu, aby při zničení tranzistoru nebylo tímto vyšším napětím zničeny předchozí obvody (a obvykle dražší než tranzistor) bývá v některých konstrukcích do výstupu zařazena oddělovací dioda, které v propustném směru z výstupu proud propouští a v závěrném směru nevede a to i při mnohem větším napětí, než je obvyklé napájecí napětí pro relé.

b) Máme relé, které se ideálně hodí pro náš účel, ale je na menší napětí, než



Obr. 4 – Jestliže relé odeberá větší proud než snese výstup předchozího obvodu, použijte se pro zesílení tranzistor

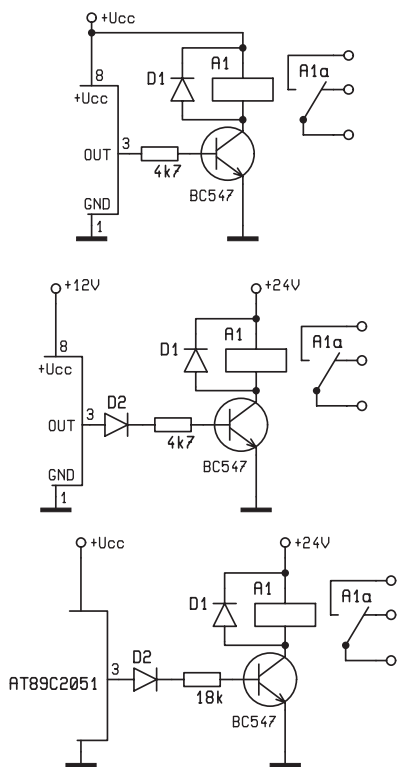
napájecí napětí ostatních obvodů. Kvůli tomu přeci nebudeme dělat jiný zdroj, nebo zařazovat stabilizátor. Stačí do série s vinutím zapojit rezistor za korunu. Jeho velikost určíte například trojčlenkou nebo podle Ohmova zákona.

Příklad: Relé na 5 V má odpor vinutí 100 ohmů. Chceme ho připojit na 12 V. Jak velký bude srážecí odpor? Pro jednoduchost nebudeme uvažovat úbytek napětí na tranzistoru.

Na rezistoru se musí srazit napětí 12-5 = 7 V. Velikost odporů je v přímé úměrnosti k vinutí napětí, tedy $7/5 = x/100$ a tak vypočítáme $R_x = 100 \cdot 7/5$ což je 140 ohmů. Podle Ohmova zákona si to zkuste sami.

Kdo raději měří, ať si připojí své relé na zdroj 5 V a změří proud tekoucí vinutím. Potom do série s vinutím připojí trimr nebo potenciometr asi do 500 ohmů, nastaví ho na maximální hodnotu, připojí na požadované napětí, například 12 V, snižuje velikost odporu a měří proud. Až poteče tímto sériovým obvodem stejný proud, potenciometr odpojí, změří jeho odpor a nahradí odporem.

Zkušební čtenáři tuto část přeskakují, ale začátečník se také musí prokousat základy, které už pokročilí znají.



Obr. 5 – Řídicí obvod může být napájen jiným napětím než relé, připojení k a) časovači 555, b) mikrořadiči Atmel

Aplikace

Relé se používá v mnoha aplikacích, které najdete v literatuře. Ať je to zavírání a otvírání kurníku, imobilizér v automobilu, odpojování nabíječky nebo přepínání ze stavu základního nabíjení do udržovacího dobíjení, zapínání plynového kotle, zpožděné připojování reproduktorů po zapnutí, atd. Záleží na vaší fantazii, co by relé mohlo spínat. Jestliže vaše relé má kontakty, které snesou proudy i několik ampér, máte možností ještě více. Od rozsvícení malé žárovky po automobilové halogenové reflektory, zapínání malého motoru z dětské hračky nebo mohutného ventilátoru, zapínání bzučáku nebo ječivé sirény, přepínání barevných světel, ovládání elektromagnetického ventilu automatického splachovače řízeného fotobuňkou, kterým se po nastavenou dobu použít voda do mušlí na záchodě, ovládání výbojky při expozici citlivé vrstvy při výrobě plošných spojů fotocestou. Jdete do sklepa pro uhlí, rozsvítíte si a pak s kbelíky v obou rukou vycházíte ze sklepa a potřebovali byste třetí ruku (a čistou, aby neumazala vypínač), aby po vás zhasla. To za vás udělá chytrý obvod s časovým spínačem (v tomto případě bychom pracovali se síťovým napětím a tak to pro účely naší školy zůstane pouze jako ukázka principu - nehledě na to,

že to už umíte udělat s triakem odděleným optočlenem).

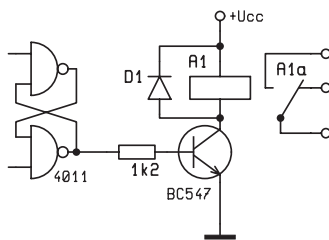
Z obláček fantazie se vrátíme na zem a pro jednoduchost si zkusíme časovým spínačem doplněným relé ovládat žárovku. Takovou, jakou je schopen rozsvítit váš zdroj. Jestliže své pokusy napájíte z baterie, tak stačí žárovka do baterky; pokud máte zdroj 12 V/1 A můžete zkusit připojit automobilovou žárovku 5W nebo 10W. Kdo si potrpí na zvukové efekty, může připojit malou nebo i silnější sirénku.

Prostě si prakticky ověřte že řídicím obvodem můžete ovládat relé, které svými kontakty spíná nebo rozpíná jiné, nezávislé obvody.

Krátkodobé osvětlení

Děcko jde spát, rozsvítí si malé světýlko, doběhne do postýlky, zakutá se pod peřinu a světýlko se samo za chvíli zhasne.

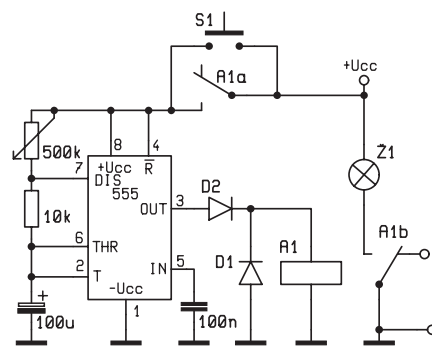
Při stisknutí tlačítka START se časový spínač zapne a přitáhne se relé. Jeho spínací kontakty uzavřou obvod se žárovkou, žárovka svítí. Přes rezistor R1 se nabíjí kondenzátor C1 až po určitou mez, kdy se změní napětí na výstupu časovače (vývod č. 3), relé odpadne a žárovka zhasne. Jasně.



OPBr. 6 – Relé lze připojit i na výstup logických integrovaných obvodů CMOS

Diskuze:

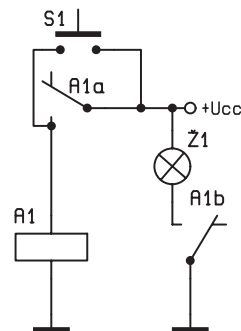
V tomto zapojení musí být časový spínač stále zapnutý, jenom se tlačítkem START spouští. To by z baterie šlo také, ale časovač by i v klidu odebíral proud a baterie by se zbytečně vybíjela. Použijeme tedy jiný obvod, který sepne relé okamžitě po zapnutí. To je příklad blikáče s dlouhou dobou blikání. Ale my nechceme, aby žárovka stále blikala. Chceme, aby se na chvíli rozsvítila a pak zhasla. Použijeme relé se dvěma páry kontaktů. Jedním párem se bude zapínat obvod žárovky a druhý bude tvořit tak zvaný samopřidržující obvod. Jeho činnost je zřejmá ze schématu zapojení. Napájení relé je zapojeno přes jeho vlastní kontakty. V klidu jsou rozepnuté, relé ani časový obvod nejsou napájeny. Stisknutím tlačítka přemostujícího tyto kontakty se zapne obvod, relé přitáhne



Obr. 7a – Spínač se samopřidržujícím obvodem

a svými vlastními kontakty se připojí k napájení a tlačítko můžeme pustit, relé se samo drží přitažené. Když po nastavené době relé odpadne, obvod se přeruší a zařízení se uvede do klidu, kdy neodebírá žádný proud.

Aplikací najdete v literatuře mnoho, všimněte si, že relé lze připojit na výstup obvodů s logickými obvody TTL, CMOS, operačními zesilovači, časovači 555 i 555C a jinými. Z uvedených příkladů vidíte, že relé uvedená ve schématech můžete nahradit jinými vhodnými typy. Technické údaje najdete v dobrém katalogu, který zároveň slouží i jako praktická učebnice a je vhodný



Obr. 7b – Samopřidržující obvod

i jako dárek třeba pod stromeček nebo za vysvědčení.

Literatura:

- [1] katalog GM elektronik
- [2] katalog RS components
- [3] http://www.sweb.cz/novzden/kap_senzor.htm
- [4] KTE 9, 10, 11/1997 Malá škola část 9, 10, 11
- [5] Rádio plus KTE 6/2000 str. 19, Automatické zalévání
- [6] Praktická elektronika A Rádio 7/2000 str. 7, Spínač PIR
- [7] Praktická elektronika A Rádio 10/1999 str. 5, Zpožděné připojování reproduktorů
- [8] Praktická elektronika A Rádio 11/2000 str. 14, Laserová závora

- [9] Rádio plus KTE 9/1999 str. 7, stav. č. 425 Spínač osvětlení interiéru automobilu
 [10] Rádio plus KTE 6/2000 str. 19, Automatické zalévací zařízení
 [11] Rádio plus KTE 1/2000 str. 17, Teplotní rozdílový spínač, stav. č. 452

- [12] Praktická elektronika A Rádio 11/2000 str. 26, Teplotní rozdílový spínač
 [13] Rádio plus KTE 1/2001 str. 19, Reléová karta
 [14] Rádio plus KTE 3/2001 str. 19–23, Automatické žaluzie

- [15] Praktická elektronika A Rádio 1/2000 str. 14–15, Zabezpečovací zařízení automobilu
 [16] Elektor 7-8/2001 str. 109, Wechselb-liner
 [17] Elektor 7-8/2001 str. 122–123, Damernsschalter

Napájení operačních zesilovačů

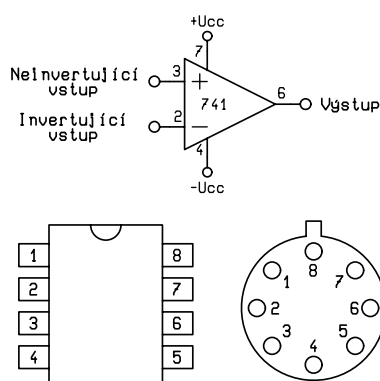
klíčová slova: operační zesilovač, symetrické napájení, střed

Při listování v časopisech, technických dokumentacích a odborných publikacích narážíte součástku nazývanou operační zesilovač nebo zapojení, kde je tak zvané symetrické napájení. Zpočátku úplně pomineme teorii operačních zesilovačů, která je ostatně velmi podrobně popsána a rozebírána v běžně dostupné literatuře. Pro naše účely chceme vědět, jak si nějaké jednoduché zařízení s operačním zesilovačem postavit, napájet a používat, případně v něm měřit nebo hledat závadu.

Operační zesilovač (viz obr. 1a, b) je ve schématech kreslen jako integrovaný obvod na jehož schématické značce vidíme dva vstupy, jeden výstup a dva přívody napájení - kladné napájecí napětí a záporné napájecí napětí. Ale...

Napájení

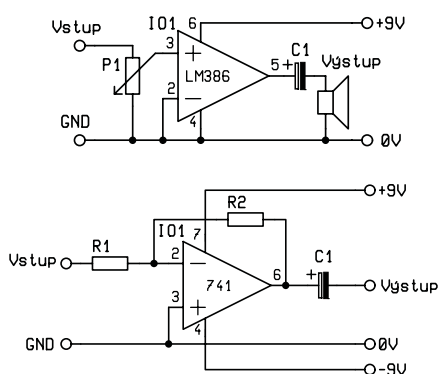
U obvyklých spotřebičů má napájení dva přívody. U napájení stejnosměrným napětím označujeme kladný napájecí přívod polaritou + a záporný napájecí přívod polaritou -. Ve složitějších zařízeních měříme napětí obvykle proti společnému vodiči, který bývá spojen s kostrou zařízení a protože kostra bývá nějakým způsobem spojena se zemí, říká se mu zem. U dnešních automobilů je záporný pól akumulátoru připojen na kostru a podobně i u mnoha elektronických zařízeních bývá společná „země“



Obr. 1a – Schématická značka operačního zesilovače, 1b – číslování vývodů (u obou obrázků pohled shora)

spojená se záporným pólem zdroje. To se zdá tak samozřejmé, že o tom ani nepřemýšlíme.

Takže když v takovém zařízení měříme, připojíme společný přívod voltmetru (COM) nebo zápornou svorku voltmetru na zem nebo záporný pól zdroje a měřená napětí v jednotlivých bodech zapojení vztahujeme k tomuto vodiči. Na schématu vidíte u kladné svorky napájení +9 V a u záporné svorky 0 V.

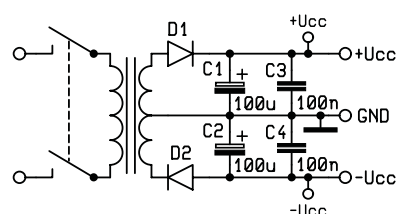


Obr. 2a – Zapojení nf zesilovače s nesymetrickým napájením, 2b – zjednodušené zapojení operačního zesilovače se symetrickým napájením

U operačních zesilovačů je také napájení s vyznačenou polaritou, například +15V a -15V. Jenomže to jsou dvě různá napětí, která se vztahují k zemi. Toto napájení tedy provádějí dva zdroje napětí, nebo jeden dvojitý zdroj napájení. Například dvě 9V baterie. Jejich společný spoj je střed napájení a ten je připojen na zemní vodič zařízení. Říkáme, že pro napájení operačních zesilovačů se používá symetrický napájecí zdroj. V určitých případech lze použít i běžný zdroj a střed pro funkci operačního zesilovače se utvoří uměle, například děličem napětí.

Pro ilustraci se vrátíme k jednoduchému koncovému zesilovači s integrovaným obvodem LM386 (viz obr. 2a). Vstupní signál je přiveden mezi vstup a zem a výstupní signál přiveden na reproduktor zapojený mezi výstup a zem. Zesilovač je napájen ze zdroje například 9 V. Záporný pól zdroje je připojen na zemní vodič. To už máme vyzkoušené a netřeba to dále rozebírat.

58. díl



Obr. 3 – Symetrický napájecí zdroj s jednocestným usměrněním

Druhý příklad vypadá podobně. Jedná se zjednodušené neúplné schéma předzesilovače s operačním zesilovačem (viz obr. 2b). Schématická značka vypadá podobně a podobně je i schéma zapojení. Vstupní signál se přivádí mezi vstup a zem, výstupní signál je mezi výstupem a zemí. U svorek pro napájení je také označena polarita: +9 V a -9 V. Ale zde je rozdíl. To jsou napětí vztažená k zemi. Napájení je provedeno ze dvou zdrojů stejné velkého napětí. Jejich společný střed je připojen na zemní vodič. Je třeba zajistit symetrii kladného a záporného pólu napájení vůči zemi. Provádí se to několika způsoby.

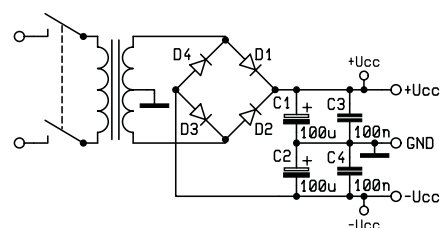
Symetrický napájecí zdroj

Nejjednodušší je napájení ze dvou baterií, které se zapíná a vypíná současně dvojítm vypínačem.

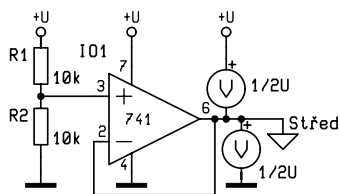
Další druh symetrického napájení používá symetrický síťový transformátor. Má dvě shodná sekundární vinutí s vyvedeným středem. V katalogu najdeme například transformátor 230/2 × 15 V a podobně.

Jednocestné usměrnění

Pro některé aplikace stačí jednoduchý zdroj s jednocestným usměrněním. V každé napájecí větvi je pouze jedna usměrňovací dioda a filtrační kondenzátory (viz obr. 3).



Obr. 4 – Symetrický napájecí zdroj s dvojcestným usměrněním



Obr. 5 – Vytvoření umělého středu napětí pomocí OZ
Dvojcestné usměrnění

V praxi se používá dvojcestné usměrnění ve známém můstkovém Graetzově zapojení (viz obr. 4). Rozdíl je v tom, že záporný pól není připojen za zemní vodič, ale oba póly zdroje jsou označeny svým napětím. Střed sekundárního vinutí se spojení se zemním vodičem, jehož svorka tedy má označení 0 V. Napětí na kladné i záporné svorce se měří vůči tomuto vodiči. Nejlépe se měří voltmetrem s automatickým nastavením polarizace. Na displeji se zobrazí hodnota měřeného napětí i se značkou polarizace. Většina multimetrů nezobrazuje znaménko plus (stejně jako kalkulačka), pouze znaménko mínus.

Umělý střed

Pokud máme zdroj jednoho napětí, můžeme vytvořit jeho umělý střed, vůči němuž budou oba póly zdroje symetrické. V literatuře často najdete zapojení s operačním zesilovačem. Obvyklé zdroje napájení nemívají záporný pól uzemněný a tak se nově vzniklý střed spojuje se zemí. Někdy ale bývá záporný pól zdroje spojen se zemí, a tak se tento střed označuje jinou značkou, zde trojúhelníčkem.

Invertující vstup

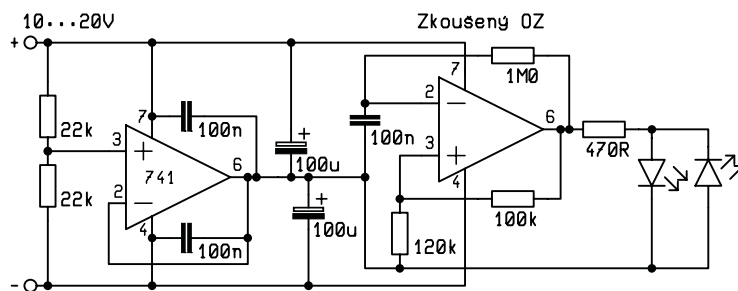
Zpočátku je to tajemné slovo na zlovení jazyka, ale znamená to jediné. Inverze znamená obrácení a tady se jedná o obrácení fáze signálu, což provádí i běžný zesilovač s jedním tranzistorem. Přivedeme-li na bázi tranzistoru kladnou půlvlnu signálu, větší se proud bázi. Tím se zvětší proud kolektorem tranzistoru a na rezistoru zapojeným v obvodu kolektoru vznikne větší úbytek napětí. Takže na kolektoru je menší

napětí. A naopak. Takže je to vlastně obráceně. Kladná půlvlna signálu na vstupu způsobí zápornou půlvlnu na výstupu. To je tedy invertující vstup. Operační zesilovač má podobný invertující vstup. Druhý vstup operačního zesilovače je neinvertující, kdy na výstupu je signál ve shodné fázi se vstupním. Kdo se chce hlouběji ponořit do studia operačních zesilovačů, má k dispozici dostatek literatury, funkce jsou podrobně popsány a rozebrány ale pro naše účely nemusíme hned zacházet do podrobností.

a společná třetí svorka je označena trojúhelníčkem. To bývá ve schématech, kde je uměle vytvářený střed napájecího napětí při použití běžného nesymetrického zdroje. Oba způsoby kreslení si předvedeme na praktické ukázce.

Praktická ukázka

Základní funkci operačního zesilovače si můžete vyzkoušet na přípravku, publikovaném v literatuře již několikrát. Zde jej uvádíme pro doplnění výkladu. Operační zesilovač je zapojen jako oscilátor s kmitočtem asi



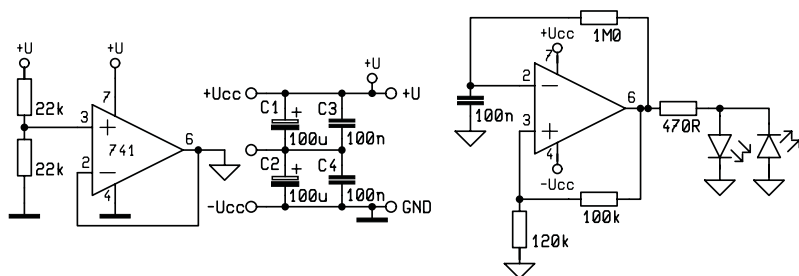
Obr. 7 – Zapojení z obrázku 6 se zakresleným propojením všech příslušných svorek

Značka uzemnění

Pro zjednodušení schémat se někdy nekreslí spoj mezi jednotlivými součástkami, které jsou připojeny na společnou zem, ale na jejich vývod se zakreslí značka uzemnění, kostry. Při propojování vodičů nebo kreslení plošného spoje musí být samozřejmě vzájemně propojeny. Podobně se v rozsáhlejších schématech nepropojují všechny příklady k napájení, ale zakončí se svorkou s označením napájení například +Ucc nebo +12 V nebo jenom +. Tyto svorky jsou samozřejmě také propojeny a připojeny na příslušnou svorku na napájecím zdroji. Na schématu i ve skutečnosti. A do třetice - v zapojeních s operačními zesilovači můžete někde vidět další značku, což je společný střed napájení operačních zesilovačů. V časopisu Rádio plus KTE je pro kreslení schémat používán program LSD a tento střed označuje trojúhelníčkem. Takže na schématu zdroje jsou označeny svorky +Ucc a -Ucc

0,5 Hz, aby bylo možno vidět blikání LED na výstupu. Jestliže je operační zesilovač dobrý, LED střídavě blikají. Pokud LED nezatíží příliš výstup OZ, je možno je připojit přímo přes rezistor. Ve druhé verzi jsou LED spínány přes tranzistory a výstup OZ je méně zatěžován. Zapojení je napájeno ze symetrického zdroje nebo dvou devítivoltových baterií. Pro jednoduchost si ho můžete sestavit na nepájivém kontaktním poli. Nepájivé kontaktní pole je užitečná pomůcka a stále se hodí. Byl by to i vhodný dárek pod stromeček.

Pokud nemáte symetrický zdroj nebo dvě devítivoltové baterie, můžete použít zapojení vytvářející symetrické napětí z nesymetrického pomocí dalšího operačního zesilovače. Toto zapojení také najdete v literatuře. Zkuste si nejdříve postavit samotný obvod pro vytvoření umělého středu napájecího napětí. Nezapomeňte zapojit i kondenzátory 100nF. Pokud je vynecháte, zjistíte, že napětí není symetrické, liší se. S podobným blokováním kondenzátory 100nF jsme se setkali již při stavbě stabilizovaného zdroje s obvodem typu 7805 a LM317. Tyto blokové kondenzátory by měly být co nejblíže napájecím přívodům k IO. Na obrázku 6a, b, c vidíte jednotlivé části: vlastní zkoušeč operačních zesilovačů, filtrační kondenzátory s přívody k napájení a obvod s dalším operačním zesilovačem vytvářející umělý střed napájení. Všechny přívody označené stejným symbolem musí být



Obr. 6 – Obvod pro vytvoření symetrického napájení, 6b – filtrace napájecího napětí, 6c – obvod pro zkoušení OZ

propojené +U_{cc}, -U_{cc}, zem i střed. Pro názornost je totéž zapojení na obrázku 7 v jednom celku. V literatuře se ale častěji setkáte s kreslením schémat kde nejsou například příklady napájení propojené, ale jsou označeny. Stejně tak zemní příklady. Jde o zvyk a představitelost. Ostatně, schémata jsou tak přehlednější a nejsou tak „zadrátovaná“.

Jazykový koutek

operational amplifier operační zesilovač

OA
inverting input
non-inverting input
output
V_{cc}+

V_{cc}-

OZ
invertující vstup
neinvertující vstup
výstup
U_{cc}+ (kladné napájecí napětí)
U_{cc}- (záporné napájecí napětí)

Literatura

[1] Malina; Pokusy z elektroniky, III. díl, vydavatelství Kopp 1999

[2] Rádio plus KTE 10/1999 str.5-8, Barevná hudba
[3] Rádio plus KTE 6/1999 str. 24, Předzesilovač s plynulou regulací zesílení, konstrukce č. 415
[4] Rádio plus KTE 8/2000 str. 11, Zdvojnovač kmitočtu pro kytary
[5] Amatérské rádio A 6/1991 str.210-213, RNDr. V. Pasáček, Zkoušeč operačních zesilovačů
[6] Amatérské rádio B 3/1997, Belza, Operační zesilovače

Zdroje pro operační zesilovače

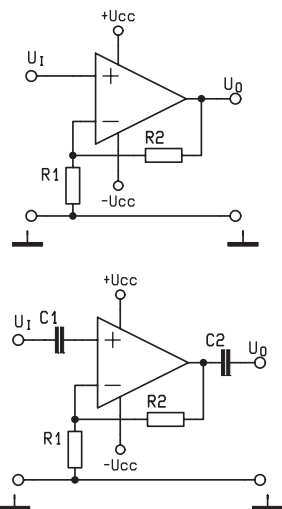
klíčová slova: operační zesilovač, napájení, nf předzesilovač

Operační zesilovač

Při listování v časopisech, technických dokumentacích a odborných publikacích se zapojení s operačními zesilovači zpočátku jeví zdánlivě nepřehledná a komplikovaná. Operační zesilovače (zkratka OZ) najdete pod označením 501, 741, 748, 071, 072, 084, 1458, 5532 atd. Písmena před číslem označují výrobce. Například MAA501, TL071, LM741, MC1458 apod. Operační zesilovače se liší svými parametry, vnitřní strukturou, způsobem a účelem použití a dalšími vlastnostmi, které bývají uvedeny v dobrém katalogu nebo katalogových listech výrobců. Pro účely naší Malé školy budeme brát jako fakt, že ve schématech, která nás zajímají je uveden nějaký typ operačního zesilovače, a tak ho dodržíme.

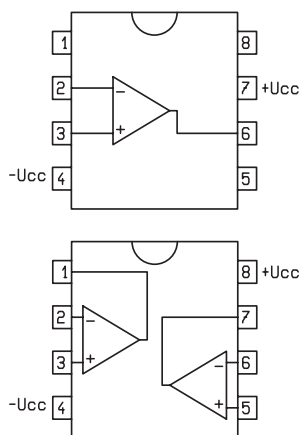
Stále se motáme kolem názvu „operační zesilovač“. Slovo operační je zde ve významu speciálních funkcí - toto zapojení slouží nejen k zesilování nízkofrekvenčních signálů, ale i k porovnávání stejnosměrných napětí, zesilování nepatrných změn, sčítání napětí aj. V li-

teratuře najdete výrazy - komparátor, integrátor, invertující a neinvertující zesilovač, diferenční nebo logaritmický zesilovač a podobné. Neskočíme přímo doprostřed, chceme si jenom postavit nějaké zapojení, které jsme si našli v časopisu nebo knížce a ve kterém je součástka s názvem operační zesilovač. Chceme vědět, jak ji zapojit a jak napájet. Některá schémata vypadají na první pohled nepřehledně, ale celý zmatek skončí, jestliže si koupíte stavebnici, ve které je již hotový plošný spoj, osadíte ho, připojíte napájení a když to funguje, víc vás nemusí zajímat.



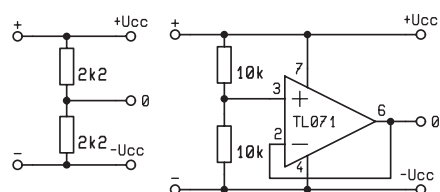
Obr. 2 – Operační zesilovač zapojený jako a) nf zesilovač, b) stejnosměrný zesilovač

Ačkoliv původní operační zesilovače byly sestavovány z diskretních součástek - tedy tranzistorů a rezistorů, dnes se vyrábějí jako integrované obvody. Bývají v kulatém kovovém pouzdru nebo černém plastovém pouzdru s vývody ve dvou řadách - DIL, podobně jako časovač 555 nebo zesilovač LM386, které již známe. Stejně je i číslovaní vývodů - při pohledu shora od značky proti směru hodinových ručiček. V jednom pouzdru může být integrováno i víc operačních zesilovačů, například dvojité TL072 nebo MA1458.



Obr. 1 – Uspořádání vývodů a) LM741, LM748, TL071 aj., b) MC1458, TL072, TL082 aj.

59. díl



Obr. 3 – Vytvoření umělého středu a) odporovým děličem, b) operačním zesilovačem

U jednoduchých OZ se dodnes vesměs dodržuje ustálené číslování vývodů:

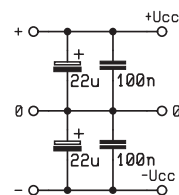
2 invertující vstup, 3 neinvertující vstup, 6 výstup, 7 kladné napájení, 4 záporné napájení. Jednička a osmička u některých typů slouží pro takzvanou kompenzaci - pro připojení dalších součástek, což zatím pomineme (viz obr. 1).

NF zesilovač

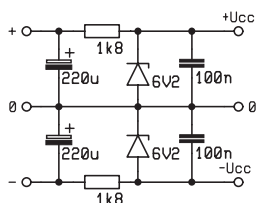
Pro začátek se podíváme na zapojení nízkofrekvenčního předzesilovače, které se vyskytuje v mnoha aplikacích (viz obr.2a). Vstupní signál je přiveden přes kondenzátor C1 na vstup. Zesílený signál se odebrá z výstupu přes kondenzátor C2. Kondenzátory slouží k oddělení stejnosměrných napětí. Novinka je v zapojení rezistorů R1 a R2. To je takzvaná zpětná vazba, která určuje zesílení obvodu. Mezi výstupem a zemí, tedy na obou rezistorech R1 a R2 zapojených v sérii je výstupní napětí U_o (o jako output). Na druhý vstup operačního zesilovače je přivedena část tohoto napětí. Poměr napětí na výstupu k napětí na vstupu je daný poměrem rezistorů, na kterých tato napětí jsou, tedy

$$U_o/U_i = (R_1 + R_2)/R_1.$$

Signál je přiváděn na invertující vstup označený + a zpětná vazba je zavedena



Obr. 4 – Zdroj symetrického napětí pouze s filtrací



Obr. 5 – Zdroj symetrického napětí doplněný o stabilizaci Zenerovou diodou

z výstupu na neinvertující vstup označený -. Zjednodušeně můžeme říci, že zesílení A tohoto zesilovače je

$$A = (R1+R2)/R1.$$

„A“ je bezrozměrné číslo, které udává, kolikrát je výstupní napětí větší než vstupní. V praxi se setkáváte s upraveným vzorcem

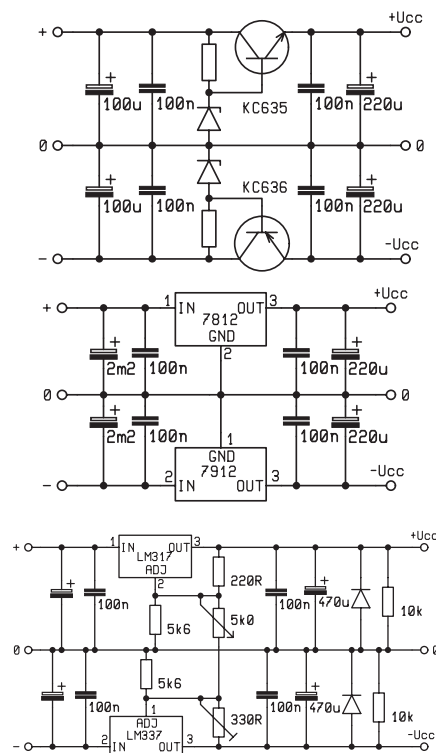
$$A = 1+R2/R1.$$

Stejnoseměrný zesilovač

Když vynecháme kondenzátory na vstupu a na výstupu, platí uvedený vztah i pro stejnosměrná napětí na vstupu a výstupu (viz obr.2b). A máme stejnosměrný zesilovač, který se používá v mnoha aplikacích, například na měřící technice.

Napájení

Pro některá zapojení s operačním zesilovačem není třeba stavět zvláštní zdroj symetrického napětí. Pomůžeme si děli-



Obr. 6, 7, 8 – Zdroj symetrického napětí doplněný o stabilizaci s tranzistory (6), stabilizátorem s pevným napětím (7) integrovanými obvody s nastavitelným výstupním napětím (8)

čem napětí, kterým si vytvoříme střed (viz např. [9]). Dělič je tvořen dvěma rezistory zapojenými v sérii. Mají stejnou hodnotu a protékajícím proudem na obou vzniká stejně velké napětí. Obvykle se volí hodnoty asi od 2k2 do 47k. Děličem s menšími hodnotami teče při stejném napětí větší proud a lze ho i víc zatížit. Pokud je třeba vytvořit umělý střed napájení pro odběr většího proudu, přivádí se napětí z tohoto odporového děliče na vstup operačního zesilovače zapojeného jako takzvaný sledovací signál (viz např. [10]).

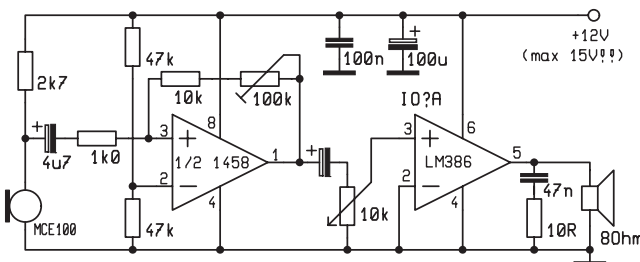
Zdroje napájení

I když v některých případech lze pro získání symetrického napětí použít běžný transformátor s jedním sekundárním vinutím, používají se pro tento účel transformátory se dvěma symetrickými sekundárními vinutími, například 230V/2 x 15 V. V literatuře můžete najít nejrůznější zapojení symetrických zdrojů.

a) pouze s usměrňovačem a filtračními kondenzátory viz obr 4

nebo zem. Je to praktická zkušenost, kterou si budete o to lépe pamatovat, když vám obvod nebude na první zapojení fungovat. Za to vám nikdo nedá pětiku. Napak. To, že někdy uděláte chybu, nebo dlouho pátráte po příčině nezdaru nebo nesprávné funkce, přemýšlíte, hledáte v katalogu nebo literatuře, konzultujete s kamarády a pak opravujete, je velmi užitečné pro váš odborný rozvoj. Naučíte se systematicky hledat závadu, nevzdát se a nakonec se z toho poučit i radovat z úspěchu. Ne pro nějaký určitý obvod, ale i pro další řešení technických problémů a životních situací.

Kromě operačních zesilovačů jsou symetricky napájené například i výkonové koncové zesilovače, například napětím ±40V. Zde není žádná stabilizace zapotřebí, dost na tom, že tento zdroj umožňuje odebrat dostatečně velký proud a výstupní napětí je filtrováno kondenzátory s velkou kapacitou. Toto symetrické napětí lze po úpravě na patřičnou velikost použít i pro napájení předzesilovačů a dalších obvodů s operačními zesilovači.



Obr. 9 – Zesilovač s nastavitelným zesílením

- b) předchozí doplněné o stabilizaci zenerovými diodami (viz obr. 5 a [11])
- c) stabilizátory s tranzistory (viz obr. 6 a [12])
- d) stabilizátory s integrovanými obvody zdrojů pevného napětí (viz obr. 7 a [13])
- e) stabilizátory s integrovanými obvody nastavitelného napětí (viz obr. 8 a [14])
- f) nastavitelné stabilizátory s vzájemně vázanými větvemi
- g) nastavitelné vlečné stabilizátory, které při přetížení v jedné větvi sníží napětí i v druhé větvi.

Těchto zapojení najdete v literatuře celou řadu.

Nepřehlédněte: Zapojení kladné větve zdroje už známe. Záporná větev je velmi podobná, jenom se místo npn tranzistoru použije tranzistor pnp a místí integrovaného obvodu stabilizátoru pro kladné napětí se použije obdobný typ, ale pro záporné napětí. Liší se i označením například k řadě IO 78xx je doplňková řada 79xx. Takže ve zdroji ±12 V použijte 7812 a 7912. K oblíbenému LM317 je obdoba LM337 (viz obr. 6, 7, 8). Vše najdete v dobrém katalogu. Podívejte se také na číslování a pozice vývodů na pouzdru, kde je vstup, výstup a nastavování

Praktický pokus

V [4] byl uveřejněn předzesilovač pro mikrofon s operačním zesilovačem zapojeným tak, aby ho bylo možno napájet z běžného nesymetrického zdroje. Z jiného časopisu [5] si vypůjčíme nastavení zesílení potenciometrem v sérii s rezistorem. Pokud nemáte TL071, můžete použít polovinu TL072 nebo MC1458. Ale zde je změna v číslování vývodů.

Pro první vyzkoušení bez měřících přístrojů můžete použít malý elektretový mikrofon nabízený pod katalogovým názvem MCE100 a jako koncový zesilovač použít například LM386, který máte předchozích pokusů. Obvod (viz obr. 9) můžete snadno a rychle sestavit na nepájivém kontaktním poli (dobrý dárek pod stromeček nebo za vysvědčení - osvědčil se již mnohokrát). Signál z mikrofonu je přiveden přes kondenzátor C1 a rezistor R1 1k na invertující vstup - (č. 2). Zesílený je veden z výstupu přes kondenzátor C2. V tomto zapojení je zesílení určeno poměrem rezistorů zapojených trochu jinak než v úvodním příkladu, ale početně je to stejné. Místo rezistoru je zapojen trimr

nebo potenciometr 100k a k němu v sérii rezistor 10k. Takže je možno celkovou hodnotu tohoto odporu měnit od 10k do 110k. Invertující vstup je připojen na umělý střed tvořený rezistory stejné hodnoty 47k. Nezapomeňte také zapojit kondenzátor C3. Operační zesilovač je napájen z běžného zdroje 12 V. Zesílený nízkofrekvenční signál je přiveden přes potenciometr nebo trimr P2 na vstup zesilovače s LM386 a je slyšet z reproduktoru.

Při praktické realizaci zřejmě také dojdete k podobným zkušenostem:

1. Trimr P1 nastavte zpočátku na nejmenší hodnotu, aby zesílení předzesilovače bylo minimální a teprve potom můžete citlivost zvyšovat.

2. Potenciometr P2 nastavte na maximum, pokud nevíte, kde je maximum, dejte ho doprostřed. Když je totiž nastaven na minimum, můžete se mylně domnívat, že zapojení nefunguje.

3. Ačkoliv u LM386 nemusí být zapojen Boucherotův člen ve výstupu, bylo ho nutno při zapojení na nepájivém kontaktním poli metodou „vrabčího hnízda“ doplnit. Bez něj byl signál zkreslený, na osciloskopu bylo vidět silné zakmitávání na vř kmitočtech.

4. Další divné zvuky, zakmitávání a zkreslení bylo zlikvidováno přidáním filtračního kondenzátoru přímo u zesilovače, ačkoliv přímo ve stabilizovaném zdroji je také filtrační kondenzátor. A navíc - k filtračnímu kondenzátoru 100 mikrofaradů bylo třeba přidat ještě paralelně keramický 100 µF co nejbližší k vývodu napájení OZ.

5. Přesto se při zvětšení citlivosti zesilovač rozhoukal, hvízdal a bublal vlivem akustické zpětné vazby, když mikrofon zpětně zachycoval svůj vlastní zvuk z reproduktoru. Mikrofon byl připojen na asi 5m dlouhý stíněný kabel a vystřčen za dveře do vedlejší místnosti a dveře zavřeny. Bylo po akustické vazbě a citlivost bylo možno ještě zvětšit. Pak bylo překvapivě slyšet i poměrně slabé zvuky – kroky, položení tužky na stůl apod.

Závěr

V tomto pokusu nešlo o zhotovení citlivého předzesilovače, ale o praktické vyzkoušení obvodu s operačním zesilovačem s nastavitelným zesílením.

Literatura:

[1] Malina; Pokusy z elektroniky, III. díl, vydavatelství Kopp 1999

[2] Punčochář, J. Operační zesilovače v elektronice, Ben, Praha 1999

[3] Rádio plus KTE 7/2001 str. 5-7, Zvukový spínač

[4] Praktická elektronika C 6/2001 str. 25-26, Předzesilovač pro kondenzátorový mikrofon

[5] Rádio plus KTE 6/1999 str. 24, Předzesilovač s plynulou regulací

[6] Rádio plus KTE 9/1999 str. 8-10, Domácí zesilovač

[7] Praktická elektronika A Radio 4/1997, Nf zesilovače s SMD

[8] Praktická elektronika A Radio 7/1997, str. 23, Zdroje dvojitého napětí, Hájek Z.

[9] Rádio plus KTE 10/2000 str. 12, Nf usměrňovač k DMM

[10] Rádio plus KTE 8/2000 str. 11, Zdvojeňovač kmitočtu pro kytaru

[11] Rádio plus KTE 6/2000 str. 34-35, Úprava mikropáječky

[12] Amatérské rádio A 11/1992 str. 508, Barevná hudba, Patera M.

[13] Rádio plus KTE 9/1999 str. 20-21, Zdroj 2 x 12V/1A, stavebnice č. 421

[14] Amatérské rádio A 12/1995, str. 18, Symetrický stabilizovaný regulovatelný zdroj, Hájek Z.

[15] 269 integrovaných obvodů, HEL, 1996

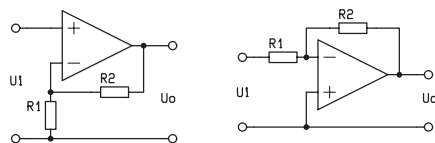
Základní zapojení zesilovače s OZ

Klíčová slova: operační zesilovač, invertující, neinvertující zapojení, vstupní impedance, zesílení, parametry OZ

Při listování literaturou narazíte na spoustu velmi odborných článků o operačních zesilovačích i schémata zajímavých zapojení, která si sama říkají o vyzkoušení. Nebo si prostě něco postavíte a používáte. A také můžete začít hloubat, jak to vlastně funguje. Vezmeme si velmi používané zapojení zesilovače. Má dvě základní zapojení: invertující a neinvertující. Oba dva zesilují běžný nízkofrekvenční signál, případně stejnosměrná napětí, jejich zesílení se dá nastavit poměrem rezistorů. V čem je rozdíl?

Neinvertující zesilovač

Jeho základní zapojení je na obrázku 1. Na neinvertující vstup se přivádí vstupní napětí U_i , na výstupu je výstupní napětí U_o . Kdyby nebyla zapojená zpětná



Obr. 1 – Princip zapojení a) neinvertujícího, b) invertujícího zesilovače

ná vazba z výstupu zpět na vstup, bylo by zesílení vlastního operačního zesilovače velmi, velmi velké, řádově 100 000. Přesněji to najdete v katalogu. Tím, že zavedeme zpětnou vazbu, můžeme říci, že výstupní napětí je na rezistorech R1 a R2 a vstupní napětí na rezistoru R1. Vypadá to podivně, vždyť vstupní napětí přivádíme na + vstup (3) a rezistor R1 je připojen na – vstup (2). To je dáno jednou z vlastností operačního zesilovače, a tou je napěťová nesymetrie vstupu U_{IO} tu můžeme pro jednoduchost pochopit jako maličké napětí, o které se liší napětí mezi vstupy. Je to jenom několik milivoltů a tak si můžeme zjednodušit říci, že jaké napětí je na jednom vstupu, je také i na druhém vstupu.

Zesílení tohoto zesilovače A tedy vypočteme jako podíl výstupního napětí U_o a vstupního napětí U_i a jak jsem si ukázali, jako podíl odporů na kterých tato napětí jsou:

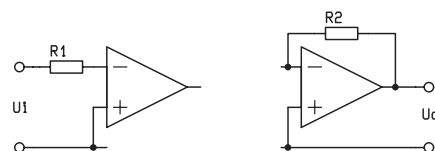
$$A = U_o / U_i$$

$$A = (R1 + R2) / R1 \text{ a po úpravě}$$

$$A = 1 + R2 / R1$$

Invertující zesilovač

Jeho základní zapojení je na obrázku 3a, b. Na invertující vstup se přivádí vstupní napětí U_i , na výstupu je výstupní napětí U_o . Kdyby nebyla zapojená



Obr. 2 – Vstupní napětí je vpodstatě napětí na rezistoru R1

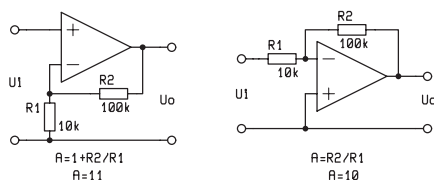
Obr. 3 – Výstupní napětí je vpodstatě napětí na rezistoru R2

zpětná vazba z výstupu na vstup, bylo by zesílení vlastního operačního zesilovače.... to je stejné jako u neinvertujícího zesilovače. Rozdíl je v zapojení rezistorů R1 a R2. Vstupní napětí se na – vstup (2) přivádí přes rezistor R1 a tentýž vstup je přivedená zpětná vazba rezistorem R2 z výstupu.

Zesílení tohoto zesilovače A vypočteme opět jako podíl výstupního napětí U_o a vstupního napětí U_i . Když si představíme, jakože mezi vstupy není žádný rozdíl napětí, dá se říci, že co je na dvoje, je i na troje. A tak můžeme říci, že na rezistoru R2 je výstupní napětí. Stejně tak si představíme, že vstupní napětí je na rezistoru R1. Takže zde je zesílení dané poměrem rezistorů R1 a R2. Viz obr. 4a, b.

$$A = U_o / U_i$$

$$A = R2 / R1$$



**Obr. 4 – Ilustrace k výpočtu zesílení
a) neinvertujícího, b) invertujícího
zesilovače**

To je skoro stejné, jako u neinvertujícího zesilovače.

Příklad: Aby se nám dobře počítalo, zvolíme si $R1=1k$, $R2=100k$.

Neinvertující zesilovač:

$$A = 1 + 100/1$$

$$A = 1 + 100$$

$$A = 101$$

Invertující zesilovač:

$$A = 100/1$$

$$A = 100$$

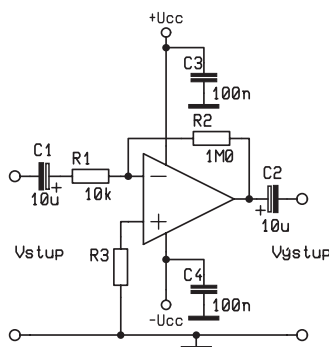
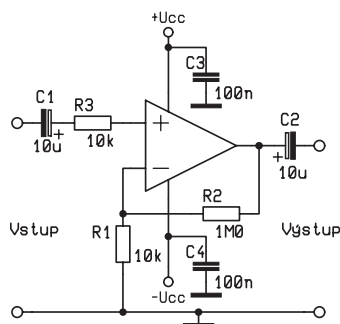
Proč se tedy používají tato různá zapojení, když se zdá, že kromě toho, že invertující obrací fázi signálu, mají stejné zesílení? A to jestli je výstupní napětí ve fázi se vstupním stejně nepoznám, neuslyším to a kdybych to nevěděl, ani bych netušil, že to existuje.

Ideální operační zesilovač by měl mít tyto vlastnosti:

- velkánkové napěťové zesílení (asi 100 000)
- velký vstupní odpor (megaohmy)
- malý výstupní odpor (ohmy)
- symetrické napájení
- rozkmit výstupního napětí skoro až do velikosti napájecího napětí.

Neinvertující zesilovač má opravdu velký vstupní odpor a tak předchází obvod nijak nezatěžuje.

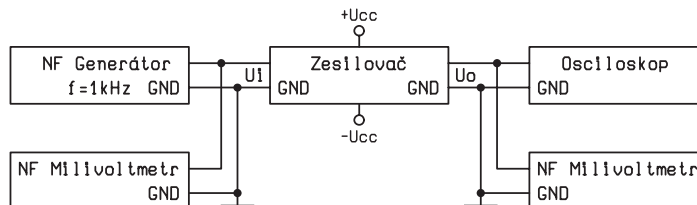
Invertující zesilovač má vstupní napětí přivedené na vstup přes rezistor $R1$. Vstupní odpor tohoto zapojení zesilovače je tak velký, jako hodnota rezistoru $R1$. V uvedeném příkladu byla hodnota rezistoru $R1$ 1 kilohm. V různých zapojeních v časopisech vidáte prakticky používanou hodnotu například 10k. V některých aplikacích zapotřebí co největší vstupní impedance v řádu megaohmů a v jiných je zapotřebí nebo stačí impedance menší v řádech kilohmů.



Obr. 5 – Skutečné zapojení a) neinvertujícího, b) invertujícího zesilovače

Měření zesílení

Pro měření zesílení použijeme zapojení doplněné o napájení, blokovací kondenzátory 100nF na přívozech napájení, co nejbližší k IO. Místo stejnosměrného napětí použijeme střídavé napětí z nízkofrekvenčního generátoru a tak zapojení doplníme oddělovacími kondenzátory $C1$ a $C2$ na vstupu a výstupu. Zvolíme rezistory s hodnotami například $R1=10k$ a $R2=1M$, ty potom určují zesílení. Zapojení měřícího pracoviště je na obrázku 4. Na vstup zesilovače zapojíme nízkofrekvenční generátor a na výstup zapojíme nízkofrekvenční milivoltmetr stejně, jako při měření zesilovače v 30. a 31. části Malé školy. Teoreticky by zesílení neinvertujícího zesilovače mělo být 101 a invertujícího 100 a podle toho zvolíme vstupní napětí.



Praktická realizace zesilovače

Při praktické realizaci zesilovače je třeba doplnit ještě rezistor $R3$, který je třeba pro vyvážení obvodu, připojit napájení, které pro přehlednost při výkladu principu zesílení nebylo zakresleno a také je třeba doplnit blokování přívodů napájení kondenzátory 100 nF co nejbližší k integrovanému obvodu. Viz obr. 5a, b.

Postup:

Napájecí napětí zvolíme například $\pm 9V$ ze dvou 9V baterií, nebo symetrický zdroj asi do 15V.

Aby se nám dobře počítalo, zvolíme vstupní napětí například 10mV, takže při zesílení 100 by výstupní napětí mělo být stokrát větší, tedy 1000mV, což je 1 V. Na generátoru tedy nastavíme výstupní napětí 10 mV.

Na generátoru nastavíme kmitočet například 1 kHz.

Na výstup zesilovače připojíme nízkofrekvenční milivoltmetr, přepnutý na nejvyšší rozsah.

Zkontrolujeme celé zapojení a potom zapneme napájení.

Nízkofrekvenční milivoltmetr přepneme na rozsah, kde bude možno dobře přečíst velikost výstupního napětí.

Totéž měření provedeme s invertujícím zesilovačem i s neinvertujícím zesilovačem. Naměřené hodnoty porovnáme s vypočtenými.

Další varianty

- Některé generátory nemají měřidlo výstupního napětí, nebo není cejkované. A i když generátor má měřidlo výstupního napětí (výstupní úroveň), je vhodné si toto napětí změřit. Prostě si

nízkofrekvenční milivoltmetr zapojíte nejdříve na vstup zesilovače, nastavíte a změříte si vstupní napětí a potom ho odpojíte a připojíte na výstup a změříte výstupní napětí.

- Nemusíte měřit se vstupním napětím 10mV. Při zesílení 101 by na rozsahu 1V šla ručka už trochu za okraj stupnice a na rozsahu 10V by byla teprve v desetiné stupnice a hodnota by se nedala dost přesně přečíst. Proto můžete použít napětí například 8 mV a na výstupu by mělo být 800 mV nebo 808 mV.

- Můžete si zkusit nastavit i jiné zesílení, zvolíte si například rezistory $R1=10k$ a $R2=100k$. Zesílení by mělo být 10 případně 11. Viz obr. 4a, b. Vstupní napětí můžete nastavit větší, například 80 mV.

- Můžete zkusit měřit i na jiných kmitočtech, 1 kHz jsme zvolili protože je zhruba uprostřed slyšitelného pásma, používá se jako referenční (vztažný) kmitočet u různých nízkofrekvenčních měření.

- Totéž měření by bylo možno provést i se stejnosměrným napětím, ale protože běžným multimetrem nemůžete měřit stejnosměrné napětí v milivoltech, použijete vstupní napětí například 0,5 V a při desetinásobném zesílení by výstupní napětí mělo být 5 V, respektive 5,5 V. Zapojení stejnosměrného zesilovače (viz Rádio plus 1/2001) na rozdíl od střídavého nemá vazební kondenzátory a na vstup se přivádí přímo stejnosměrné napětí.

• Pokud nemáte žádný měřicí přístroj, zkuste si zapojení nvertujícího i neinvertujícího zesilovače doplnit o mikrofon a koncový zesilovač, jako v pokusném zapojení v minulém čísle Malé školy.

Vysvětlivky

U_I	– vstupní napětí (input)
U_O	– výstupní napětí (output)
U_{CC}	– napájecí napětí
I_{CC}	– napájecí proud
U_{OPP}	– výstupní napětí mezivrcholové (peak-to-peak = špička-špička)
U_{ID}	– napěťová nesymetrie vstupů

A_u	– napěťové zesílení
R_{vst}	– vstupní odpor
$R_{výst}$	– výstupní odpor

Ukázky katalogových hodnot 741

U_{CC}	– napájecí napětí	± 3 až ± 22 V
I_{CC}	– napájecí proud	1,3 mA
U_I	– vstupní napětí max.	± 15 V
U_O	– výstupní napětí max.	± 20 V
U_{IO}	– napěťová nesymetrie vstupů	1,5 mV
A_u	– napěťové zesílení	150 000
R_{vst}	– vstupní odpor	3 M Ω

Literatura:

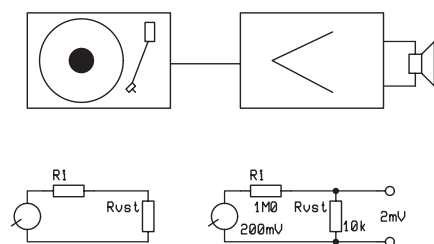
- Pro ilustraci, jak dlouho se již OZ používají, je uvedena i literatura 30 let stará.
- [1] Malina, V.: Poznáváme elektroniku III, Kopp, České Budějovice, 1999
 - [2] Sluka, Z.: AR6-10/1973, Zapojení s OZ
 - [3] Ručka, Arendáš AR 11/1972 str. 429-430
 - [4] Rádio plus KTE 6/1999
 - [5] Rádio plus KTE 7/1999
 - [6] Radiový konstruktér 6/1970 str.30-41
 - [7] Analogové integrované obvody, Sv. A, TESLA Rožnov, 1987

Vstupní impedance zesilovače

klíčová slova: vstupní impedance, impedanční přizpůsobení, zesilovač, emitorový sledovač, operační zesilovač

U operačního zesilovače se používají dva druhy zapojení - invertující a neinvertující. Liší se mimo jiné i vstupní impedancí. Tato vlastnost se zdá docela nedůležitá do okamžiku, kdy se projeví. učebnicích a literatuře najdete naprosto exaktní výklad i s výpočty, my to pro účely naší Malé školy praktické elektroniky opět vezmeme zjednodušeně a prakticky.

Zcela konkrétně: z nostalgie si chcete přehrát stará dobrá „elpička“ - tedy černé gramofonové desky. Když máte gramofonové desky, máte někde i odložený gramofon. Co zvládla stará technika, zvládne i nová. Při připojení gramofonu s krystalovou přenoskou ke vstupu vašeho moderního výkonného zesilovače slyšíte cosi velmi slabého. Ihned to svedete na staré desky, starý gramofon, staré nevímco, ale když oprášíte i starší zesilovač, budete překvapeni, ono to funguje. Tento zesilovač má totiž i vstup pro krystalovou přenosku, která sice dává na výstupu napětí asi 200 mV, ale má veliký vnitřní odpor, přesněji řečeno impedanci, a tak se musí připojit ke vstupu zesilovače, který má také velkou impedanci. Tomu se říká impedanční přizpůsobení, což už znáte z vf techniky, kde se například kabel od antény 75 Ω připojuje do vstupu přijímače s impedancí 75 Ω .



Obr. 1 – Připojení gramofonu zesilovači

Dělič napětí

Pro ilustraci si představíme gramofonovou přenosku připojenou na vstup zesilovače. Viz obr. 1. Na první pohled vidíme pouze přenosku, kabel a zesilovač. Přenoska má svůj vnitřní odpor R_i a zesilovač R_{vst} . Při připojení přenosky k zesilovači vznikne dělič napětí, který jsme probírali už několikrát, a tak víme, že napětí na tomto děliči jsou v poměru příslušných odporů. Pro představu, aby se nám to lépe počítalo, si řekneme, že vnitřní odpor přenosky je 1 M Ω vstupní odpor zesilovače 10 k Ω .

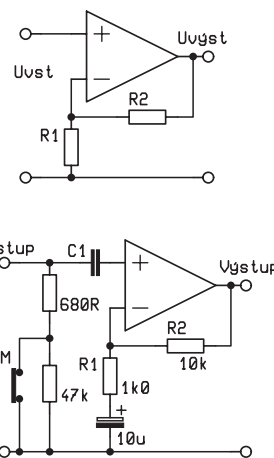
Už na první pohled je vidět, že při poměru 1000 k Ω ku 10 k Ω bude na výstupu tohoto děliče napětí asi 100 krát menší. Takže když na výstupu nezátížená přenoska bude výstupní napětí například 200 mV, bude na vstupu zesilovače s vnitřním odporem 10 k Ω napětí 100 x menší, tedy jenom 2 mV. Kdyby vstupní odpor zesilovače byl stejně velký jako výstupní odpor přenosky, kleslo by napětí právě na polovinu.

Vnitřní odpor nebo impedance?

Zjednodušeně řečeno je vnitřní odpor odpor kladený stejnosměrnému proudu, nebo odpor kladený střídavému proudu, tedy i nízkofrekvenčnímu signálu, reálným odporem. Jestliže se jedná o odpor kladný střídavému proudu obecně, říkáme mu impedance. Také se uvádí v ohmech, ale při různých kmitočtech může být různá. To jsme si ukazovali na příkladu výhybek u reproduktorů, tvořených tlumivkou nebo kondenzátorem.

Vnitřní odpor, či spíše impedanci gramofonové přenosky nebo mikrofonu, magnetofonové hlavy, výstupní napětí a impedanci zvukové karty PC, výstupu pro nahrávání z TV apod., najdeme v katalogovém listu nebo technických údajích k výrobku. Například magnetodynamická přenoska má impedanci

61. díl



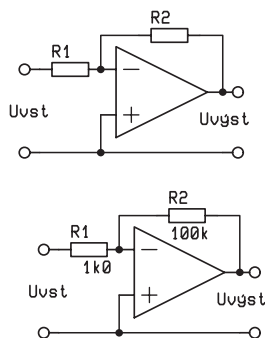
Obr. 2 – Neinvertující zesilovač

47 k Ω . Pro dynamický mikrofon se někdy uvádí impedance 600 Ω , tak zvaný vysokoimpedanční vstup takřka nekonečný, ve skutečnosti v řádech M Ω (viz katalogy). Například v neinvertujícím zapojení operačního zesilovače na obrázku 2. A máme zesilovač s vysokoimpedančním vstupem.

Vstupní odpor obvodů s operačními zesilovači

Pro jednoduchost budeme uvažovat operační zesilovače ve stejnosměrných obvodech a budeme používat pojem odpor. Svou povahou má ideální operační zesilovač vstupní odpor takřka nekonečný, ve skutečnosti v řádech M Ω (viz katalogy). Například v neinvertujícím zapojení operačního zesilovače na obrázku 2. A máme zesilovač s vysokoimpedančním vstupem.

Jestliže chceme neinvertující zesilovač s menším vstupním odporem, stačí ke vstupu připojit paralelně rezistor s požadovanou hodnotou. Výsledný vstupní odpor je dán paralelní kombinací vstupního odporu a odporu tohoto rezistoru. Počítáme podle známého vzorečku $R = R_{vst} \cdot R_p / (R_{vst} + R_p)$. Jestliže je odpor tohoto rezistoru značně menší než vstupní odpor operačního zesilovače, je výsledný vstupní odpor určen prakticky velikostí přidaného rezistoru. Například v zapojení předzesi-



Obr. 3 – Invertující zesilovač

lovače [viz 6] se vstupní impedancí 47 k Ω nebo 600 Ω je paralelně k neinvertujícímu vstupu připojen rezistor s odporem 47 k Ω , nebo 600 Ω .

Takže teď už víme, jak se realizuje neinvertující zesilovač s různým vstupním odporem. Tento odpor se při výpočtu zesílení neuplatňuje, je součástí vstupního děliče daného vnitřním odporem zdroje signálu a takto realizovaným vstupním odporem zesilovače. Zesílení je určeno poměrem odporů R1 a R2, jak jsme probrali minule.

V invertujícím zapojení operačního zesilovače na obrázku 3 je na neinvertujícím vstupu zem a na invertujícím vstupu je takzvaná „virtuální zem“. Slovo *virtuální* znáte z počítačových napodobení skutečnosti blížících se realitě. Virtuální zem tedy znamená, že tento vstup není přímo uzemněn, ale chová se, jako kdyby byl uzemněn.

Takže mezi vstupem a touto virtuální zemí leží odpor R1. Vstupní odpor tohoto zesilovače je tedy právě tak velký, jak velký je odpor R1. Můžeme napsat, že $R_{vst} = R1$. Tento odpor se ale uplatňuje v zesílení stupně. Takže R2 musí být tolikrát větší než R1, kolikrát musí zesilovač zesilovat. Jestliže je R1 například 1 k Ω a chceme, aby zesilovač zesiloval stokrát, bude R2 stokrát větší, tedy 100 k Ω .

Takto byl realizován předzesilovač se dvěma vstupy - vysokoimpedančním se vstupní impedancí 100 k Ω a nízkoimpedančním s impedancí 4,7 k Ω . Zcela jednoduše. Vstupní impedance je v podstatě určena rezistorem R1 a rezistor R2 je zvolen tak, aby bylo nastaveno požadované zesílení. Jestliže má být zesílení 100, je R2 stokrát větší, tedy k $R1 = 4,7$ k Ω je $R2 = 470$ k Ω a k $R1 = 100$ k Ω je $R2 = 10$ M Ω . Zde vidíme, že nelze jít až do krajnosti, protože velké odpory se těžko realizují. Nejenomže se běžně prodávají rezistory s odporem asi do 1M, ve specializovaných obchodech až asi do 10M, ale je třeba také počítat s odporem izolace - tedy izolačním odporem použité desky plošných spojů, povrchovém znečištění prachem, zvláště vodivým prachem, vlhkostí a dalšími vlivy.

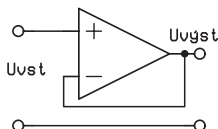
Napěťový sledovač

V literatuře také nacházíte zvláštní zapojení operačního zesilovače, které vypadá, jako když se štěně otáčí dozadu kouše do ocasu (viz obr. 4). Tomuto zapojení se říká napěťový sledovač a má tyto podstatné vlastnosti:

- nezesiluje - zesílení je 1
- velký vstupní odpor - ideálně by měl být nekonečný
- maličký výstupní odpor - ideálně by měl být nulový.

Používá se právě pro svůj veliký vstupní odpor jako oddělovací „zesilovač“, aby nezatěžoval předchozí obvod. Tedy buď jako vstupní obvod předzesilovače, který má mít co největší vstupní odpor, nebo jako výstupní obvod zařízení, které nemá být zatěžováno dalším obvodem.

Slovo *sledovač* najdete v literatuře například jako sledovač signálu. To je pomocný zesilovač, kterým je možno hledat závadu v zesilovači nebo AM přijímači tak, že se sleduje, kam až prochází signál. Od vstupu po jednotlivých krocích směrem k výstupu. Tam, kde se signál ztrácí, se hledá závada. Základní vlastností tohoto sledovače je, že zkoušený obvod vůbec nezatěžuje, jenom, jako když se lehce posadí motýl, snímá signál a dále ho zesiluje. Má velký vlastní vnitřní odpor, správně řečeno velkou vstupní impedanci. Jako sledovač signálu k opravám nízkofrekvenčních zesilovačů můžete použít jakýkoliv nf zesilovač s velkou vstupní impedancí. Nebo k běžnému zesilovači přidáte na vstup obvod, kterému se říká sledovač.



Obr. 4 – Sledovač

Ve verzi s tranzistorem se nazývá **emitorový sledovač** (v době elektronek to byl katodový sledovač). Obvyklý nf zesilovač bývá v zapojení se společným emitorem - emitor je spojen se zemí, zatěžovací pracovní odpor je v kolektoru. Tranzistor zesiluje, jeho vstupní odpor je v řádu kiloohmů.

Emitorový sledovač (viz obr. 5) má pracovní odpor zapojený v emitoru, kolektor je připojený přímo na napájení, je to zapojení se společným kolektorem. V literatuře se uvádí, že jeho vstupní odpor je zhruba násobek zesilovacího činitele tranzistoru β krát odpor v emitoru. K tomu je třeba uvážit i vliv předpětového odporu v bázi. Teoreticky má emitorový sledovač s odporem v emitoru 1 k Ω zesilovacím činitelem 300 vstupní odpor zhruba 300 k Ω .

Vstupní odpor běžných zesilovačů

Vnitřní odpor u některých obvodů můžeme odhadnout, například odpor potenciometru zapojeného na vstupu zesilovače můžeme pro jednoduchost považovat za vstupní odpor zesilovače. Samozřejmě je třeba uvažovat i paralelně připojený vnitřní odpor zesilovače, který není vidět, není na něm napsaná žádná hodnota a dokonce je i při různých kmitočtech jiný. Vypadá to jako zamotané klubko, ale vezmeme to zkrátka.

Měření vstupní impedance

K měření budeme potřebovat nízko-frekvenční generátor, nízko-frekvenční milivoltmetr, obyčejný lineární potenciometr a ohmmetr, například v multimetru. Zapojení je na obrázku 6.

Předpokládáme, že nízko-frekvenční generátor má vlastní vnitřní odpor velmi malý, pro jednoduchost uvažujeme nulový.

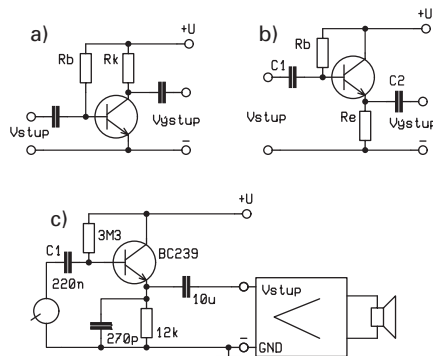
a) Na výstupu generátoru nastavíme kmitočet například 1 kHz a nějaké napětí, například 100 mV. Změříme ho nízko-frekvenčním milivoltmetrem.

b) Generátor připojíme na vstup měřeného objektu. Nízko-frekvenční milivoltmetr připojíme na tento vstup.

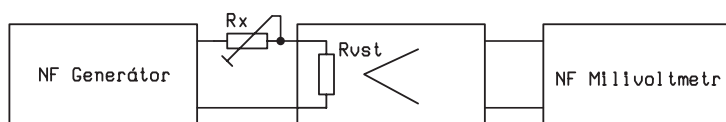
c) A nyní mezi generátor a vstup objektu připojíme potenciometr a postupně zvyšujeme jeho odpor tak, až napětí na vstupu klesne na polovinu. To znamená, že na vstupu měřeného objektu je polovina napětí a polovina je na odporu potenciometru. A logicky, odpor potenciometru se rovná vstupní impedanci měřeného objektu.

d) Potenciometr odpojíme a změříme jeho odpor.

Takhle se to ale nedělá, protože ke vstupní impedanci zesilovače fakticky připojujete i vnitřní odpor měřicího přístroje, který může být podle typu řádově M Ω , nebo třeba jenom několik k Ω , což by měření znatelně ovlivnilo.



Obr. 5 – a) zesilovač se společným emitorem, b) zapojení se společným kolektorem – emitorový sledovač, c) zapojení emitorového sledovače na vstup zesilovače pro gramofon



Obr. 6 – Zapojení měřících přístrojů pro měření vstupní impedance

Postupujeme takto:

- Měřicí pracoviště zapojíme podle schématu.
- Na výstupu generátoru nastavíme kmitočet například 1 kHz.
- Na výstup zesilovače připojíme nízkofrekvenční milivoltmetr, nebo v nouzi voltmetr přepnutý na střídavý rozsah.
- Na výstupu generátoru nastavíme nějaké napětí, nemusí nás zajímat, jak je velké, teď čteme napětí na výstupu zesilovače, prostě na generátoru nastavíme takové napětí, aby na výstupu bylo napětí například 1V, nebo aby ručička ukazovala na konec stupnice, nebo prostě „nějaké“.
- Mezi generátor a vstup objektu připojíme potenciometr a postupně zvyšujeme jeho odpor tak, až měřené napětí klesne na polovinu. Prostě místo měření malého napětí na vstupu měříme větší na výstupu. Jak je velké, nám je jedno, sledujeme jeho pokles na polovinu.
- Potenciometr odpojíme a změříme jeho odpor. Odpor potenciometru je stejný jako vstupní impedance zesilovače.

Takže i když dovnitř zesilovače není vidět, projevila se jeho vlastnost - vstupní, nebo vnitřní impedance.

Pokus 1.

Měření vstupní impedance emitorového sledovače. Byl zvolen $R1 = 1M\Omega$

a $R2 = 1k\Omega$, použitý tranzistor měl zesilovací činitel h21e změřený multimetrem 530. Teoreticky by vstupní odpor měl být 530×1000 , tedy $530k\Omega$. Ve skutečnosti byl naměřena vstupní impedance $351k\Omega$. K vypočtené vstupní impedanci je třeba přidat vliv paralelně připojeného rezistoru $R1$. Počítáme $R_{vstupní} = \frac{530000 \times 1500000}{530000 + 1500000}$, což je $391k\Omega$. Pracně byste mohli počítat všechno možné, ale mnohem rychlejší je prostě provést měření. Během dvou minut bylo na napájecím kontaktním poli provedeno změřením i pro emitorový odpor $5k\Omega$, vyšlo $756k\Omega$ a při odporu $10k\Omega$ vyšlo $861k\Omega$. Bez dlouhého počítání a odhadování, jak dalece je výpočet přesný.

Pokus 2.

Zkuste si měření provést s vaším zesilovačem z předchozích pokusů, například s LM386 nebo s TDA2822M.

Nemáte měřící přístroje?

Jestliže nemáte nízkofrekvenční generátor, ani nízkofrekvenční milivoltmetr, můžete provést improvizované měření i s voltmetrem přepojeným na střídavé rozsahy, například v multimetru. Využijeme toho, že na výstupu zesilovače je větší napětí, které můžete změřit i vaším

multimetrem. Zkuste si změřit vstupní impedanci například vašeho zesilovače s LM386.

- Na vstup připojte signál ze sluchátkového výstupu walkmana a na výstup zesilovače připojte voltmetr. I když výstupní napětí kolísá, odhadnete jeho střední velikost.
- Do vstupu vřadte potenciometr a zvětšujte jeho odpor tak, až velikost výstupního napětí klesne na polovinu předcházejícího.
- Potenciometr odpojte a změřte jeho odpor. Pokud je značně větší než vnitřní odpor sluchátkového výstupu walkmana (řádově jenom ohmy), je velikost odporu stejná jako velikost vstupní impedance zesilovače.

Literatura:

- [1] Punčochář, J.: Operační zesilovače v elektronice, BEN, Praha 1999
- [2] Punčochář, J.: Operační zesilovače, Amatérské rádio řada B 4/1993
- [3] Everyday Practical Electronics, Dec., 2001, str. 844-846
- [4] Belza, J.: Zapojení s operačními zesilovači, A Radio konstrukční elektronika 3/1996
- [5] Wait, J. V., Huelsman, Mc Graw Hill, Inc., J. P., Korn, G. A.: Introduction to Operational Amplifiers Theory and Application, 1999
- [6] Dietmeier, U., Vzorci pro elektroniku, BEN, Praha 1999
- [7] Praktická elektronika A Radio 4/1997, str. 16-17
- [8] Praktická elektronika C – stavebnice a konstrukce 6/2001, str. 25

Lineární ohmmetr

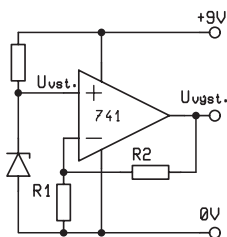
klíčová slova: lineární ohmmetr, operační zesilovač, ručkové měřidlo, referenční zdroj

Zajímavou aplikací operačního zesilovače je lineární ohmmetr. Klasický přímoukazující ohmmetr s ručkovým měřidlem má stupnici nelineární, která má na pravém okraji stupnice nulu ohmů a směrem k levému okraji se zhušťuje, takže nejpřesněji se hodnota odporu čte zhruba k prostředku stupnice. Ohmmetry v univerzálních měřících přístrojích mí-

vají obvykle několik rozsahů, nebo alespoň dva rozsahy pro „malé“ a „velké“ odpory. Digitální multimetry měří odpory s přesností na několik platných číslic, což pro běžnou praxi zcela stačí. Nyní se soustředíme na použití operačního zesilovače. Podobný princip, který si probereme je možno použít pro přímoukazující měřič kapacity, měřič intenzity osvětlení atd. Hlavní výhodou je lineární stupnice, tedy běžná původní stupnice ručkového měřidla, nebo stupnice, kterou si můžete dostatečně přesně narýsovat sami.

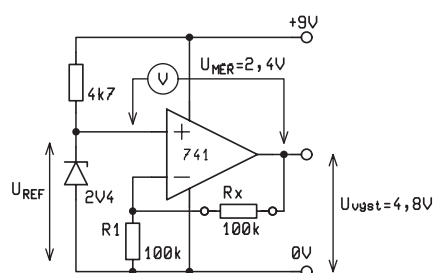
Lineární ohmmetr je v literatuře popisován již od začátku uvedených operačních zesilovačů v integrovaných obvodech na trh. Základem je stejnosměrný zesilovač, jehož poměr výstupního napětí ku vstupnímu je určen poměrem odporů.

Abychom mohli vyjádřit hodnotu neznámého rezistoru R_x , potřebujeme znát přesnou hodnotu odporu druhého rezistoru a vstupní napětí U_{vst} . Změříme vý-



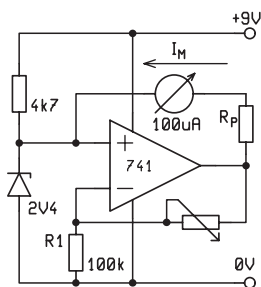
Obr. 1a – Základní zapojení neinvertujícího zesilovače

62. díl



Obr. 1b – Měření napětí na vstupu, na výstupu a mezi výstupem a referenčním napětím

stupní napětí U_{vst} a z uvedeného vztahu můžeme vypočítat neznámý odpor, nebo zvolit takové hodnoty, aby se číselná hodnota dala na stupnici měřidla snadno přečíst. V principu je jedno, jestli neznámý odpor bude $R1$ ve vstupu nebo $R2$ ve zpětné vazbě z výstupu na vstup, nebo zda použijete invertující zesilovač nebo neinvertující. V literatuře najdete oba způsoby.



Obr. 2 – Místo voltmetru měříme napětí ručkovým měřidlem s předřadným rezistorem Rp. Neinvertující zesilovač

Na obrázku 1 je zjednodušené zapojení pro první praktické pokusy, ke kterým budeme pro oživení potřebovat multimetr, nebo alespoň dva rezistory se stejným odporem 100 kiloohmů. Na neinvertující vstup je přivedeno vstupní napětí. Chceme, aby bylo konstantní, neměnné, také česky říkáme vztažné, cizím slovem referenční, a proto se i v literatuře obvykle označuje U_{ref} . V tomto zapojení bude rezistor R1 mít známou hodnotu 100 kiloohmů a R2 bude neznámý, označíme ho Rx. Z předchozího výkladu víme, že poměr výstupního napětí ku vstupnímu je poměru rezistorů R1+R2 ku R1 a úpravami tohoto vztahu dojdeme ke vzorci

$$U_{výst} = U_{ref} \cdot (1 + R_x/R_1)$$

První pokus - měření napětí

Na vstup připojíme referenční zdroj napětí a oba rezistory zvolíme stejné, 100 kiloohmů. Změříme napětí na neinvertujícímu vstupu a poté na výstupu a poté uvažujeme. Zcela konkrétně. Na zenerově diodě bylo naměřeno napětí 2,4 V a na výstupu bylo naměřeno napětí 4,8 V, což je potvrzeno i teoreticky dosazením dosazení do vzorce, kde vychází, že

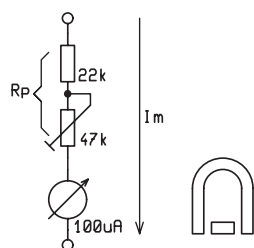
$$U_{výst} = U_{ref} \cdot (1 + 100/100)$$

$$U_{výst} = 2,4 \cdot (1 + 1)$$

$$U_{výst} = 2,4 \cdot 2$$

$$U_{výst} = 4,8 \text{ [V]}$$

To je napětí naměřené vůči společné zemi. Jestliže ale budeme měřit napětí vůči neinvertujícímu vstupu, bude výstupní napětí o referenční napětí menší, o tom se přesvědčíme změřením - voltmetr při-

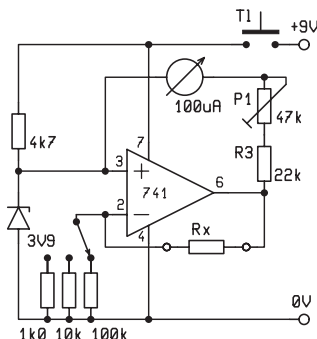


Obr. 3 – Předřadným odporem i měřidlem teče stejný proud I_m

pojíme mezi neinvertující vstup a výstup - u pokusného vzorku bylo naměřeno napětí 2,4V.

Druhý pokus - měníme Rx

Abychom viděli, že se napětí na výstupu opravdu mění podle velikosti odporu Rx, nahradíme ho trimrem 100 kiloohmů nebo lineárním potenciometrem 100 kiloohmů. Viz obr. 2. Na osičku nasadíme knoflík se značkou, nebo si na něj fixou nakreslíme tečku, abychom se alespoň hrubě orientovali, jak velký odpor jsme asi nastavili. A měříme výstupní napětí mezi výstupem a neinvertujícím vstupem. Při změně odporu na polovinu toto napětí opravdu kleslo na polovinu. Přesvědčíme se o tom. Máme dvě možnosti - buď odporem nastavit napětí na polovinu a pak odpojit napájení, potenciometr odpojit, nepohnout osičkou a změřit jeho odpor, nebo změřit jeho původní odpor při nastaveném výstupním napětí, potom nastavit poloviční odpor - změříme ho ohmmetrem v multimetru - a potom ho zapojíme do obvodu a změříme výstupní napětí. Pozor! Pokud používáte univerzální multimetr, nezapomeňte přepnout přepínač z měření odporů na měření napětí, jinak si ukrouťte hlavu divením, že neměříte to, co by se naměřit mělo. Zkušenější se možná ušklíbnou, ale jsme v praktické škole a toto je zkušenost z praxe.



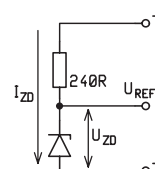
Obr. 4 – Zapojení přepínače rozsahů, po připojení Rx stiskneme tlačítko

Zkuste si potenciometr nastavit až na minimum, mělo by to být takřka k nule ohmů. Napětí na výstupu by mělo prakticky také klesnout až na nulu. Nebude to přesně nula, protože mezi vstupy je jakési malé rozdílové - offsetové - napětí, ale mělo by být prakticky zanedbatelné.

Závěr: výstupní napětí se mění podle velikosti odporu Rx. Jestliže Rx je nula, je výstupní napětí vzhledem k neinvertujícímu vstupu nulové, jestliže je velikost odporu Rx stejně velká, jako R1, vzroste toto napětí na hodnotu stejnou velkou, jako je U_{ref} .

Třetí pokus - maximální odpor

Stále jsme měli připojený „neznámý“ měřený odpor Rx. Teoreticky by při od-



Obr. 5 – Zenerovou diodou teče proud, na zenerově diodě je referenční napětí U_{ref}

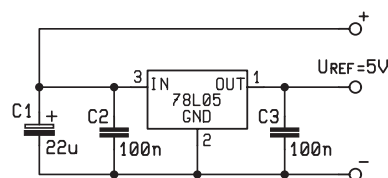
pojeném rezistoru Rx, tedy při hodnotě Rx=nekonečno také nekonečné výstupní napětí, ale to může být nejvýše jenom takové, jaké je napájecí napětí. Při použití 9V bylo výstupní napětí proti zemi asi 8,5V. Nebo proti referenčnímu vstupu o referenční napětí menší, v ukázkovém příkladu 8,5-2,4=6,1V. Tuto hodnotu budeme brát v úvahu, když není připojen žádný neznámý odpor.

Čtvrtý pokus - připojíme ručkové měřidlo

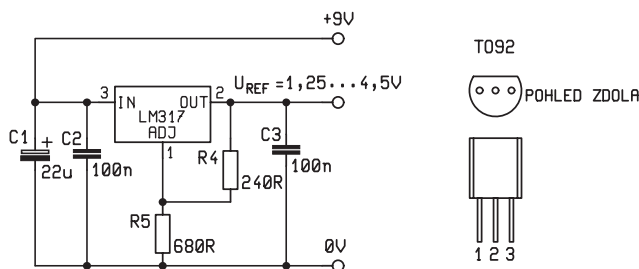
Můžeme změřit vstupní i výstupní napětí a z jejich poměru se znalostí hodnoty jednoho z rezistorů vypočítat druhý neznámý, ale to nám stále ještě nic neříká, a k rychlému přečtení hodnoty to má ještě daleko, přece nebudeme měřit s kalkulačkou v ruce.

V literatuře obvykle najdete schéma s ručkovým měřidlem, které právě nemáte. Ale ručková měřidla jsme probrali již v počátcích naší školičky a není pro nás problém udělat si předřadný odpor pro libovolné vhodné měřidlo. Zcela prakticky. Na měřidlo obvykle vidíme stupnici s počtem dílků a pokud ji nechcete přeskreslovat, můžete ji využít. Použijeme měřidlo magnetoelektrické (poznáme ho podle značky) s rozsahem například 100 mikroampér. Pokud máte jiné, například 40 mikroampér, 250 mikroampér, nebo 1 mA, prostě takové, jaké máte. Při použití měřidla 100 mikroampér využijeme stupnici tak, že si řekneme, že výchylka ručky na 100 dílků bude 100 kiloohmů. Nebo například na 64 dílků bude 64 kiloohmů a tak dále.

Úvaha: jestliže chceme, aby nám ručička při napětí na výstupu odpovídající neznámému odporu Rx ukazovala na konec stupnice, zvolíme takový předřadný odpor Rp, aby měřidlem tekla takový proud, aby ručička vychýlila na konec stupnice. Předběžně odpor odhadneme tak,



Obr. 6 – Referenční napětí 5 V získané stabilizátorem 78L03



Obr. 7 – Referenční napětí lze nastavit podle potřeby obvodem LM317L

že výstupní napětí dělím proudem měřidla I_m , zde

$$R_p = (U_{\text{výst}} - U_{\text{ref}}) / I_m$$

V našem případě to je

$$R_p = (4,8 - 2,4) / 0,0001$$

$$R_p = 24000 \text{ ohmů}$$

To je celkový odpor složený z vnitřního odporu měřidla a předřadného odporu. Vnitřní odpor měřidla prakticky zjišťovat nemusí, prostě použije trimr s větší hodnotou a po zapojení nastaví jeho hodnotu tak, aby ručka ukazovala na konec stupnice. Viz obr. 3. A máme jednoduchý ohmmetr. Trimrem nebo potenciometrem použitého místo R_x můžete měnit jeho odpor a sledovat výchylku ručičky na stupnici. Nastavenou hodnotu můžete podle předchozího postupu zkontrolovat. Když vám ručička ukáže na 22 dílků, bude výchylka odpovídat neznámému odporu 22 kiloohmů, a tak dále a dále.

Pátý pokus – měříme rezistory

Místo nastavitelného neznámého odporu můžete připojit nějaký váš rezistor. Zatím zvolte nějaké s hodnotami od 10 kiloohmů do 100 kiloohmů. Když hodnota bude menší, bude i výchylka menší. Například rezistor 5 kiloohmů způsobí výchylku jenom 5 dílků. Naopak u rezistoru většího než 100 kiloohmů půjde ručička „za roh“ stupnice. A při když nebude připojen žádný rezistor, ručka vyletí až na doraz za konec stupnice a je nebezpečí že si buď nárazem mechanicky ulomí – bývají skleněné, nebo že se přepálí cívka systému měřidla. To se řeší několika způsoby, například přepínačem rozsahů, kdy místo jednoho rezistoru R_1 použijeme několik vždy s násobkem deseti, někdy se říká že to jsou dekádové odpory. Například 1k, 10k, 100k, 1M. A máme rozsahy pro měření odporů do 1 kiloohmu, 10 kiloohmů, 100 kiloohmů, 1 megaohmu a podobně. Viz obr. 4.

Nežádoucím vyletění ručky zabráníme alespoň z části tím, že začínáme měřit od nejvyššího rozsahu a že místo vypínače napájení použijeme tlačítko, které stiskneme až když je neznámý měřený rezistor připojený. Viz obr. 4.

Šestý pokus – jiné měřidlo

Pokud máte jiné měřidlo, například se stupnicí do 500 dílků, můžete s použitím této stupnice měřit rezistory například do

500 kiloohmů. Kdybychom nechali původní dekádový rezistor R_1 100 kiloohmů, došli bychom při neznámém rezistoru 100 kiloohmů na 100 dílků.

Postup: připojíme toto měřidlo, měřený rezistor R_x 100 kiloohmů, dekádový rezistor R_1 100 kiloohmů a trimr předřadného odporu R_p nastavíme tak, aby ručka ukazovala na 100 dílků. Opravdu nám to do 100 kiloohmů měří tak jako u měřidla se stodílkovou stupnicí. Můžeme naměřit i větší rezistory, ale do 500 kiloohmů se nedostaneme, protože výstupní napětí by mělo pro pětikrát větší rezistor R_x než R_1 být také pětikrát větší než referenční napětí, ale jsme omezeni maximálním napětím na výstupu, jak jsem si změřil ve třetím pokusu. V tomto ukázkovém případě můžeme měřit nejvýše do asi 250 kiloohmů, při větším odporu už ručka výš nejde. Vida, i to je jedno řešení, jak udělat, aby ručka měřidla při odpojení měřeného rezistoru R_x nešla za roh stupnice.

Řešení: pro měřidlo se stupnicí do 500 dílků můžeme použít rezistor R_1 500 kiloohmů a můžeme měřit do 500 kiloohmů, nebo při dekádovém odporu 50 kiloohmů do 50 kiloohmů a tak dále. Obdobně například při stupnici do 250 dílků, 150 dílků, 40 dílků, nebo jakou vlastně použijete. Pokud si budete kreslit svou vlastní stupnici, nikdo netvrdí, že musí být do nějakého kulatého čísla. Jenom musí být lineární.

Sedmý pokus – referenční napětí

V úvodu byla použita referenční zdroj se zenerovou diodou, na které bylo na-

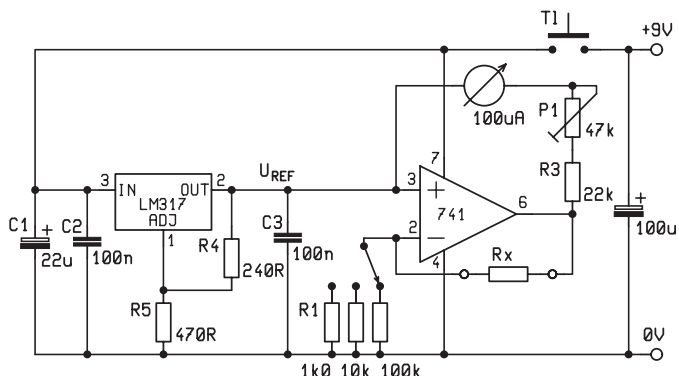
měřeno napětí 2,4V. Ale na ní bylo označení 3V9. Jak to? Pro toto zenerovo napětí by bylo třeba, aby zenerovou diodou tekla takový proud, aby na ní bylo napětí jaké je uvedeno v katalogu. Viz obr. 5. Zcela prakticky byl rezistor 4k7 nahrazen menším a menším, napětí sice bylo vyšší, při hodnotě 240 ohmů bylo napětí již 3,4V, ale zenerovou diodou již tekla proud asi 22 mA. Nevadí, jaké napětí máme, to máme, lze ho použít také, hlavně, že toto referenční napětí při zatížení neklesá, je stále stejné, neměnné. Jestliže je dekádový odpor R_1 100 kiloohmů a neznámý měřený odpor R_x také 100 kiloohmů, je výstupní napětí dvojnásobek referenčního napětí 3,4 krát 2 tedy 6,8V, což je stále menší než je maximální napětí omezené použitým napájecím napětím 9V baterie. Vyhovuje, jenom je opět zapotřebí upravit hodnotu předřadného odporu R_p měřidla, aby i při tomto referenčním napětí výchylka ručky odpovídala měřenému odporu.

Osmý pokus – 7805

Co když jako zdroj referenčního napětí místo zenerovy diody použijeme zdroj pevného napětí 7805? Ano, ale musíme dodržet několik předpokladů. Viz obr. 6. Předně je třeba vstup i výstup tohoto obvodu blokovat kondenzátory 100 nF, jak jsme již probírali v části o tomto obvodu [8]. Jestliže budeme chtít, aby ručička ukazovala na konec stupnice když hodnota dekádového odporu R_1 a měřeného odporu bude stejná, bude výstupní napětí dvojnásobek referenčního napětí, jak jsme si řekli již v úvodu. Takže 2 krát 5 je 10. To nám devítivoltová baterie neumožní, ale ohmmetr je možno napájet z jiného zdroje, například 12 V.

Devátý pokus – LM317

U LM317 si můžeme nastavit libovolné napětí od 1,25 V až do asi 30 V [viz 9]. Ideální. Při napájení z 9 V baterie si můžeme realizovat napětí například 4 V, dvojnásobek je 8 V, což je méně než 9 V. Viz obr. 7. A teď pro ty, kteří nemají



Obr. 8 – Celkové principiální zapojení lineárního ohmmetru

digitální multimetr, ani voltmetr, ani ohmmetr.

Obvod zapojíme podle schématu na obrázku 8. Rezistor R4 má podle katalogu mít hodnotu 240 ohmů, na něm je napětí 1,25 V. Když R5 v nastavovacím vstupu ADJ bude mít hodnotu 470 ohmů, bude výstupní napětí asi 3,7V, což lze ověřit výpočtem, to jsme již brali. R1 bude mít hodnotu 100 kiloohmů, místo neznámého rezistoru Rx připojíme rezistor s hodnotou také 100 kiloohmů, použijeme měřidlo 100 mikroampér. Stále nic neměříme, Trimr Rp nastavíme na maximální hodnotu a zapneme napájení. Ručička

ukazuje někam na stupnici. Trimr nastavíme tak, aby ručička ukazovala na konec stupnice, na 100 dílků. A je hotovo. Pokud použijeme přesné 1% rezistory, můžeme našemu ohmmetru věřit. Případně můžete použít přepínač a přepínat rozsahy 1k, 10k, 100k.

Toto není stavebnice ohmmetru, je to výklad s praktickými ukázkami, které budou pokračovat příště.

[1] Malina, Václav: Poznáváme elektroniku III, str. 126-133 Kopp, České Budějovice 1990

[2] Amatérské Rádio 7/1978 str. 250, Lineární ohmmetr

[3] Amatérské Rádio řada B 3/1997 str. 104 viz. Amatérské Rádio 11/1978 str. 428, Lineární ohmmetr

[4] Amatérské Rádio A4/1988 str. 136, Lineární ohmmetr

[5] Amatérské Rádio 4/1989 str. 130, Lineární ohmmetr

[6] Bell, I., Chesmore, D., Op. amps in Sensor Circuits, Everyday Practical Electronics, Dec. 2001, s. 844-845

[7] Punčochář, J.: Operační zesilovače v elektronice, BEN, Praha, 1999

[8] Rádio plus KTE 3/1998 str. 22-23 Zapojení se stabilizátory 7800

[9] Rádio plus KTE 4/1998 str. 28-29

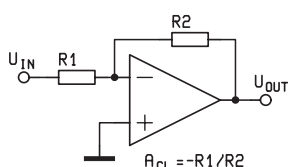
Jiná verze lineárního ohmmetru

klíčová slova: lineární ohmmetr, operační zesilovač, referenční zdroj, ručkové měřidlo

Základem je opět stejnosměrný zesilovač, jehož poměr výstupního napětí ku vstupnímu je určen poměrem odporů. Abychom mohli vyjádřit hodnotu neznámého odporu Rx, potřebujeme znát přesnou hodnotu odporu druhého rezistoru a vstupní napětí U_{vst}. Změříme výstupní napětí U_{vst} a z uvedeného vztahu můžeme vypočítat neznámý odpor, nebo zvolit takové hodnoty, aby se číselná hodnota dala na stupnici měřidla snadno přečíst. V principu je jedno, jestli neznámý odpor bude R1 ve vstupu nebo R2 ve zpětné vazbě z výstupu na vstup, nebo zda použijete invertující zesilovač nebo neinvertující. V literatuře najdete oba způsoby (viz obr. 1).

Invertující zesilovač

Na obr. 2 je zjednodušené zapojení pro první praktické pokusy, ke kterým budeme pro oživení potřebovat také multimetr a dva rezistory se stejným odporem 100 kΩ. K napájení použijeme dvě devítivoltové baterie, nebo symetrický zdroj napájení. Na invertující vstup je přivedeno známé konstantní, neměnné, česky vztažné, cizím slovem referenční napětí označené U_{ref} (viz [3], [4], [5]). V tomto zapojení bude rezistor R1 mít známou hodnotu 100 kΩ a R2 bude neznámý, označíme ho Rx. Z předchozího výkladu víme, že poměr výstupního napětí ku vstupnímu je poměru rezistorů R2 ku R1 a úpravami tohoto vztahu dojdeme ke vzorci

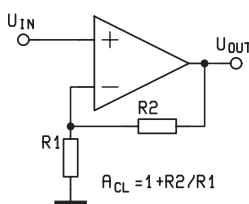


Obr. 1

$$U_{vst} = U_{ref} \times (R2/R1)$$

První pokus - měření napětí

Na vstup připojíme referenční zdroj napětí a oba rezistory zvolíme stejné, 100 kΩ. Změříme vstupní referenční napětí a napětí na výstupu a poté uvažujeme. Na referenčním zdroji z minulých pokusů s LM 317 nastavíme například napětí 4 V a změříme napětí na výstupu (viz obr. 3). Mělo by být stejné, tedy také 4 V (kdo má 7805, bude mít napětí 5 V).



Obr. 2

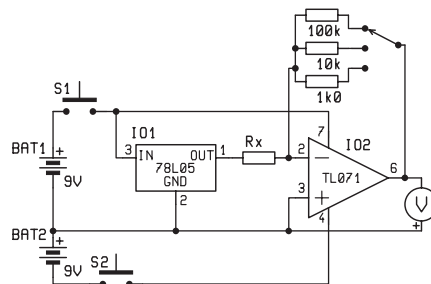
Druhý pokus - měníme Rx

Kdybychom Rx odpojili, byl by odpor „nekonečně velký“ a výstupní napětí by tedy také mohlo být „nekonečné“, ale zůstane omezené napájecím napětím, tedy menší než 9 V. Při pokusech tedy nejdříve připojíme rezistor a teprve potom připojíme napětí. To lze provést dvojitém vypínačem, nebo tlačítkem se dvěma páry kontaktů, nebo alespoň dvěma tlačítky poblíž sebe, aby je bylo možno stisknout současně. Nebo je pro pokusy možné použít proměnný odpor - buď laboratorní, nebo v běžné praxi lineární potenciometr nebo alespoň trimr. Budeme-li odpor zmenšovat, bude přímo úměrně klesat i výstupní napětí. Takže při zmenšení odporu na polovinu klesne také výstupní napětí na polovinu. Změna výstupního napětí je vzhledem ke změnám odporu lineární, což je výhodné pro konstrukci lineárního ohmmetru s ručkovým měřidlem.

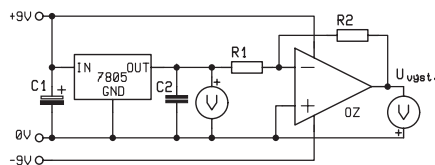
Třetí pokus - připojíme ručkové měřidlo

Ručkové měřidlo připojíme stejným způsobem jako v minulých částech Malé školy (viz. obr. 4). Pokud má měřidlo lineární stupnici, můžete ji využít. Máte-li například měřidlo se stupnicí do 100 μA sto dílků, je snadno přímo použitelné. Pokud máte měřidlo se stupnicí, která má 150 dílků (do 150 μA), není třeba stupnici překreslovat, prostě budete mít rozsah do 150. Podobně se můžete setkat s měřidlem se stupnicí, která má 40 dílků, 250 dílků, nebo jakoukoliv jinou.

Postup je prostý. Ponecháme R1 s hodnotou 100 kΩ, Rx zvolíme také 100 kΩ. Do série s měřícím přístrojem zapojíme předřadný odpor složený z rezistoru a trimru pro jemné nastavení. Trimr nastavíme tak, aby ručička ukazovala na 100 dílků. Pokud máme měřidlo, které má stupnici se 100 dílky, bude ukazovat na konec stupnice. Pokud máte měřidlo, které má stupnici do 150 dílků, bude ukazovat na 100 dílků. Přitom máte možnost měřit odpory až do 150 kΩ, takže kdybyste místo neznámého odporu Rx použili potenciometr například 250 kΩ, můžete jím pro vyzkoušení rozsahu měření nastavovat měřený odpor od nuly až do 150 kΩ. Pokud máte referenční napětí U_{ref} = 4 V, vystoupí výstupní napětí, až na 6 V, což je stále ještě menší, než je napájecí napětí. Ručička měřidla bude



Obr. 3



Obr. 4

na konci stupnice, na 150 dílcích, což značí, že „neznámý“ měřený odpor je 150 kΩ. Kdybyste tento odpor ještě zvětšovali, zvětšovalo by se by v poměru těchto odporů i výstupní napětí, ale ručička měřidla by již „šla za roh“ a měřidlo by se mohlo poškodit. Výstupní napětí by bylo:
 $U_{vyst} = U_{ref} \times (R2/R1)$
 $U_{vyst} = 4 \times 250\,000 / 100\,000$
 $U_{vyst} = 4 \times 2,5$
 $U_{vyst} = 10\text{ [V]}$

Protože napájecí napětí je 9 V, nemůže být výstupní napětí větší a tak by výstupní napětí bylo pro všechny vyšší odpory stejné a měření špatné.

Pravidlo:

Pro zvolený rozsah měření (zde do 100 kΩ) používáme obvykle normálový odpor (zde odpor R1 také 100 kΩ) stejně velký. Referenční napětí musí být menší, než napájecí napětí.

Pokud je zvolený rozsah měření větší než normálový odpor, musí být referenční napětí ve stejném poměru menší.

Máme-li například stupnici do 200 μA a tudíž chceme měřit odpory až do 200 kΩ, a normálový odpor je 100 kΩ, bude výstupní napětí dvojnásobně větší než referenční napětí.

Čtvrtý pokus - měníme referenční napětí

Zdrojů konstantního napětí je k dispozici víc, snadno lze použít integrovaný obvod 7805 s pevným výstupním napětím 5 V, 7806 s napětím 6 V, nebo jiný, nebo použít LM317 s výstupním napětím nastavitelným od 1,25 V až do 37 V, což jsme již probírali několikrát, zde použijeme napětí menší, než je napájecí napětí. Přitom uvažujeme, že se baterie vybíjejí, ale ještě při šesti voltech by zapojení mohlo stále pracovat, takže ho zvolíme do šesti voltů.

Pátý pokus - ručkové měřidlo

Použijeme ručkové měřidlo s magnetoelektrickým systémem, ve kterém se v magnetickém poli pootáčí cívka tím víc, čím větší proud cívku teče. Cívka je spojena s ručičkou, jejíž výchylku můžeme číst na stupnici. Na stupnici jsou vyznačeny dílky s číselným označením, aby se lépe počítaly. Jak velký proud vychýlí ručičku na konec stupnice je dáno konstrukcí měřidla. Stupnice je lineární. Použijeme-li měřidlo k měření napětí, může nám být úplně jedno, jak velký proud vychýlí ručičku na konec

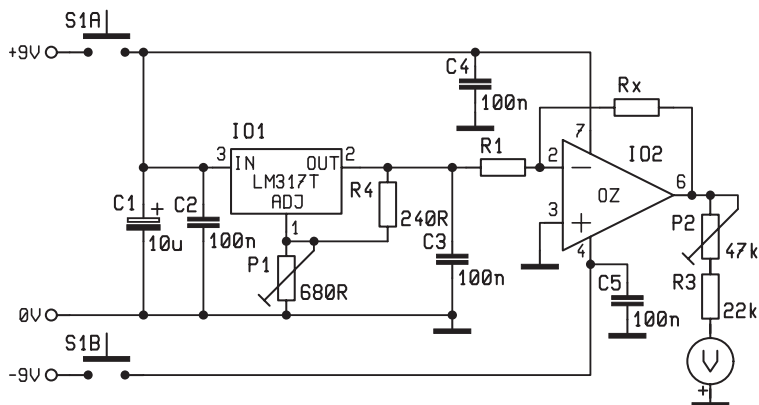
stupnice. Proud obvodem je určen velikostí napětí a celkovým odporem obvodu, který je tvořen vlastním vnitřním odporem měřidla, což je ohmický odpor drátku včetně přívodů, kterým je cívka navinutá a předřadným odporem. Pokud je v nějakém návodu [2] uveden měřící určitý přístroj, například 0–1 mA s vnitřním odporem $R_i = 100\ \Omega$, budete ho asi těžko shánět a zbytečně, když můžete použít jakýkoliv podobný od 40 μA až po asi 5 μA. Vnitřní odpor měřidla lze změřit digitálním ohmmetrem. Kdybyste k měření použili ručkový ohmmetr, který má vlastní měřící proud větší, než je měřící proud měřeného měřidla, vyletěla by jeho ručička „za roh“ a mohlo by se poškodit. Jenom pro ilustraci byl digitálními multimetry DT93A a APPA 98 změřen vnitřní odpor stejného typu měřidel

40 mikroampér	6,73 kiloohmu
100 mikroampér	4,46 kiloohmu
250 mikroampér	0,256 kiloohmu

Co z toho plyne? Že zde není žádná logická souvislost mezi rozsahem a vnitřním odporem, že ho sice lze změřit, ale nejjednodušší je prostě do série s měřícím přístrojem vřadit trimr a nastavit ho tak, aby měřená hodnota byla stejná jako na kontrolním přesném měřícím přístroji. Kdo má rád teorii, najde výpočty předřadných odporů i bočníků v učebnicích, ale jak vidno, jde to i prakticky.

Šestý pokus - změna rozsahů

Rozsah měření můžeme změnit změnou normálového odporu, zde R1 (viz. obr. 5). Aby se využila tatáž stupnice, používají se změny rozsahů po dekádách, tedy v násobcích deseti. Například 100 kΩ, 10 kΩ, 1 kΩ, atd. Pro přepínání lze použít třípolohový přepínač k knoflíkem se šipkou nebo značkou. Tyto rezistory vlastně určují přesnost měření a proto by měly být co nejpřesnější. Běžně se vyskytují 20 %, 10 %, ale stejně běžně můžete koupit i 1 % a tak je tedy použijeme.



Obr. 5

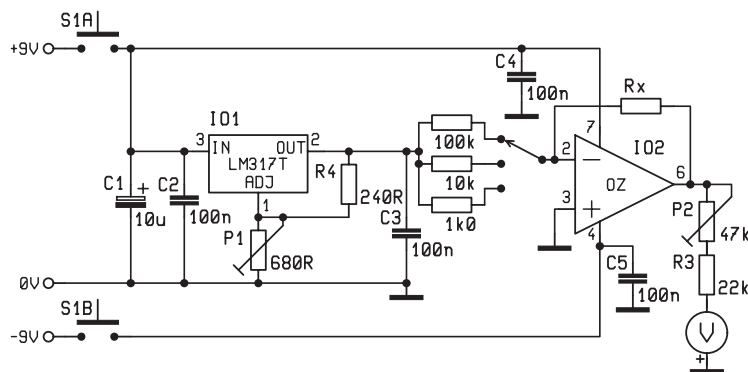
Sedmý pokus - odporové dekády

Při pokusném měření jsme místo rezistorů s neznámým odporem používali potenciometr, jehož odpor jsme po odpojení mohli změřit. Pro snadnější orientaci je lepší potenciometr přišroubovat na panel nebo do krabičky a na osu nasadit knoflík se šipkou, ryskou nebo alespoň značkou a pod knoflík si dokreslit stupnici, nebo alespoň značky. Ještě vhodnější je použít desetipolohový přepínač, kterým se přepínají jednotlivé rezistory, případně několik přepínačů - dekád. Ty najdete v laboratořích například s rozsahy 1x, 10x, 100x, 1000x, 10000x, každý rozsah s deseti polohami 0-1-2-3-4-5-6-7-8-9. Používají se v nich speciální bezindukční odpory ze speciálních slitin, které se nechávají stárnout, aby se jejich vlastnosti ani časem neměnily. Pro naše účely zcela postačí běžné rezistory běžné přepínače.

Praktická poznámka: když žáci začnou v laboratoři ze zvědavosti kroutit všemi knoflíky, které se dají otočit a cvakat vypínači a přepínači, koledují si o hromy a blesky, případně dvojku z chování. Ale před použitím odporové dekády je pravidlem, že se všemi přepínači několikrát otočí, aby se dotykové plochy kontaktních per a kolíků přepínačů dokonale očistily a přechodový odpor byl co nejmenší.

Osmý pokus - měření rezistor R1

Principiálně je také možné jako neznámý odpor uvažovat R1 ve vstupu OZ, v publikovaném zapojení [6] šlo také o principiální zapojení a ne o konečný výrobek. Pro jednoduchost bylo výstupní napětí měřeno voltmetrem. Především proto, že jednoduchý digitální voltmetr je skoro stejně drahý jako ručkové měřidlo a po pokusech může opět sloužit svému účelu. Zde je třeba dodržet, aby měřený rezistor měl odpor větší, než je odpor ve



Obr. 6

zpětné vazbě z výstupu na vstupu. Jako zdroj referenčního napětí 5 V je použit 7805 (viz. obr. 6). V ukázkovém příkladu byl použit rezistor R2 1 kΩ. Na výstupu bylo naměřeno výstupní napětí 0,153 V. Neznámý měřený odpor byl zjištěn výpočtem:

$$R1 / R2 = U1 / U2 \text{ a z toho}$$

$$R1 = R2 \cdot (U1 / U2) \text{ a po dosazení}$$

$$R1 = 1\,000 \cdot 5 / 0,153$$

$$R1 = 5000 / 0,153$$

$$R1 = 32680 \text{ } [\Omega]$$

Tento odpor by samozřejmě bylo možno naměřit použitým digitálním multimetrem, ale jedná se o ověření teorie a kdo

chce, může si obvod o ručkové měřidlo doplnit. U tohoto zapojení je třeba, aby měřený odpor byl větší, než normálový odpor, takže jestliže je normálový odpor 1k, můžeme měřit odpory větší než 1 kΩ. V tomto případě je při odpojení „neznámého“ odporu výstupní napětí nula, takže při použití ručkového měřidla by ručička byla v klidové poloze.

Trocha angličtiny

linear ohmmeter	- lineární ohmmetr
circuit	- obvod
circuit diagram	- schéma zapojení
dual 9 V supply	- dvojitý zdroj 9V

full scale	- plná výchylka na stupnici
known	- známý (rezistor)
unknown	- neznámý
test	- zkoušený
feed back	- zpětnovazební
op. amp	- operační zesilovač
precision	- přesný
pushbutton	- tlačítko
select range	- volba rozsahu měření
three pole switch	- třípólový přepínač
uncertainty	- nejistota (nepřesnost, chyba měření)

Literatura:

- [1] Punčochář, J.: Operační zesilovače v elektronice, BEN, Praha, 1999
- [2] Amatérské Rádio 7/1978 str. 250, Lineární ohmmetr
- [3] Funkschau 5/1979, str. 269
- [4] Sdělovací technika 6/1981 str. 240
- [5] Amatérské rádio B 3/1997 str. 104
- [6] Bishop, Owen; In-Circuit Ohmmeter, Everyday Practical Electronics, June 2001, str. 450
- [7] Bell, I., Chesmore, D., Op. amps in Sensor Circuits, Everyday Practical Electronics, Dec. 2001, s. 844-845
- [8] Katalog součástek GM electronics

Mikrofon

Klíčová slova: mikrofon, druhy mikrofonů, napájení

Oprava Malé školy v Rádiu plus KTE č. 1/2002. Na schématu zesilovače s mikrofonem jsou obráceně označené vstupy operačního zesilovače 2 a 3 a vynechaný kondenzátor před reproduktorem.

Mikrofon má stejnou schématickou značku (viz obr. 1) pro všechny druhy mikrofonů:

- a) uhlíkový
- b) dynamický
- c) elektretový
- d) kondenzátorový
- e) keramický

Principiálně se liší a při stavbě zařízení podle časopisu, knihy nebo jiné dokumentace je třeba dodržet uvedený druh. Ve většině dnešních schémat se vyskytují hlavně elektretové a dynamické. Zásadní rozdíl z hlediska jejich připojení je v napájení mikrofonu. Elektretový a kondenzátorový je třeba napájet, dynamický je sám zdrojem výstupního napětí i bez napájení.



Obr. 1 – Schématická značka mikrofonu je společná pro všechny druhy mikrofonů

Uhlíkový mikrofon

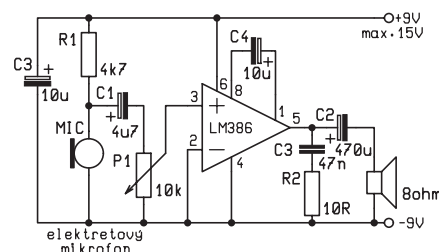
Je historicky nejpoužívanější druh mikrofonu. Používal se více než sto let v telefonech a dodnes mnohý amatér někde ve svých zásobách má tak zvané „mikrofonní vločky“. Uhlíkový mikrofon má jednoduchou konstrukci a napětí z mikrofonu je dostatečně velké, aby zvuk byl slyšet v telefonním sluchátku přiloženému k uchu i bez zesilovače. Konstrukce je velmi jednoduchá – v uzavřené kulaté plechové krabici je uhlíkový prach, který těsně přiléhá k membráně. Při hovoře proti mikrofonu se membrána rozechvívá a v jeho rytmu stlačuje uhlíková zrna. Tím se mění odpor kladený práškovým uhlíkem proudem tekoucím z baterie.

Uhlíkový mikrofon vyhovoval v klasické telefonii, kde se používá přenosové pásmo od 300 Hz do 3 400 Hz, což stačí pro srozumitelnost hovoru. Pokud někde ve svých zásobách tento mikrofon máte, lze ho při pokusech použít spíše pro snímání řeči nebo zvuků než pro snímání hudby.

Dynamický mikrofon

Dynamický mikrofon vynalezl na konci 20. let W. C. Wentz a A. C. Thuras v Bellových laboratořích a byl patentován v roce 1931 (viz. [2]). Má podobný

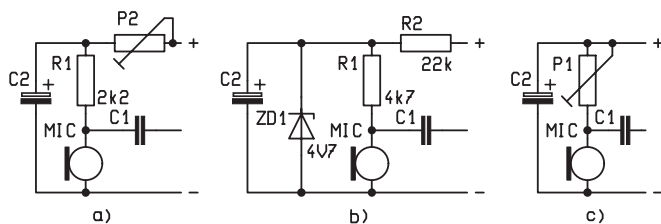
64. díl



Obr. 2 – Jednoduchý zesilovač se zesílením 200x

princip jako elektrodynamické sluchátko nebo reproduktor. Má v podstatě dvě podoby – s membránou spojenou s pohyblivou cívkou nebo s páskem v magnetickém poli. Změnami magnetického pole vzniká elektrické napětí na cívkě. To je učivo ze základní školy. Pro nás je podstatné, že tento druh mikrofonu je sám o sobě zdrojem střídavého napětí, které má kmitočet zvuku dopadajícího na membránu.

Tímto druhem mikrofonu lze snímat kmitočty (podle kvality) od desítek Hz po tisíce Hz (například od 50 Hz do 15 kHz) ve výborné kvalitě, nesrovnatelně s uhlíkovým mikrofonem. Napětí z tohoto druhu mikrofonu je v řádu milivoltů a v porovnání s uhlíkovým mikrofonem velmi slabé a proto se musí více zesílit. Dynamické mikrofony se prodávají v dnešních cenách od stovek korun do



Obr. 3 – Nastavení pracovního bodu mikrofonu a) trimrem, b) odporovým děličem, c) zenerovou diodou

tisíců. Ve druhé polovině minulého století se používaly jako běžné kvalitní mikrofony k ozvučování sálů nebo jako příslušenství magnetofonů.

Tento druh mikrofonu má podobně jako reproduktory malou impedanci, která se ještě transformátorem upravuje na 150 až 600 ohmů. (Ta šestistovka není náhoda, je to kouzelná hodnota v telefonii a příbuzných oborech podobně, jako je 75 ohmů v televizní technice).

Elektretový mikrofon

Znáte jako krátký kulatý kovový váleček s jemně mřížkovanou čelní ploškou, který vidáte v magnetofonech, miniaturních kamerách, v katalogu součástek a jinde a který je používán ve většině návodů pro dnešní amatérská zařízení tohoto typu. Jeho vznik se datuje až od roku 1962 vynalezli ho v Bellových laboratořích James West a Gerhard Sessler (viz [3]). Výhoda – je levný (v dnešních cenách od 20 do 150 korun), přenášené kmitočtové pásmo pokrývá běžný rozsah slyšitelnosti (tedy například od 50 Hz do 15 kHz – podle kvality), výstupní napětí je v řádu desítek milivoltů, není citlivý na zacházení jako dynamický nebo kondenzátorový mikrofon. Jeho zvláštností je nutnost napájení. V tomto mikrofonu bývá vestavěný tranzistor řízený polem, tak zvaný FET, což zvenku není vidět, ale bez tohoto napájení z mikrofonu žádný signál nevychází. Napájení je velmi jednoduché, přes rezistor s odporem asi od 2 do 10 kiloohmů. Některé mikrofony mají tři vývody – živý výstup signálu, napájecí vstup a společnou zem, jiné mají jenom dva vývody – jeden je zem a druhý je živý výstup signálu, společný s napájením. Signál se z mikrofonu vede na zesilovač přes kondenzátor, který stejnosměrné napětí nepustí do vstupu zesilovače, oddělí ho, říká se mu oddělovací kondenzátor.

Pokud tedy ve schématu zesilovače s mikrofonem najdete typické zapojení rezistoru připojeného na napájecí větve, je předpokládáno použití tohoto druhu mikrofonu. Pokud tento napájecí rezistor, nebo jiné napájení mikrofonu chybí, je zesilovač určen pro dynamický mikrofon.

Kondenzátorový mikrofon

je již od první poloviny minulého století chloubou špičkových nahrávacích studií. Vynalezl ho v roce 1916 E. C. Wente v Bellových laboratořích v USA. Také tento mikrofon potřebuje napájecí napětí. V tubusu mikrofonu byl zabudován elektronkový zesilovač, který byl napájen ze zvláštního napájecího zdroje, umístěného na zemi poblíž mikrofonu a do zesilovače se vedl již zesílený signál. Kvalitní mikrofony byly nesmírně drahé a zlepšení kvality i jen o malý stupeň znamenalo několikanásobné zvýšení ceny. V katalogích výrobců mikrofonů dnes najdete velmi drahé studiové mikrofony, i mikrofony za ceny přijatelné pro hudební skupiny. Všechny mají společnou nutnost použít zdroj tak zvaného „fantomového napájení“ tedy proud napájecího napětí k mikrofonu od zesilovače, nebo malou 9 V baterii umístěnou přímo v tělese mikrofonu. Velikost potřebného fantomového napětí bývá uvedena v katalogových listech. V některých katalogích nebo obchodech je pod názvem „kondenzátorový mikrofon“ nabízen elektretový mikrofon v cenách kolem sta korun. U obou těchto typů mikrofonů je třeba použít stejnosměrné napájecí napětí buď z vnitřní baterie v tělese mikrofonu, nebo ze zdroje v zesilovači, zvukové karty PC atd.

Keramický mikrofon

je další vyráběný druh. Například v katalogu Conrad jsou keramické mikrofony ve tvaru kulaté dírkované kapsle o průměru 25 nebo 32 mm s neobvyklou impedancí 200 nebo 230 kiloohmů a kmitočtovým rozsahem od 300 Hz, ale také i od 30 Hz nebo od 1 kHz do asi 10 až 15 kHz.

Krystalový mikrofon

vám svým názvem připomene krystalovou přenosku v gramofonu. I tento mikrofon byl často používán jako dostatečně kvalitní a levný mikrofon a tak se s ním můžete setkat i dnes. Pokud vám při pokusech nějaký mikrofon nebude fungovat, nezhazujte ho, postupem času třeba na jeho vlastnosti přijdete. Mezi sběrateli vojenských relikvií jsou i tak zvané „hrdelní mikrofony“ pro tan-

kisty nebo letce, kteří měli kolem krku pásek se dvěma mikrofony přitisknutými zpředu na krk, po stranách „ohryzku“. Mikrofon snímá přímo chvění na krku a je necitlivý na vnější hluk.

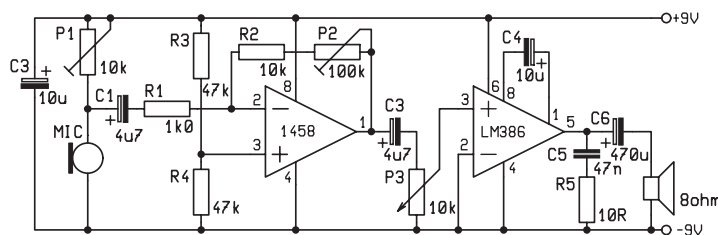
Zatím zcela pomíjíme vnitřní konstrukci mikrofonů, zaměříme se na jejich připojení k zesilovači.

1. pokus

Elektretový mikrofon máme z minulých pokusů, stejně jako jednoduchý zesilovač s LM386 (viz obr. 2). U tohoto zesilovače můžeme nastavit zesílení od 20 do 200. V zapojení se zesílením 20 je zesilovač vhodný pro zesílení signálu například z walkmana ale pro zesílení signálu z mikrofonu je to málo. Při připojení kondenzátoru C4 je nastaveno zesílení 200 a zesilovač lze použít i pro slabý signál z mikrofonu. Přesná měření se provádějí ve speciálních laboratořích, my dáme zatím jenom na vlastní dojem a jednoduché výpočty. Uvažujeme: LM386 poskytuje při plném vybuzení výkon 0,4 W do reproduktoru 8 ohmů. Výstupní napětí na reproduktoru již umíme vypočítat jako odmocninu ze součinnu výkonu a impedance reproduktoru, což je odmocnina ze 3,2 a to je asi 1,7 V. Jestliže zesilovač zesiluje 200 krát, stačí pro vybuzení na plný výkon napětí 1,7/200 což je 0,0089 V, tedy asi 9 mV. Pokud je reprodukce zkreslená, chraplavá, přebuzená, znamená to, že mikrofon dodává větší napětí než 9 mV. Pokud je zvuk stále ještě slabý, je napětí z mikrofonu malé. „Slabý“ v porovnání se silou zvuku, kterou je zesilovač schopen reprodukovat z jiného zdroje (například z walkmana – zde stačí vynecháním kondenzátoru C4 10 mikrofaraďů nastavit zesílení jenom 20).

Ve schématech s tímto druhem mikrofonu je napájení provedeno přes rezistor s odporem velikosti asi od 1 do 10 kiloohmů. Místo tohoto rezistoru můžeme zkusit použít trimr a zkusit nastavit nejvhodnější hodnotu, kdy mikrofon dává nejsilnější nezkreslený signál (viz obr. 3a).

Napájecí napětí pro mikrofony tohoto typu bývá v mezích asi od 1 do 10 V, přesné hodnoty najdete v dobrém katalogu. Pro úpravu velikosti napájecího napájení se používají dva rezistory a elektrolytický kondenzátor (viz obr. 3b). Rezistor připojený přímo k mikrofonu je jeho „pracovní“ a druhý upravuje velikost napětí pro napájení mikrofonu. Tento rezistor je pro signál blokován malým elektrolytickým kondenzátorem (asi 10 mikrofaraďů), takže se jeho vliv na signál neuplatní, pouze na něm vzniká potřebný úbytek stejnosměrného napájecího napětí. V některých schématech



Obr. 4 – Pokusné zapojení pro elektrový mikrofon

uvidíte napětí pro mikrofon stabilizované zenerovou diodou (viz obr. 3c [6]) na určitou velikost (v katalogu můžete najít i mikrofony, které mají pracovní napětí například 1 až 10 V, nebo 3 až 10 V nebo třeba jenom 4,5 V).

2. pokus

Pokud zesílení koncového zesilovače nebo předzesilovače pro signál z mikrofonu nestačí, používá se mikrofonní předzesilovač. V nejjednodušším případě stačí zesilovač s jedním tranzistorem, případně zesilovač s nastavitelnou velikostí zesílení a dalšími vlastnostmi (šířka pásma atd.) Pro náš pokus k zesílení použijeme zapojení s operačním zesilovačem, protože zesílení lze nastavit změnou velikosti odporu ve zpětné vazbě z výstupu na vstup. Pro pokusy můžeme použít běžný typ operačního zesilovače, v praktických návodech a technických dokumentacích najdete speciální nízkofrekvenční typy.

Uvažujeme: jestliže je k zesilovači se zesílením 200 zapojen předzesilovač se zesílením 100, je i citlivost stokrát větší a teoreticky bychom mohli slyšet i „trávu růst“, jenomže i náhodné okolní hluky nebo šum jsou takové, že výstupní napětí z mikrofonu ještě stokrát zesílené

je větší než maximální vstupní napětí zesilovače a zesilovač je přebuzený slyšíte zkreslené skřeky a houkání.

Řešení: buď nastavíme zesílení předzesilovače na maximum a hlasitost nastavujeme regulátorem hlasitosti, tedy potenciometrem na vstupu zesilovače, nebo necháme hlasitost na maximum, abychom ji mohli kdykoliv podle potřeby nastavovat, a trimrem nastavíme zesílení předzesilovače. Zesílení předzesilovače s operačním zesilovačem již vypočítat umíme.

Poslechové zkoušky

Mnozí borci se ušklibnou nad malým pól wattovým zesilovačem s LM386, vždyť mohou použít třeba stowattové „dělo“. Je to úmyslně kvůli akustické zpětné vazbě. Při pokusech je třeba mikrofon vzdálit od reproduktoru, aby mikrofon nezachycoval znovu svůj zvuk z reproduktoru. Foukání nebo mluvení do mikrofonu a zároveň poslech svých zvuků z reproduktoru proto není možný. Stačí, když máte mikrofon ve stejné místnosti jako reproduktor. Jakmile mikrofon zachytí zvuk z reproduktoru, zesílí ho, zesílený se ozve z reproduktoru a tento ještě silnější zvuk je zachycen mikrofonem a znovu zesílen.... Nejdříve je sly-

šet jakoby ozvěna a nakonec se systém nepříjemně rozhouká a rozpíská, mnohdy nepomáhá ani zakrytí mikrofonu rukou, nebo otočení s mikrofonem na druhou stranu. Při pokusech se osvědčilo připojení mikrofonu na asi dvou až tří metrový stíněný kabel a jeho umístění do vedlejší místnosti, za zavřené dveře. Aby váš kamarád nemusel pořád něco do mikrofonu říkat, a přitom nevěděl, jestli to je slyšet nebo ne, dejte mikrofon například k puštěnému rádiu nebo do místnosti, kde se mluví, nebo ho prostě vystrčte z okna ven, kde jsou slyšet nějaké zvuky. Vy si zesilovač zesílíte jenom tak, abyste slyšeli.

Jazykové okénko:

Microphone	mikrofon
Dynamic	dynamický
Condenser	kondenzátorový
Carbon	uhlíkový
Moving coil	pohyblivá cívka
Ribbon	páskový mikrofon
Diaphragma	membrána

Literatura:

- [1] Rádio plus KTE č. 1/2002 – Malá škola praktické elektroniky
- [2] <http://history.acusd.edu/gen/recording/microphones3.html>
- [3] http://www.invent.org/hall_of_fame/150.html
- [4] Praktická elektronika A Radio 4/1997, str. 17
- [5] Everday Practical Electronics, April 2001, str. 266-267, Sound Trigger.
- [6] Everday Practical Electronics, February 2002, str. 84-86, Guitar Practice Amps.
- [7] Katalog GM Electronic 2002
- [8] Katalog RS Components 1997/1998
- [9] Katalog Conrad 2001
- [10] Katalog Dexon 2000/2001
- [11] http://www.panasonic.com/industrial/components/pdf/em02_wm64_a_c_k_bc_bk_dne.pdf

Mikrofon

Klíčová slova: mikrofony, ozvučování, konektory, nesymetrické a symetrické zapojení mikrofonů

Ke zvukové kartě PC se obvykle připojuje elektretový mikrofon, pro řeč, zpěv nebo hudební nástroje se obvykle používá dynamický mikrofon, ve studiích pro některé účely i kondenzátorové mikrofony. To je dané kvalitou i cenou.

Druh mikrofonu obvykle na první pohled nepoznáte (viz obr. 1a, b; [1]).



Obr. 1a – Kondenzátorový mikrofon ME65

Mikrofon u PC

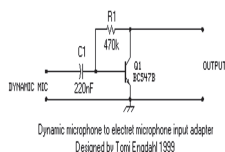
Vaše PC má zvukovou kartu se vstupem pro mikrofon. Tento vstup je určen pro elektretový mikrofon. Tomu je přizpůsobeno především napájení mikrofonu a velikost zesílení. Pokud byste ke zvukové kartě chtěli připojit kvalitní dynamický mikrofon, nebo nějaký jiný dynamický mikrofon, je třeba provést několik úvah a řešení:

1. Na kabelu od mikrofonu musí být nasažen konektor vhodný pro tento mikrofonní vstup, tedy malý jack.
2. Při připojení dynamického mikrofonu ke vstupu, na kterém je stejnosměrné napájecí napětí, by tímto mikrofonem tekla stejnosměrný proud, jehož velikost by byla daná velikostí napájecího napětí pro původní elektretový mikrofon a velikostí



Obr. 1b – Dynamický mikrofon MD431ii

- pracovního odporu v napájení a ohmickým vnitřním odporem mikrofonu.
3. Na výstupu dynamického mikrofonu je při stejném akustickém tlaku, lidově řečeno, při stejně silném zvuku snímáném mikrofonem, menší napětí než na elektretovém. Říkáme, že dynamický mikrofon má menší citlivost. Protože zesílení zvukové karty v PC nelze měnit tak jako u vámi vyráběného předzesilovače je třeba pro zesílení použít alespoň malý jednoduchý předzesilovač (viz. obr. 2, [2], [3], [4] a [5]).



Obr. 2 – Jedna z publikovaných verzí adaptéru umožňujícího připojení dynamického mikrofону ke vstupu pro elektrový mikrofón

Karaoke

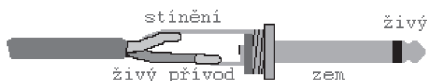
Vaše domácí stereofonní soustava, věž, má vstup označený tajemným slovem KARAOKE a obrázkem mikrofónu. K čemu to je dobré?

V některých zemích se lidé baví mimo jiné i vlastním zpěvem, kterým doprovázejí oblíbené skupiny a zpěváky, které poslouchají z kazetového nebo CD přehrávače. Zpívají do mikrofónu a tento signál se přidává k původní písni a zní z reproduktorů společně. Střídají se, baví se, a to můžete i vy. V katalogích některých firem, nebo v prodejnách, vám nabídnou mikrofón označený jako vhodný pro karaoke. Může mít například konektor typu jack, který zasunete do příslušného konektoru ve věži a používáte. Sílu signálu z mikrofónu můžete nastavit zvláštním regulátorem, obvykle knoflíkem poblíž mikrofonního vstupu. U některých mikrofonních vstupů pro karaoke je i obrázek s mikrofónem a naznačenou polaritou + a -, což znamená, že vstup je určen pro napájení, tedy elektretový mikrofón. Většina mikrofonních vstupů u rádií, magnetofonů, věží a zesilovačů je ale určena pro dynamický mikrofón. S mikrofónem v (dnešních) cenách již od stovek korun můžete snímat řeč, hudbu i zpěv. Některé mikrofóny mají na rukojeti vypínač, kterým lze mikrofón vypnout.

Ozvučení

schůze spolku zahrádkářů, malého shromáždění před školou nebo v tělocvičně, turnaje v čemkoliv, vernisáže výstavní, módní přehlídky, pouliční hudební produkce, bujaré svatby, apod., obvykle znamená zajistit zesilovač, reproduktory, mikrofón, kabely, zdroj napájení a další.

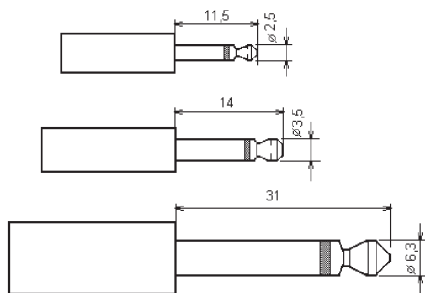
Domácí stereofonní soupravy obvykle bývají kompaktní (vše v jednom) - umožňují reprodukci z rozhlasového přijímače, CD přehrávače, kazetového



Obr. 3 – Živý vodič je připojen na kontakt konce konektoru typu jack, stínění je připojeno na tělo kolíku

magnetofonu, případně z vestavěného gramofonu a nahrávání z těchto zdrojů signálu na pásek. V 60. až 80. letech minulého století byly přijímače, zesilovače a magnetofony vybavovány mnoha externími vstupy a výstupy, aby je bylo možno vzájemně propojovat. V dnešních věžích je vše propojeno uvnitř a pro zjednodušení obsluhy najdete jenom to nejdůležitější: anténní vstup přijímače, výstupní konektory pro připojení reproduktorů a případně nízkofrekvenční vstup pro připojení gramofonu, nebo univerzální nízkofrekvenční vstup, obvykle s kulatými sousými konektory RCA nazývanými CINCH. Tento vstup se pro mikrofón nehodí. Pokud „věž“ má mikrofonní vstup, nebývá na zadní straně, aby byl dobře přístupný.

Pozor, pokud najdete kulatý otvor, do kterého by vám šel jack konektor od vašeho mikrofónu, přesvědčte se, zdali není označen PHONES nebo obrázkem sluchátek. Mikrofonní vstup mívá také konektor typu jack, ale s označením MIC nebo celým názvem v řeči výrobce - mnoho výrobců označuje ovládací prvky a konektory anglickými názvy, ale u výrobků určených pro domácí trh je označení v řeči země určené, takže se i u nás setkáte i označením v němčině, francouzštině, češtině a dalších jazycích.

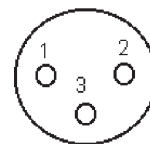


Obr. 4 – Konektory typu jack ve třech velikostech

Při ozvučení malé rodinné slavnosti nebo podobné situace může věž poskytnout reprodukci hudby a s připojeným mikrofónem i snímání vašeho mluveného slova (slavnostního přítoku, projevu) nebo zpěvu.

Přenosné radiomagnetofony mívají vlastní vestavěné mikrofóny - jeden nebo dva, které umožňují monofonní nebo i stereofonní nahrávání, ale mnohé už mikrofonní vstup pro připojení externího mikrofónu nemají.

Zesilovače pro ozvučování mají obvykle mnohem větší výkon, než je zapotřebí pro pokojový poslech, a podle výstupního výkonu také musí být dimenzované reproduktorové soustavy. Zesilovače mívají vstupy pro signály z různých zdrojů - z magnetofonu, CD přehrávače, mikrofónu, snímačů hudeb-



Obr. 5 – Konektor XLR je mohutnější než DIN a má jiné číslování

ních nástrojů, atd. V této části nás zajímají mikrofonní vstupy.

Konektory

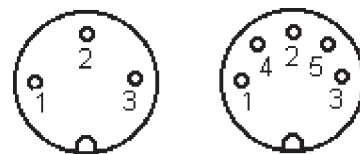
Jestliže máte k dispozici nějaký mikrofón a chcete ho použít, obvykle vás nejdřív napadne, jaký má konektor a jestli půjde někam připojit. V zásadě se vyskytuje několik typů:

- jack - v různých velikostech
- XLR - mezi muzikanty nazývaný Canon (čti kanon)
- DIN - nejčastější audio konektor 2. poloviny minulého století
- a další.

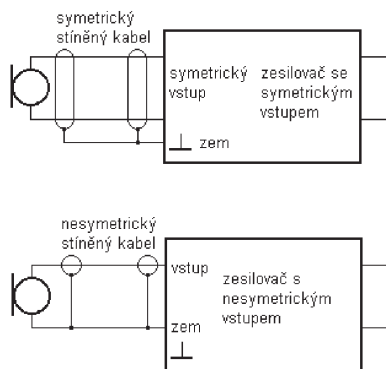
Jack

má tvar kolíku s vloženým oddělovacím izolačním kroužkem mezi oběma kontaktními plochami konektoru. Na špičku konektoru je přiveden živý proud, drík blíž ke kabelu je spojen se stíněním (viz obr. 3). Mikrofonní kabely jsou samozřejmě i jako ostatní kabely pro přenos střídavých signálů stíněné. V běžných případech jsou audio kabely provedené jako sousé, koaxiální, mají tedy živý vodič vedený uprostřed kabelu, kolem něj je izolace a na ní je po celé délce kabelu stínící vodič ve tvaru pleteného opředení nebo ovinutí vodičným páskem. Celý kabel je ještě izolovaný. Takže každý vodič má jinou funkci, jeden z nich je živý a druhý zemní, zapojení je vzhledem k zemi nesymetrické, nesymetrické.

Konektory typu jack (viz obr. 4) mají průměr 6,3 mm, 3,5 mm a 2,5 mm, (6,3 mm je v některých katalogích uváděn jako 1/4" čili jedna čtvrtina palce, proto to neobvyklé číslo). Vyrábějí se také přechodky, redukce, tedy například konektor, který má kolík o průměru 6,3 mm a v zadní části je konektorová dutinka pro zasunutí konektoru s kolíkem o průměru 3,5 mm. Konektory, kabely, redukce, spojky a další materiál můžete kdykoliv dokoupit, sortiment je velmi bohatý, jenom vědět, co potřebujeme.



Obr. 6 – Konektor DIN jako 3 kolíkový a 5 kolíkový



Obr. 7 – Princip symetrického a nesymetrického připojení mikrofону

Symetrické a nesymetrické zapojení

Opakem k výše popsanému běžnému zapojení je zapojení souměrné, symetrické, v anglicky psané literatuře uváděné jako „balanced“ (*nesymetrické zapojení je tedy analogicky označováno jako „unbalanced“*). V tomto způsobu zapojení jsou oba vodiče živé, přivedené na speciální symetrický vstup (viz obr. 7). Celý kabel je také stíněný a stínění je spojeno se zemí, takže na první pohled mikrofón připojený kabelem do zesilovače symetricky nebo nesymetricky vypadá stejně. Toto vysvětlení je zatím jenom na okraj, kdybyste při rozebírání konektoru kabelu vedoucího k takto zapojenému mikrofónu z neznalosti něco nepokazili.

XLR

XLR je moderní konektor používaný v audio technice. Vznikl asi před dva-

seti lety, je mechanicky robustní, spoj je elektricky spolehlivý. Je kulatý, se třemi kontaktními kolíky, celý stíněný (viz obr. 5). Tento konektor najdete například ve spodní části rukojeti mikrofónu a k mikrofónu si tedy také dokoupíte příslušný kabel. Prodávač vám poradí a pak koupíte správný druh. Kabel může být zakončen na jednom i na druhém konci XLR konektory, nebo na druhém konci může mít kolík typu jack. Také mohou být kabely provedené pro symetrické zapojení i pro nesymetrické, což je v profesionální praxi třeba vědět.

DIN

DIN jsou konektory používané v audiozařízeních zhruba od 60. let minulého století. Zkratka DIN označuje německou normu pro průmyslová zařízení podobně jako naše ČSN, takže tuto zkratku najdete i u mnoha dalších technických údajů, které nemají s konektory nic společného. DIN konektory najdete na rozhlasových přijímačích, gramofonech, magnetofonech i zesilovačích té doby, na vstupech pro vstup signálu i pro výstup na nahrávání, v modifikacích jako tříkolíkový a pětikolíkový, postupem vývoje i sedmikolíkový a jiné.

Vývoj: prostřední kolík je spojený s kovovou základní částí konektoru a ta je připojená na stínění a tudíž na zem. Na jeden postranní kolík byl přiveden živý vstup, což stačilo u monofonních zařízení. Číslování (je na výlis-ku konektoru vidět) 1–2–3 bylo při přechodu na stereofonii doplněno tak, aby původní bylo zachováno: 1–4 pro výstup levého a pravého kanálu na nahrávání z rádia na magnetofon, 2 upro-

střed jako zem a 5–3 jako vstup levého a pravého kanálu z gramofonu (viz obr. 6). Z té doby můžete ve svých zásobách nebo i u fungujících zařízení najít mikrofóny, obvykle dynamické, s konektorem DIN. Tento typ konektorů také najdete na mnohých cívkových magnetofonech, které dodnes mohou spolehlivě fungovat.

Kovové kulaté konektory

se šroubovací převlečnou maticí z doby ještě před konektory DIN již asi neuvidíte, ačkoliv to byly bytelné konektory, o trochu větší než DIN. Byly samozřejmě i na mikrofonech a zesilovačích (v té době obvykle ještě elektronkových) a pokud fungují, můžete je z nostalgie i dnes použít.

Rozměry konektorů a číslování vývodů najdete v katalozích, doprovodné ilustrace jsou jenom na ukázkou. Potřebné informace se naučte sami hledat v literatuře a na webu.

Prameny:

- [1] <http://www.sennheiser.cz>
- [2] http://epanorama.net/circuits/dynamic_to_electretinput.html; Tomi Engdahl, Finsko.
- [3] Praktická elektronika A Radio 12/1999 str. 18; Ing L. Jásaj; Připojení dynamického mikrofónu k zvukové kartě PC.
- [4] Praktická elektronika A Radio 1/2001 str. 13; J. Belza; Připojení mikrofónu ke zvukové kartě PC.
- [5] <http://www.belza.cz/pcamp/mic.htm>
- [6] Katalog GM electronics 2002
- [7] Katalog Conrad 2001
- [8] Katalog RS Components 1997/98

Mikrofón – parametry a vlastnosti

Klíčová slova: mikrofón, charakteristika, rozsah, impedance, vlastnosti

Na první pohled se mikrofóny liší vzhledem:

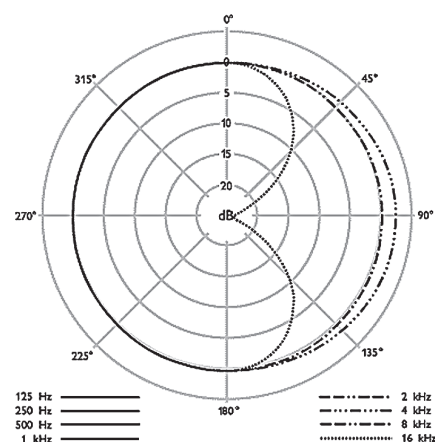
- pro držení v ruce nebo vložení do držáku na stojanu
- stolní stojánkový nebo s jednoduchou opěrkou
- pro uchycení na oděv - na sako, do šatů nebo s klipsnou na kravatu
- bimbající se na tyči zvukaře u filmu nebo v televizi
- zavěšený uprostřed pružinového úchyty v rozhlasovém studiu
- pevně namontovaný na videokameře nebo
- jenom tušený za otvorem v mobilním telefonu
- atd.

Mikrofón je svému účelu přizpůsoben tvarově i funkčně. Parametry mikro-

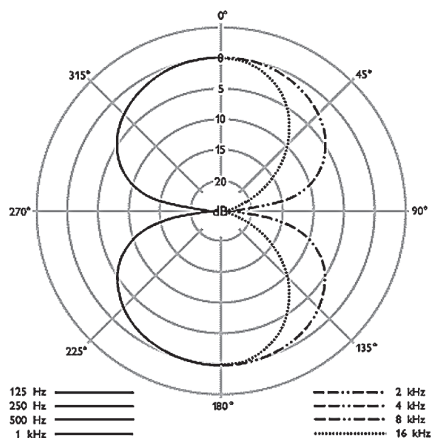
fónu najdeme buď v dokumentaci, nebo alespoň na obalu mikrofónu, kdy by měl být uveden typ, výrobce, druh a další technické parametry. Údaj o výrobci dává tušit kvalitu mikrofónu, typové číslo slouží k vyhledání dalších technických údajů v katalogu výrobce, nebo alespoň k nalezení správné technické dokumentace mezi ostatními dokumentacemi a záručními listy, které si pečlivý uživatel ukládá na místo, kde je může najít. To je velmi důležitý zvyk, který se musíte také naučit; například u některých lékařských přístrojů je přímo nařízeno, že příručka s návodem k obsluze a technická dokumentace musí být vždy k dispozici a uložena u přístroje, ať se jedná o kosmetický nebo operační laser nebo plicní ventilátor.

K důležitým technickým parametrům patří:

66. díl



Obr. 1 – Ukázka kulové, všesměrové charakteristiky studiového mikrofónu U87Ai (všimněte si, že na kmitočtu 16 kHz má citlivost z boku malou)



Obr. 2 – Ukázka osmičkové charakteristiky

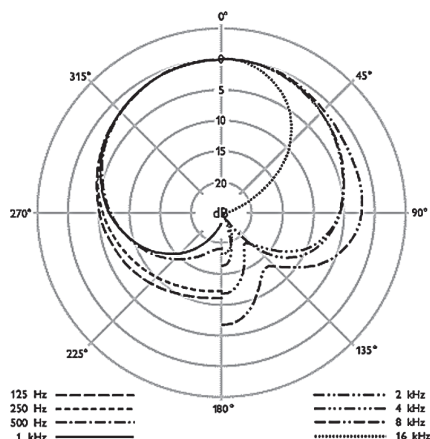
- druh mikrofonu – dynamický, elektretový, kondenzátorový, jiný
- impedance – uváděná v ohmech (například 800 ohmů)
- kmitočtová charakteristika (například 80–18 000 Hz)
- směrová charakteristika (kulová, osmičková, kardioida)
- citlivost uváděná v mV/Pa nebo jiných jednotkách
- maximální přípustná úroveň akustického tlaku SPL
- druh konektoru, případně i délka kabelu
- rozsah provozních a skladovacích teplot a vlhkosti
- rozměry a hmotnost
- a další užité vlastnosti

Pro způsob zacházení je velmi důležité znát i cenu.

Druh mikrofonu

je dobré znát nejenom z principiálních důvodů, ale i z hlediska vhodnosti použití, zda je ho možné použít v terénu jako reportážní mikrofon, nebo jenom ve vnitřním prostředí bez otřesů. Uhlíkové mikrofony v telefonech snášely běžně nejenom hrubé zacházení v telefonních budkách, ale i opocení při hovoru v zimě, kdy celý povrch mluvítko byl pokryt kapkami. Kondenzátorové mikrofony jsou na vlhkost velmi citlivé, ve vlhkém vzduchu se v mikrofonu neudrží elektrostatický náboj a mikrofon až do vyschnutí nefunguje. Na uhlíkový mikrofon se při špatné srozumitelnosti běžně poklepávalo prstem, aby se stlačená uhlíková zrna „načechrala“, protřepala, a znovu mohla reagovat na změny tlaku vzduchu na membránu při řeči. Tento praktický zvyk se jako zlozvyk přenesl až do doby dynamických mikrofonů, kdy mnozí řečníci zkoušeli mikrofon tak, že do něj foukali, nebo na něj Źukali prstem, tužkou, nebo na kovovou mřížku škrábali nehtem. U moderních dynamických páskových mikrofonů by mohlo dojít k jejich poškození. Právě kvůli proudícímu vzduchu

nebo vzduchovým nárazům při hláskách b, p, f se před vlastní mikrofonní systém umísťuje hustá mřížka, která slouží zároveň jako kryt čelní strany mikrofonu, a navíc se na něj nasazují různé chundelaté návleky, které podobně jako soví perý ztlumí šumění proudícího vzduchu. Větrík může způsobit šumění ve větvích nebo v trávě a listí, ale u mikrofonu může i slabě proudící vzduch nebo dech při průchodu mřížkou před membránou způsobit slyšitelný šum. Záleží na účelu nahrávky, zda je třeba, by byl slyšet každý nádech, například u rozhlasových her, nebo zda při reportáži z hor nemá být hlasatel přehlušen svistem jinak mírného větru, mřížkováním mikrofonu.



Obr. 3 – Ukázka kardioidní charakteristiky mikrofonu U87Ai

Impedance

se zdá nedůležitá, prostě použijeme mikrofon, který máme. Hlavní rozdíl je mezi vysokoimpedančním a nízkoimpedančním mikrofonem. Některé typy jsou přepínatelné pro obě dvě impedance. Jde hlavně o přenosové vlastnosti při přenosu po kabelu. Čím delší kabel, tím má větší kapacitu, která ovlivňuje nejnižší přenášené kmitočtové pásmo, tedy přenos basů. Obecně platí, že u vysokoimpedančního připojení je kabel měl být kratší, u nízkoimpedančního může být při zachování stejných přenosových vlastností delší.

Zatěžovací impedance Z_L je minimální doporučená impedance zátěže, tedy impedance vstupu zesilovače, do kterého je mikrofon připojen. Bývá větší než impedance mikrofonu.

Kmitočtová charakteristika

je grafické znázornění průběhu výstupního napětí v závislosti na kmitočtu. U mikrofonu je to křivka, jejíž průběh se v určitém pásmu takřka nemění, výstupní napětí má velikost jenom v mírných mezích odlišné od napětí při referenčním kmitočtu 1 kHz. Při vysokých kmitočtech ale výstupní napětí začne klesat,

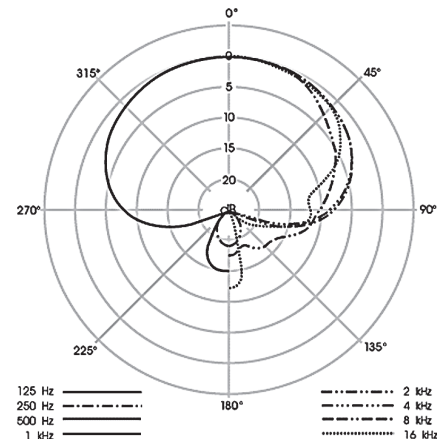
což obvykle nevádí, protože vysoké kmitočty nad 10 kHz mnozí starší lidé už vůbec neslyší, nebo se ve spektru zvuků nevyskytují, nebo jsou vyloženy nepřijemné - pískání rozkladů televizoru na kmitočtu 15 625 Hz slyší všechny děti a dospělí jim nevěří. U hlubokých kmitočtů opět dochází k poklesu výstupního napětí. Jestliže je u mikrofonu uvedeno „frequency response 80–14 000“, znamená to, že mikrofon snímá všechny zvuky v pásmu od 80 do 14 000 Hz se stejnou citlivostí, tedy že výstupní napětí při stejném akustickém tlaku je stále stejné, kmitočtová charakteristika je „rovná“. To by byl ideální stav.

V nízkofrekvenční technice se jako mez používá odchylka o ± 3 dB, což je číslo, které vám zatím nic neříká, ale pro porovnání je odchylka o 6 dB zdvojnásobení, nebo –6 dB poloviční napětí. Někteří výrobci uvádějí jiné meze, nebo jenom jednu z nich, aby lépe vystihli charakteristiku mikrofonu.

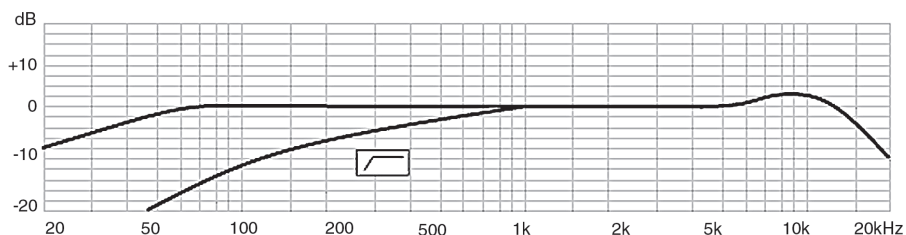
Charakteristika mikrofonu nemusí být rovná. Naopak u některých mikrofonů se úmyslně zařazují basové filtry, které nižší kmitočty potlačují. Například od 75 Hz nebo od 150 Hz níže, aby se zlepšila srozumitelnost řeči. U některých mikrofonů je také na grafu vidět zdůraznění výšek na kmitočtech okolo 10 kHz, k poklesu na vyšších kmitočtech stejně dojde, ale tímto „podepřením“ o několik kHz výše, a výsledná charakteristika má větší rozsah.

U mikrofonů s kardioidní charakteristikou dochází při snímání zvuku blízko mikrofonu ke zdůraznění hlubokých kmitočtů – takzvaný „proximity effect“, a naopak.

Většina výrobců ke svým mikrofonům dodává i graf kmitočtové charakteristiky, ale ten bývá přínosem pouze pro techniky, kteří v něm mohou číst. Pro většinu uživatelů je důležitý stručný slovní popis, podobně jako pro lékaře popis známého EKG nebo EEG.



Obr. 4 – Ukázka superkardioidní charakteristiky mikrofonu KMS105



Obr. 5 – Ukázka kmitočtové charakteristiky mikrofonu KMS 105 ve volném prostoru (free field) a v blízkosti (near field)

Směrová charakteristika

je velmi důležitá vlastnost mikrofonu, je daná mechanickou konstrukcí.

Kulová, všesměrová, omni-directional charakteristika znamená, že mikrofon snímá zvuky ze všech směrů stejně silně. Například při snímání koncertu filharmonie je slyšet nejenom zvuk orchestru, ale i zvuk prostoru, ve kterém se koncert koná, včetně zvuků z publika. Totéž platí pro zábavné pořady, kde bezprostřední reakce na vtip je lepší než přidávaný „umělý smích“. Stejným druhem mikrofonu se snímají besedy u kulatého stolu, kdy je slyšet všechny účastníky stejně. Mikrofon reaguje na změny akustického tlaku vzduchu na membránu, bez ohledu odkud zvuk přichází.

Měření se provádí ve zvukotěsné „mrtvé“ komoře, ve které nedochází k odrazům zvuků od stěn, zvuk se šíří od zdroje pouze jedním směrem. Mikrofon se umístí do osy se zdrojem zvuku a změří se výstupní napětí z mikrofonu, poté se otočí o určitou výchylku od zdroje zvuku a znovu se měří výstupní napětí. Tak se provede měření v celé rovině, ze všech směrů. Protože charakteristika bývá osově souměrná, stačí vykreslit pouze polovinu grafu. Zobrazení se provádí v polárních souřadnicích, kdy na obvodu v místě osy mikrofonu je vztažná úroveň, tedy 0 dB, a v soustředných kružnicích blíže ke středu jsou zobrazeny souřadnice s nižší úrovní, například po -5 nebo -10 dB.

Základní měření se provádí při kmitočtu 1 kHz. Na vyšších kmitočtech se projevuje vliv rozměrů a tvaru mikrofonu, a tak při snímání z boku nebo zezadu může být naměřen jiný tvar křivky. Aby se nemuselo kreslit několik charakteristik, vynesou se obvykle do jednoho grafu, využijí se jeho obě poloviny, čáry pro jednotlivé kmitočty se odliší čárkováním nebo tečkovaním a vyznačí v legendě u grafu.

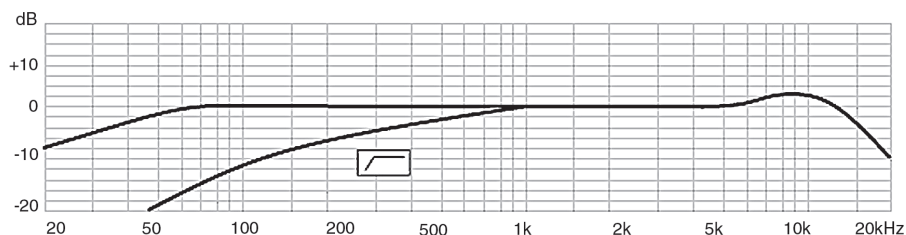
Osmičková charakteristika, bi-directional, figure-eight, svým názvem připomíná tvar směrové charakteristiky, snímá nejsilněji ze dvou opačných stran. Zepředu a zezadu. Je to dáno mechanickou konstrukcí mikrofonu. Akustický tlak zvuku dopadajícího na membránu je snímán zepředu i zezadu. U zvuku dopadajícího na membránu z bočního směru je tlak před

membránou i za membránou vyrovnáný, membrána se nepohybuje, mikrofon má vůči zvukům z bočního směru menší citlivost. Graf připomíná číslici osm. Opět jsou rozdíly ve směrové citlivosti při různých kmitočtech. Jestliže je zdroj zvuku velmi blízko mikrofonu, dochází k nárůstu výstupního napětí na nízkých kmitočtech – zdůraznění basů. Toho někdy využívají hlasatelé a zpěváci, s mikrofonem těsně u úst se jejich hlas zdá sytý a plný.

S těmito mikrofony se můžete setkat v nahrávacích studiích nebo při záznamu ze sálu, kde je snímán i zvuk prostředí sálu a publika.

Směrový mikrofon je určen pro snímání zvuků z určitého směru. Záleží na konstrukci, jak úzce směrový je. Charakteristika tvarem připomíná ledvinu nebo srdíčko, a tak se jí říká **ledvinová**, nebo **kardioidní**, při dalším zúžení **superkardioida** a **hyperkardioida**. Praktické využití je nasnadě. Reportážní mikrofon v rušném prostředí snímá především hlas reportéra a zvuky z ostatních směrů jsou potlačeny. Totéž znáte při snímání videokamerou. Váš dech, šustění oděvu, hmatání prstů po kameře a vlastní hluk kamery se nezaznamenává, mikrofon na zvuky zezadu není citlivý. Při blízké vzdálenosti zdroje zvuku i u tohoto mikrofonu dochází ke zdůraznění basů. U superkardioidy a hyperkardioidy jsou zvuky z boků ještě více potlačeny, na charakteristice ale vidíte, že citlivost zezadu je větší, než u kardioidy. Tento typ mikrofonů bývá na videokamerách, nebo se používají v reportážní praxi, nebo k bodovému snímání některých vzdálených zvuků.

Narozdíl od snímání hudby v jejím přirozeném prostředí, kdy se používá všesměrový mikrofon, se ke snímání určitých nástrojů používají směrové mikrofony, aby



Obr. 6 – Ukázka kmitočtové charakteristiky mikrofonu U87Ai při kardioidní směrové charakteristice

nedocházelo k nežádoucím přeslechům. Každý nástroj nebo nástrojová skupina se snímá zvlášť. Zvláštní mikrofon je umístěn před reprobednou basové kytary, saxofonista má svůj malý mikrofon umístěn přímo v ústí trouby, ozvučení bubeníka je celá věda – zvláštní mikrofon je pro kopáč, další jsou pro činely, virbl a kotle, každý zpěvák má svůj mikrofon, publikum se snímá také jiným mikrofonem, atd., atd.

Další vybava mikrofonu

Některé mikrofony jsou vybaveny i dalšími funkcemi a příslušnými vypínači a přepínači.

- Vypínač se používá k pohotovostnímu nebo provoznímu vypínání nebo zapínání mikrofonu. Ve studiích je takzvané „kašlátko“, tlačítko, kterým může hlasatel i bez znamení do režie za oknem mikrofon odpojit a odkášet si. Základní dobrou vlastností vypínače je jeho bezhlučnost.
- Přepínač útlumu - velikost výstupního napětí z mikrofonu lze utlumit o -10 dB, nebo o -20 dB.
- Basový filtr – pro potlačení subsonických a hlubokých zvuků, například od kmitočtu 75 Hz, nebo 150 Hz (se strmostí 6 dB/oktávu), případně několika stupňový basový filtr – například 5stupňový.
- Přepínač směrových charakteristik nebo přepínač impedance bývá u některých speciálních mikrofonů.
- Někteří výrobci u svých mikrofonů uvádějí i odolnost proti rušivým zvukům a šumům (noise) působených dechem (breathing), šustěním šatstva (clothing), hmatem po rukojeti (handling), tahem kabelu po zemi, ovládáním vypínače, větrem a vzduchem proudícím mřížkováním mikrofonu aj.
- Při výslovnosti hlásek P, B nebo F některými hlasateli dochází k narázům vzduchu, které v mikrofonu působí nepříjemné zdůraznění těchto hlásek, nebo k přefouknutí. Obvyklé molitanové filtry nebyvají příliš účinné, prudké rázy vzduchu je možno rozptýlit přes husté kovové sítko, umístěné asi 15 cm od mikrofonu. Dá se koupit jako příslušenství, nebo vyrobit navlečením jemné dámské punčochy na rámeček o průměru asi 20 cm.

Proti některým rušivým zvukům nechrání ani sebelepší výbava mikrofonu. Jsou to hlavně různé zlozvyky - foukání, mručení, odkašlávání, byť se zavřenými ústy, poťukávání tužkou, nebo dokonce špičkou boty do stolu, na kterém je umístěný mikrofon, nežádoucí projevy do mikrofonu, když se domníváte, že je vypnutý. Také nevhodná volba mikrofonu - například všesměrový mikrofon při reportáži z výrobního

procesu snímá okolní zvuky na úkor komentáře, který v hluku zaniká (pokud to není účel).

Potřebné údaje najdete v katalogových listech výrobců nebo katalogích v tištěné formě, nebo na internetových stránkách. Naučte se své informace získávat, třídit, ukládat a nepotřebné opět likvidovat. Jinak budete zahlceni informacemi, ve kterých budete ty potřebné hůře hledat.

Prameny:

- [1] Vlachý, Václav, Příručka zvukové techniky, Muzikus 1995 Praha
- [2] <http://www.sennheiser.cz>
- [3] <http://www.neumann.com>
- [4] <http://www.mikrofony.cz>
- [5] http://arts.ucsc.edu/EMS/Music/tech_background/TE-20/teces_20.html
- [6] Katalog Conrad 2001
- [7] Katalog RS Components 1997/98

Mikrofon – parametry a vlastnosti

Klíčová slova: mikrofon, citlivost, decibel, SPL, práh slyšení, práh bolesti, ochrana sluchu.

V této části budeme zjišťovat výstupní napětí mikrofonu z katalogových údajů.

V katalogových údajích nemáme uvedené přímo výstupní napětí, ale citlivost, sensitivity uváděnou v různém tvaru, který si dále vysvětlíme například:

citlivost 18 (mV/Pa)
sensitivity 0,8 mV/ubar@1kHz
sensitivity -54 dB (ref. 1V/Pa)
sensitivity 28 mV (at 94dB SPL)
sensitivity -76 dB (1V@1mbar).

Akustický tlak

Citlivost mikrofonu se uvádí jako napětí, které je na výstupu mikrofonu při určité síle zvuku, kterou snímá. Je jasné, že se zvětšující se vzdáleností síla zvuku klesá. A stejně tak klesá i výstupní napětí mikrofonu, snímající tento zvuk. Takže jako měřitelnou veličinu budeme uvažovat akustický tlak v uvažovaném místě, což může být ucho, kterým posloucháme, nebo mikrofon, kterým tento zvuk snímáme. Akustický tlak je tlak zvukového vlnění, o který se mění atmosférický tlak. Říkáme, že je na něj „superponován“. Lidský sluch je schopen vnímat zvuky o kmitočtu asi od 20 Hz do 20 kHz. Jako střed se uvažuje kmitočet 1 kHz i proto, že je to pěkné kulaté číslo.

Práh slyšení

Měřením bylo zjištěno, že nejslabší zvuk na tomto kmitočtu, který je ještě ucho schopno vnímat, má akustický tlak asi $2,5 \times 10^{-5}$ Pa. Protože to není nějaký přesně daný stav, stejně jako u stanovení nejhlubšího tónu, který člověk slyší, bylo určeno, že jako práh slyšení bude uvažován tlak 2×10^{-5} Pa.

1 Pa (Pascal čti *paskal*) =
1 N/m² = 10 μbar (mikrobarů)

Decibely

V nejružnějších příležitostech slyšíte o hladině zvuku uváděné v decibelech, sonech nebo fonech. Nejde jenom o různé „potleskoměry“ nebo „kraválometry“,

ale i o exaktní měření hlučnosti prostředí nebo technických zařízení. Údaj o hlučnosti najdete například i u kopírky, vysavače, ventilátoru, vnitřního prostředí automobilu nebo budov a jinde. Také u mikrofonů najdete několik údajů v decibelech.

Různé způsoby počítání s dB jsme probírali již v 25. části Malé školy praktické elektroniky v KTE č. 1/1999, kde jsme v dB počítali poměr napětí mezi prostým dipólem a složitější konstrukcí antény [2].

Příklad 1

Uvádí se, že při hodně hlasitém zpěvu ve vzdálenosti 15 cm od ucha nebo mikrofonu je akustický tlak asi 2 Pa. Kolikrát je tento akustický tlak větší než akustický tlak prahu slyšení 2×10^{-5} Pa? Počítáme ve stejných jednotkách, tedy Pa, podíl je 10^5 , je tedy desettisíckrát větší.

Příklad 2

Při rozhovoru dvou lidí asi ve vzdálenosti 1 metru je akustický tlak jejich hovoření asi 0,02 Pa. Opět vypočteme poměr k akustickému tlaku prahu slyšení 2×10^{-5} Pa. Protože $0,02 \text{ Pa} = 2 \times 10^{-2} \text{ Pa}$, je tento poměr 10^3 , tedy tisíc.

Protože u mikrofonu je výstupní napětí přímo úměrné akustickému tlaku, můžeme říci, že kolikrát je větší nebo menší tlak, tolikrát je větší nebo menší výstupní napětí mikrofonu. A jsme skoro tam, kde jsme již počítali s napětím na anténách a poměr převedli na dB.

Vzorec pro výpočet poměru napětí v dB znáte ve tvaru:

$$A = 20 \cdot \log \frac{u_2}{u_1}$$

V jednořádkovém zápisu pro kalkulátory nebo tabulkový editor vzorec vypadá:

$A = 20 \cdot \log (u_2/u_1)$ [dB; V, V]

a podle toho i

$A = 20 \cdot \log (p/p_0)$ [dB; Pa, Pa],

kde p je akustický tlak v uvažovaném místě a p₀ je akustický tlak prahu slyšení.

Takže velmi hlasitý zpěv má v poměru k prahu slyšení úroveň

$A = 20 \cdot \log (2/(2 \times 10^{-5}))$

$A = 20 \cdot \log (10^5)$

$A = 20 \times 5$

$A = 100$ [dB]

A stokrát slabší tlak rozhovoru dvou lidí

$A = 20 \cdot \log (2 \times 10^{-2}/(2 \times 10^{-5}))$

$A = 20 \cdot \log (10^3)$

$A = 20 \times 3$

$A = 60$ [dB]

Hladina akustického tlaku

V literatuře se uvádějí například tyto hladiny zvuku:

práh slyšení	0 dB	0,000 02 Pa
odhlučněná místnost	20 dB	0,000 2 Pa
tíkot hodin v tiché místnosti	30 dB	
tichá kancelář	40 dB	0,002 Pa
tichá restaurace	50 dB	
rozhovor dvou lidí (1m)	60 dB	0,02 Pa
rušná ulice	70 dB	
vysavač (1m)	80 dB	0,2 Pa
tovární hala	90 dB	
výkřik u ucha	100 dB	2,0 Pa
výstřel	110 dB	
velmi hlučná průmyslová výroba	120 dB	20,0 Pa
práh bolesti	130 dB	
rockový koncert (přimo u beden)	140 dB	200,0 Pa
startující stíhačka (1 m)	150 dB	
atd.		

Záleží na vzdálenosti od zdroje zvuku. Uvědomte si, že jinak vnímá úroveň hlasitosti posluchač a jinak uvažuje zvukař. Při poslechu saxofonu ze vzdálenosti 10 m máte jiný pocit hlasitosti, než jaký musí uvažovat zvukař, který umístí mikrofon 40 cm od ústí trouby, nebo dokonce přímo do ústí, což se běžně dělá při snímání jednotlivých nástrojů.

SPL

Hladina akustického tlaku bývá v literatuře uváděná jako SOUND PRESSURE LEVEL (SPL). V technických údajích mikrofonu bývá uváděná maximální SPL, tedy úroveň, kterou mikrofon může ještě snímat bez zkreslení nebo poškození. Někteří výrobci uvádějí hranici zkreslení THRESHOLD HARMONIC DISTORTION (THD) například 0,5 %, jiní 3 %, podle účelu mikrofonu.

Soubor Úpravy Zobrazit Vložit Formát			
B4 = 10^(A4/20)			
	A	B	C
1	Výpočet poměru napětí		
2	poměr	napětí	
3	[dB]	[V]	
4	-35	0,017783	
5	-40	0,01	

Tab. 1 – Poměr napětí v dB

Lidský sluch

je zázrak přírody. Akustickému tlaku prahu slyšení 20 mikropascalů odpovídá úroveň 10^{-12} W/m². Hladině prahu bolesti 130 dB odpovídá úroveň 1 W/m². Lidský sluch tedy umožňuje slyšení v úžasném rozsahu od hladiny 10^{-12} W/m² až po 1 W/m². Kdyby byl práh slyšení ještě o řád nižší, slyšeli bychom zvuky vlastního těla, šum krevního oběhu, srdeční činnost, trávení atd. Práh bolesti naopak chrání sluch před poškozením. Silný zvuk, který vyvolává bolest, nutí člověka, aby si zakryl uši a prchal z místa, které je pro něj nebezpečné. Pokud tento zvuk trvá jenom krátce, sluch se nepoškodí. Jenomže mladý organismus může pocit této bolesti potlačit a v hlučném prostředí zůstane. Přitom však dochází k nevratnému poškození sluchového ústrojí. K trvalému poškození může dojít i dlouhodobým setrváváním v hlučném prostředí, i jedinou expozicí silným hlukem! Nemusí jít o hluchotu v celém kmitočtovém pásmu, ale o snížené vnímání zvuku na určitých kmitočtech. Audiometrickým měřením ve specializované ORL laboratoři lze velmi přesně určit stav sluchu i zjistit některá typická poškození, například průmyslovým hlukem, zvukem výstřelu, výbuchu nebo i hlučnou hudbou. Sluch ničí nejenom hlučná hudba z reproduktorů, ale i mnohonásobně slabší zvuk přicházející přímo do zvukovodu ze sluchátek. Poškozený sluch nelze napravit, nevystavujte hluku sebe ani ostatní lidi a zvířátka.

Citlivost mikrofonu – mV/Pa

Zcela prakticky nás zajímá, jak velké napětí je na výstupu mikrofonu. Protože výstupní napětí závisí na síle zvuku, tedy na úrovni akustického tlaku, najdete v katalogu například údaj 4 mV/Pa. To znamená, že při síle zvuku, která působí tlak 1 Pa, je na výstupu mikrofonu napětí 4 mV. Tento údaj se obvykle vztahuje k měření při referenčním kmitočtu 1 kHz. Zvuk o síle 1 Pa představuje například velmi silný zpěv do mikrofonu.

Jestliže průměrný akustický tlak rozhovoru dvou lidí snímáný ze vzdálenosti 1 m bude 0,02 Pa, bude tedy stokrát

menší, bude i výstupní napětí stokrát menší, v tomto případě tedy 0,04 mV.

Jestliže zvukař při snímání velkého bubnu umístí mikrofon 3 cm od blány a akustický tlak bude například 200 Pa, tedy stokrát větší, mělo by být i výstupní napětí stokrát větší, tedy 400 mV (pokud by mikrofon tento zvuk vůbec snesl).

Dynamický a kondenzátorový mikrofon

Rozdíl mezi dynamickým a kondenzátorovým mikrofonem je i ve velikosti výstupního napětí. Například u dynamického mikrofonu můžete v katalogu najít výstupní napětí 1,8 mV/Pa a u kondenzátorového téhož výrobce výstupní napětí 31 mV/Pa. Tyto údaje se obvykle vztahují k referenčnímu kmitočtu 1 kHz.

Referenční akustický tlak 1 Pa

Referenční akustický tlak 1 Pa je v literatuře uváděn jako 94 dB. K tomuto číslu lze dojít přímým výpočtem podle vzorce, nebo úvahou, že 100 dB odpovídá tlak 2 Pa a 1 Pa je o polovinu menší. A polovině odpovídá úroveň nižší o 6 dB.

Ukázka postupu

a) přímým výpočtem

$$A = 20 \times \log(1/0.00002)$$

$$A = 20 \times \log(50000)$$

$$A = 20 \times (\log(5) + \log(10000))$$

$$A = 20 \times (0,7 + 4)$$

$$A = 20 \times (4,7)$$

$$A = 94 \text{ dB}$$

b) poměrem mezi 2 Pa a 1 Pa. Tlak 2 Pa je dvakrát větší než 1 Pa. Dvojnásobku tlaku odpovídá dvojnásobné napětí a opět počítáme:

$$A = 20 \times \log(2/1)$$

$$A = 20 \times 0,30105$$

$$A = 6 \text{ [dB]}$$

Takže jestliže akustickému tlaku (SPL) 2 Pa odpovídá úroveň 100 dB, pro tlak 1 Pa odpovídá úroveň o 6 dB menší, tedy 100–6, což je 94 dB.

Maximální výstupní napětí z mikrofonu

Příklad 3

V katalogu je uvedeno například, že citlivost mikrofonu je 2 mV/Pa, tedy při SPL = 94 dB a maximální SPL je 134 dB. Jak velké je tedy maximální výstupní napětí tohoto mikrofonu?

Rozdíl těchto tlaků je 134–94, což je 40 dB a vypočteme, že to je stonásobek. Maximální výstupní napětí tohoto mikrofonu je tedy 2 × 100, což je 200 mV.

Referenční akustický tlak 1 μbar

Před zavedením jednotek SI se tlak měřil v barech (znáte slovo barometr - tlakoměr na měření tlaku vzduchu), a tak se dříve, ale i v dnešních katalogových úda-

jích některých výrobců setkáte s citlivostí mikrofonu vztaženou k tlaku 1 μbar.

Například 0,8 mV/μbar@1kHz. Zavináč znamená, že údaj platí při (anglicky at) kmitočtu 1 kHz.

Převod:

Tlaku 1 Pa = 10 μbar odpovídá úroveň napětí 94 dB.

Výstupní napětí při 1 μbaru je desetkrát menší než při tlaku 1 Pa a vztahuje se tedy k SPL o 20 dB menšímu, tedy 94–20 = 74 dB.

Jestliže najdete údaj 2 mV/Pa nebo 0,2 mV/μbar, je citlivost mikrofonů stejná.

Citlivost ještě jinak!

V katalogu najdete citlivost uvedenou například jako –54 dB vztaženou k 1 V/μbar a chcete vědět, jak velké výstupní napětí tedy na mikrofonu bude. Zde menší číslo znamená menší poměr vůči 1 V, tedy větší výstupní napětí a tudíž větší citlivost, a naopak větší číslo znamená větší poměr vůči 1 V, a tedy menší výstupní napětí a tudíž menší citlivost.

Příklad 4

Mikrofon má uváděnou citlivost –60 dB. Tato citlivost se vztahuje k 0 dB definované jako napětí 1V při tlaku 1 μbar. Jak velké je toto napětí?

Hodnota 60 dB odpovídá tisícinásobku napětí vůči referenčnímu a –60 dB tisícinu. Vzhledem k 1 V to je 1 mV. To znamená, že při akustickém tlaku 1 μbar je výstupní napětí 1 mV.

Protože 1 Pa = 10 μbarů a 1 mikrobar je tedy 0,1 Pa, bylo by výstupní napětí mikrofonu při akustickém tlaku 10 krát větší, v tomto případě tedy 10 mV.

Za domácí úkol si sami zkuste vypočítat, jak velké napětí odpovídá údaj –54 dB (1V/μbar).

Příklad 5

Elektretový mikrofon má katalogový údaj sensitivity –35 dB ref. (1 V/μbar@1 kHz, 3 V /2,2 k). Jak velké je jeho výstupní napětí?

Předně to bude napětí vztažené k 1 V při kmitočtu 1 kHz, při napájecím napětí 3 V a zatěžovací impedanci 2,2 kΩ.

Číslo –35 dB rozlouskeme s pomocí základních znalostí matematiky:

Víme, že $\log_z(x) = y$ a že $x = z^y$, kde z je základ logaritmu 10

(Například logaritmus 3 patří číslu $x = 10^3$ a to je 1000.)

Podobně do výchozího vzorečku dosadíme hodnotu v dB.

$A = 20 \times \log(x)$, kde x je hledaný poměr napětí.

$$A = 10^{(x/20)}$$

Takže po dozazení

$$A = 10^{(-35/20)}$$

A to už z hlavy napočítáme, máme kalkulačku, nebo tabulkový editor, postup je v [2], pro kontrolu, zda vám vyšlo to- též, by měl poměr napětí být 0,0178 V, tedy 17 mV.

Pamatujeme si, že:

- zdvojnásobení napětí představuje zisk +6 dB
- poloviční napětí představuje útlum -6 dB
- desetkrát větší napětí má zisk 20 dB

Za domácí úkol si zkuste spočítat, jak velký poměr napětí odpovídá 10 dB.

Závěr:

Akustický tlak neměříme, zcela prakticky jenom používáme výstupní napětí mikrofonu přivedené na vstup zesilovače. Z katalogových údajů můžeme zjistit velikost výstupního napětí pro srovnávací úroveň tlaku. Naučte se orientovat i v zdánlivě nejasných katalogových údajích i jiných součástek, naučte se rozlišit údaje potřebné od podružných, jak jsem si ukázali již v prvních částech Malé školy v části o LED (před pěti lety).

Prameny:

- [1] Vlachý, Václav: Příručka zvukové techniky, Muzikus, 1995, Praha
- [2] Rádio plus KTE 1/1995, Malá škola – Decibely
- [3] <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/sound/dba2.html>
- [4] <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/sound/intens.html>
- [5] <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/sound/earsens.html>
- [6] <http://www.shure.com/support/technotes/app-sensitive.html>
- [7] <http://home0.inet.tele.dk/groth/lydtryk.html>

Komparátor, připojení odporového čidla

68. díl

klíčová slova: termistor, jmenovitý odpor, operační zesilovač, komparátor. NTC, PTC, hystereze

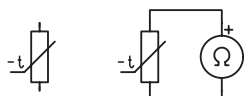
Při zapojení operačního zesilovače jako zesilovač jsme počítali výstupní napětí z poměru rezistorů ve vstupu a zpětné vazbě z výstupu na vstup. Čím byl rezistor ve zpětné vazbě větší vzhledem k rezistoru ve vstupu, tím větší bylo zesílení obvodu. Takže již maličké změny napětí na vstupu způsobovaly velké změny výstupního napětí, až do velikosti napájecího napětí. Větší napětí na výstupu prostě být nemůže.

Když se rezistor ve zpětné vazbě vynechá, můžeme velikost R2 uvažovat jako by byla nekonečně velká, a tak i zesílení by bylo jakoby nekonečné. V praxi toto zesílení bývá řádově desetitisíce nebo statisíce, prostě tolik, že i při malé změně napětí na vstupu dojde ke změně napětí na výstupu skokem do maxima.

1. pokus

Podobně jako v zapojení lineárního ohmmetru [1, 2, 3] přivedeme na jeden ze vstupů pevné, neměnné napětí, budeme mu říkat referenční, neboli vztahné. Toto napětí získáme z běžného odporového děliče. Jestliže oba rezistory budou mít stejnou velikost, bude na každém z nich poloviční napětí. Na druhý vstup také přivedeme napětí z odporového děliče, jehož dělicí poměr můžeme měnit: použijeme rezistor a trimr. Použijeme trimr s asi dvojnásobnou hodnotou, než má rezistor ve stejné větvi, abychom mohli nastavovat větší i menší odpor, a tudíž menší nebo větší napětí na vstupu.

Na výstup operačního zesilovače zapojíme „něco“, čímž můžeme zjišťovat velikost výstupního napětí: měřicí přístroj



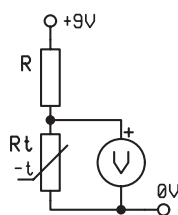
Obr. 1

váleček Ø 9 mm, délka 34, (šedý, z televizoru)	980 ohmů
váleček Ø 5 mm, délka 15, okrový, rudá tečka	55 ohmů
váleček Ø 5 mm, délka 15, žlutý, rudá tečka	110 ohmů
váleček Ø 5 mm, délka 20, modrý, 2 zelené tečky	14 600 ohmů
váleček Ø 5 mm, délka 20, hráškový, modrá tečka	3 000 ohmů
váleček Ø 5 mm, délka 20, hráškový, 2 hnědé tečky	5 000 ohmů
skelněná baňka s perličkou Ø18, délka 40 mm	10 500 ohmů
kulatý terčík Ø 6 mm s přívody	2 100 ohmů

Tab. 1

(voltmetr), LED s rezistorem v sérii, malou (takzvanou telefonní) žárovku 12 V/0,05 A, atd. K napájení použijeme obvyklý nesymetrický zdroj, nebo dvě ploché baterie v sérii, nebo malou 9 V baterii. Viz obr. 1.

Zkuste otáčet trimrem a sledujte stav výstupu. Při určitém nastavení se napětí na výstupu skokem změní. To je jenom princip, který se dále využívá v mnoha modifikacích. Protože se porovnávají napětí na vstupech, provádí se porovnání, komparace, říká se tomuto zapojení komparátor.



Obr. 2
Čidlo

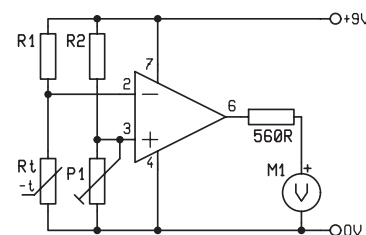
V praxi můžeme realizovat obvod porovnávající fixní (pevné, neměnné, referenční) napětí s napětím na odporovém děliči, který je tvořen rezistorem a nějakou součástkou, která své vlastnosti mění podle vlivu prostředí, říká se jí čidlo. V tomto zapojení to může být například termistor, který mění svůj odpor při změnách teploty, fotorezistor, který mění svůj odpor při změnách osvětlení, čidlo vlhkosti, čidlo tlaku, nebo i jiné součástky a obvody.

Termistor

Schematická značka termistoru vypadá jako značka rezistoru, ale doplněná o znak proměnlivosti, podobně jako u trimru nebo potenciometru, s písmenkem t, což značí teplotu. Mínus označuje, že termistor má záporný teplotní součinitel, to znamená, že při ohřátí se jeho odpor zmenšuje.

U běžně užívaných kovů se se zvyšující se teplotou odpor stoupá. Zkuste si sami změřit ohmmetrem odpor vlákna nezapojené žárovky 100 W/230 V. A pak si pro porovnání vypočtete, jak velký je odpor žárovky z jejích parametrů. Při běžné pokojové teplotě, nebo i když žárovku vložíte do ledničky, nebo necháte ležet na stole na sluníčku, běžnými měřidly žádné změny odporu nezjistíte. Jejich odpor se změní až teprve při rozžhavení vlákna na teplotu řádově tisíce stupňů.

Termistor je součástka, která má teplotní strmost mnohem větší. Záleží na druhu, typu, materiálu a provedení termistoru. Jeho jmenovitý odpor, uváděný v katalogu, je odpor změřený při ur-



Obr. 3

25 °C	20 000 ohmů
20 °C	25 260 ohmů
0 °C	66 100 ohmů
90 °C (asi)	1640 ohmů
120 °C (asi)	660 ohmů

Tab. 2 – Ukázka měření termistoru 20k NR???

číté teplotě, obvykle při jmenovité teplotě 25 °C, nebo při určité, pracovní teplotě, pro kterou je definován.

2. pokus

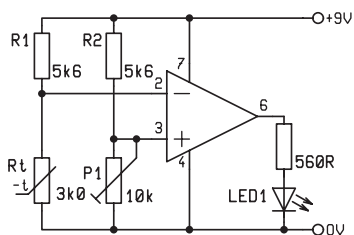
Pokud jste našli součástku, o které si myslíte, že je to termistor, nebo to o ní víte, zkuste ji připojit k ohmmetru a změnit její odpor. Poté se pokuste součástku nějak ohřát, například podržením v prstech, pofoukáním, přiblížením hrotu páječky (nedotýkat se), nebo proudem horkého vzduchu z fénu na vlasy a současně sledovat změny odporu. Ohmmetr s ručkovým měřidlem je pro pokus lepší, protože názorně vidíte změny odporu podle pohybu ručky. Rychlost změny odporu závisí i na tepelné kapacitě součástky, a tak u některých typů chvíli trvá, než se ohřeje. Stejně tak i při oddálení zdroje tepla chvíli svou teplotu podrží a návrat ke klidové hodnotě je pozvolný a ne skokem.

Zásada: čím větší je hmotnost termistoru, tím pomalejší je odezva na změny teploty, a naopak.

Perličkový termistor, jehož jádrem je maličká perlička velikosti makového zrnka, má velmi rychlou odezvu na změny teplot, hodí se například jako čidlo pro měření teplot.

Tyčinkový termistor, který má tvar válečku podobně jako běžný rezistor, je výborný pro snímání teploty například chladíče koncového stupně, teploty termostatu udržujícího stálou teplotu, například krystalu přesného oscilátoru, nebo pro snímání teploty oleje nebo teploty v obilním sile, nebo jiného prostředí.

Najdete různé typy a tvarů: pro montáž přímo na kovovou plochu, jejíž teplotu má snímat, polštářkové typy s tvarem podobným keramickému kondenzátoru, kulaté kroužky, malé kostičky pro povrchovou montáž na desky plošných spojů – SMD, válečky, skleněné



Obr. 4

baňky s perličkou uprostřed, ve tvaru diod, apod.

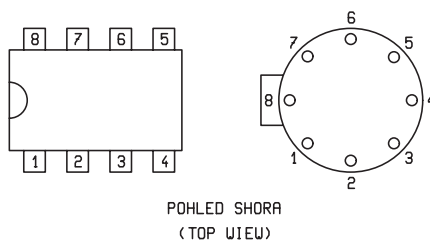
U označení v katalogu najdeme zkratku NTC nebo PTC. Pod zkratkou NTC je termistor se záporným teplotním součinitelem (Negative Resistivity/Temperature Coefficient), PTC je označení pro termistory s kladným (Positive) teplotním součinitelem. Vyrábějí a používají se oba typy.

Termistor se záporným teplotním součinitelem při zahřátí svůj odpor zmenšuje, a naopak. V některých schématech v literatuře také najdete jako teplotní čidlo použitý tranzistor, diodu, nebo dokonce kapacitní diodu a i další součástky, které své vlastnosti mění vlivem změn teploty.

Kromě jmenovitého odporu a rozměrů také v katalogu najdete doporučenou hodnotu proudu. Při větším protékajícím proudu se termistor sám ohřívá a pokud je použit pro snímání, nebo dokonce měření teploty, je tímto proudem ovlivněna.

Na termistoru obvykle jeho hodnotu nenajdete, dá se najít v katalogu nebo katalogovém listu, nebo prostě termistor změříte při běžné pokojové teplotě, při které ho zřejmě stejně budete používat.

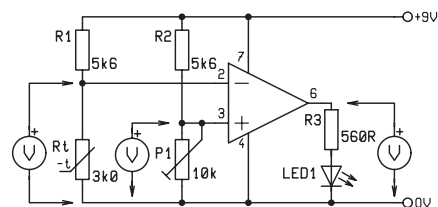
Z různých zařízení jsme vyletovali a změřili různé termistory, viz tabulka. Totéž asi uděláte vy, prostě změříte, případně použijete a zapojení upravíte, nebo koupíte přesně požadovaný typ.



Obr. 5

3. pokus

Zkuste si změřit termistor v několika typických bodech, které lze snadno dosáhnout. Změřte odpor termistoru při běžné pokojové teplotě (tu můžete změřit běžným pokojovým teploměrem), po ohřátí podržením v prstech, po vychlazení termistoru v chladničce na teplotu blízkou nule (teplotu v jednotlivých oddílech chladničky si sami zjistíte z technické dokumentace k chladničce, nebo ji změřte), případně odpor při teplotě tajícího ledu (tu můžete vidět na vlastní oči – plovoucí led ve vodě) nebo vložení do hrnečku s právě převařenou vodou (teplota nižší než 100 °C), (viz ukázka v tab. 2). Nevkládejte termistor do rychlovarné konvice!! Pozor na opaření! Kdo si rád hraje, může termistor zamrazit do ledu v mrazničce. Jestliže máte možnost měřit plynule například po 10 °C, můžete hodnoty vynést do grafu, ale nám jde spíš o poznání principu termistoru a komparátoru.



Obr. 6

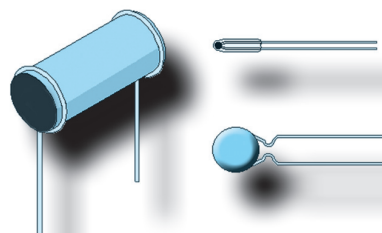
Zkuste si také měřit odpor termistoru ohmmetrem v ručkovém univerzálním měřidle i v digitálním multimetru. Rozdíly jsou nejen v přesnosti čtení naměřené hodnoty, ale i v měřícím proudu tekoucím měřeným odporem.

4. pokus

Zapojíme si pouze odporový dělič tvořený rezistorem a termistorem, připojený na napětí například 9 V jako v následujícím pokusu. Měříme napětí uprostřed děliče, tedy přímo na termistoru. Termistor ohříváme nebo necháme ochlazovat, sledujeme změny napětí: při ohřátí se odpor termistoru snižuje a napětí na termistoru klesá. Použijte termistor s odporem řádově kiloohmy. V našem ilustrativním příkladu jsme použili termistor s odporem při pokojové teplotě asi 3000 Ω. Rezistor 5k6. Všimněte si, že dělič není souměrný. Ve schématech v literatuře také ne, tak to napodobíme. Naše naměřené napětí bylo 3,15 V, ale v průběhu pokusu vlivem tepla ze stolní lampičky a průvanu od okna couralo asi od 3,2 V až asi do 2,95 V. Čistě teoreticky si toto napětí můžete vypočítat, my budeme prakticky měřit. Termistor budeme opět zahřívát nebo ochlazovat a sledovat rozsah změny napětí.

5. pokus

Termistor zapojíme do dolní větve odporového děliče v neinvertujícím (-) vstupu operačního zesilovače. Odporový dělič v invertujícím (+) vstupu by měl alespoň přibližně kopírovat hodnoty děliče s termistorem, přesné nastavení a vyvážení provedeme trimrem. Přitom sledujeme stav na výstupu komparátoru. Poté termistor ohřejeme na nějakou teplotu, kterou se nám podaří realizovat, například ohřát termistor ruku, přitisknout ho k hrníčku s horkým čajem, přiblížit páječku, zatím vše jenom pokusně. A teď zkuste nastavit výstup tak, aby LED svítila, nebo relé



v obvodu sepnulo, svítila žárovka, zatím vše proti zemi. Při ochlazení termistoru na pokojovou teplotu by při poklesu na určité hodnoty měl výstup změnit svůj stav skokem, tedy ne plynule, jak to bylo v zapojení lineárního ohmmetru nebo u stabilizovaného zdroje.

6. pokus

Vy budete měřit to, co máte, náš příklad je pouze ilustrativní. Místo zkušebního nastavování trimru tak, aby LED svítila nebo zhasla, si změříme napětí na vstupu, na kterém je připojen termistor. Poté budeme měřit napětí na druhém vstupu. Trimrem nastavíme toto napětí přibližně na podobnou hodnotu. A nyní zkusíme nastavit o trošičku menší nebo větší napětí. LED se nám rozsvěcí a zhasíná.

7. pokus

Termistor ohřejeme a změříme na něm napětí. Poté trimrem toto napětí nastavíme i na druhém vstupu. Mezitím termistor ochladí a LED zhasla. Obvod tedy máme nastaven pro sepnutí při předchozí teplotě. Opět měříme napětí na termisto-

ru a zahříváme ho. Když vlivem ohřátí termistoru jeho odpor klesne a napětí klesne až na velikost nastavenou na druhém vstupu, LED se rozsvítí.

8. pokus

Zkuste si realizovat jednoduchý teplotní spínač s výstupem na relé. Vhodné relé již umíte vybrat a použít. Použijte operační zesilovač, který jsme použili k předchozím pokusům, a podle toho si do svého schématu doplňte čísla nožiček. Samozřejmě, že si je nepamatujete. Naučte se hledat v katalogu, nalezené údaje použít a zase znovu zapomenout a uvolnit si paměť pro potřebnější informace. Součástí je tolik a další přibývají, že duševní hygiena, a k tomu patří i zapominání nepotřebných informací, je velmi důležitá. A umění najít si potřebné informace, až když jsou zapotřebí.

Slovníček:

temperature	teplota
ambient temperature	okolní teplota
resistor	rezistor
thermistor	termistor

sensor	čidlo (angl)
Fühler (m)	čidlo (něm)
czujnik	čidlo (pl)
comparator, Komparator,	
comparateur	komparátor

Prameny:

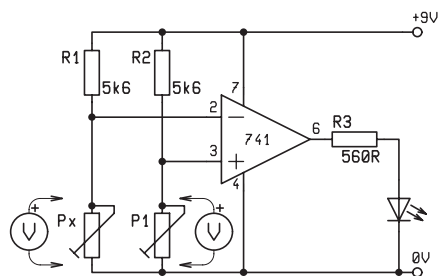
- [1] Rádio plus KTE 2/2002 MŠ 59. část Základní zapojení s OZ str.28, 29
 - [2] Rádio plus KTE 4/2002 MŠ 61. část Lineární ohmmetr, str. 27,28
 - [3] Rádio plus KTE 6/2002 MŠ 62. část Jiná verze lineárního ohmmetru, str. 27, 28
 - [4] Rádio plus KTE 10/2001 MŠ 55. část Relé, str. 30,31,
 - [5] Rádio plus KTE 11/2001 MŠ 56. část Použití relé, str. 30,31,
 - [6] AR 10/1973, Sluka, Z.: Zapojení s operačními zesilovači, str. 386, 387
 - [7] <http://www.belza.cz> – regulace otáček PC ventilátoru
 - [8] <http://www.thermometrics.com> – měření teplot
 - [9] <http://cd-amper.cz/firmy/p/pmec> – český výrobce termistorů
- Při vyhledávání na webu použijte jako klíčové nejen termistor, ale i thermistor.

Odporové čidlo

klíčová slova: horní mez, dolní mez, tepelná setrvačnost, hystereze, fotorezistor, regulace

Zopakujeme si, že mění-li se teplota prostředí, mění se i odpor odporového čidla. Při zvyšování teploty se u termistoru se záporným teplotním součinitelem NTC odpor snižuje. V zapojení na obrázku 1 se zvýšením teploty termistoru sníží jeho odpor a tím se zmenší i napětí na děliči R1–Rt, které je přivedeno na neinvertující vstup operačního zesilovače. Protože v tomto zapojení není zavedena zpětná vazba z výstupu na vstup, bude-li napětí na invertujícím vstupu větší než na neinvertujícím, změní se výstupní napětí skokem na maximální dodáženou hodnotu – samozřejmě nižší než je napájecí napětí. Toto zapojení lze použít například pro indikaci

- zahřátí na určitou mez
- přehřátí – překročení určité meze



Obr. 1 – Pokusné zapojení komparátoru

- nebezpečí překročení teploty
- To je pouze slovní vyjádření, záleží na tom, jaký význam vzrůst sledované teploty má.

U praktických realizací sledování změn teploty obvykle kromě indikace zvýšení teploty nastává nějaká reakce na tento stav. Buď indikované teplo

- nějak používáme,
 - nebo ho naopak nechceme a tak vypínáme vytápění
 - nebo dokonce zapínáme chlazení.
- Spínání je možno provést:
- tranzistorovým spínačem
 - relé
 - tyristorem nebo triakem
 - nebo i jinak

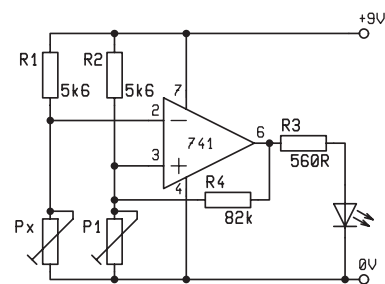
Tato témata jsme již probírali a tak si probírané zapojení můžete doplnit podle svých potřeb.

Hystereze

Nás teď zajímá přechodový stav mezi ohřátím na určitou mez a ochlazením pod tuto mez.

Zcela prakticky: u žehličky nebo mikropáječky (např. ERS–50 a jiných) vidíte indikaci opačnou. Světýlko svítí při ohřevu a při dosažení nastavené teploty zhasne. Žehlička nebo páječka jsou zahřáté a jejich teplo můžeme používat k žehlení nebo pájení. Přitom ale teplota žehličky nebo hrotu páječky opět klesá. Když klesne pod mez, při které se vytápění odpjilo, opět se zapne a vytápí. Jakmile

69. díl



Obr. 2 – Zapojení se zavedenou hysterezí

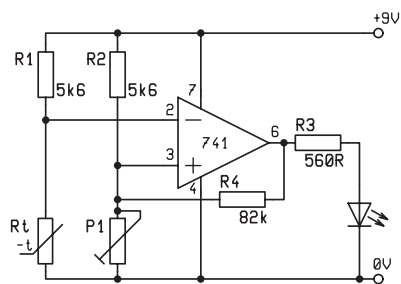
se zahřeje na nastavenou mez, odpojí se vytápění a teplota opět klesá, při poklesu se opět zapne.

Kdyby rozdíl mezi teplotou, kdy dojde k vypnutí a teplotou kdy dojde k zapnutí byl příliš malý, tak by se topné těleso zapínalo – vypínalo i při malých odchylkách teploty, obvod by doslova oscilloval, indikátor blikal. U žehličky nebo mikropáječky vidíte, že po zahřátí na určitou teplotu indikátor zhasne a topné těleso je odpojené a teprve po ochlazení na určitou teplotu opět začne zahřívání. Máme tedy dvě meze

- dolní mez
- horní mez.

Setrvání v tomto rozdílovém stavu na nezměněné hranici se říká **hystereze**.

V základním zapojení na obrázku 1 je hranice změny velice ostrá a u našich pokusů je tepelná setrvačnost termistoru i rychlost změn teploty tak velká, že po



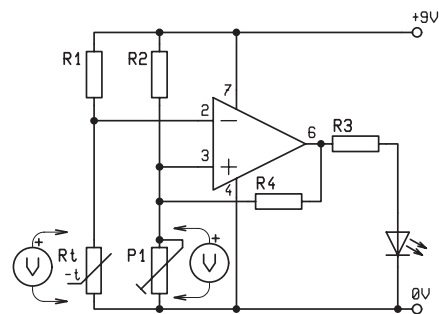
Obr. 3 – Teplotní čidlo s hysterezí

překročení hranice teploty nic nebrání jejímu zvyšování a tak se po přechodu hranice, při které se výstupní napětí operačního skokem změní, teplota ještě dále zvyšuje. Pokud bychom sledovali teplotu, která roste pomaloučku a při vypnutí vytápění (nebo zapnutí chlazení) by ihned klesala, došlo by výše popsanému neustálému zapínání a vypínání. Pro ilustraci chování obvodu s hysterezí si naše zapojení doplníme o rezistor vedoucí z výstupu na vstup – v obr. 2 to je R4. Ve schématech v literatuře najdete tento rezistor s hodnotou řádově megaohmy, my to pro účely malé školy trochu přežene, použijeme takovou hodnotu, aby změny byly dobře měřitelné, například 100k.

1. pokus

Pro jednoduchost si zapojíme místo termistoru opět trimr – na nepájivém kontaktním poli je to dílem okamžiku (výborný dárek k vánocům, že?) a nastavíme na něm hodnotu, kterou by měl termistor v klidovém stavu – tedy při pokojové teplotě. Druhým trimrem P1 nastavíme takovou hodnotu, aby komparátor byl ve stavu blízkém překlopení, ale ještě se nepřeklopil. To uděláme tak, že trimrem otáčíme tak, až se LED na výstupu právě zhasne a popojedeme jenom o kousek dál. Rezistor R4 zatím nezapojíme. Měříme obě vstupní napětí na základním obvodu (už máte vlastní digitální multimetr? Taký dobrý tip na dárek k vánocům).

A teď trimrem Px nahrazujeme změny vstupního napětí a všimneme si, při jakém napětí na vstupu se nám rozsvítila LED na výstupu – došlo ke skoku napětí



Obr. 4 – Měření napětí na vstupech

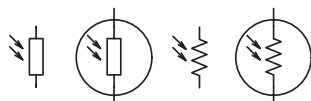
na horní hranici. Obě napětí na obou vstupech si napíšeme a porovnáme. Jsou takřka stejná.

2. pokus

Zapojíme rezistor R4 (viz obr. 2). Opět opakujeme tentýž pokus. Ha! Při nastavení trimru Px na hranici, kdy se LED rozsvítí, se napětí na druhém vstupu se změnilo! Poskočilo o kousek výš. A při otáčení trimrem zpět musíme napětí na nastaveném vstupu dorovnat až na tuto hranici. Pak dojde opět ke skoku napětí na vstupu na původní hodnotu. A máme hysterezi.

3. pokus

Místo trimru Px opět zapojíme termistor, R4 odpojíme a napětí na vstupech při pokojové teplotě vyrovnáme. LED nesvítí. Termistor začneme zahřívat, LED se rozsvítí. Termistor necháme zchladnout, LED zhasne.



Obr. 5 – Schématická značka fotorezistoru

4. pokus

Do zapojení z 3. pokusu zapojíme rezistor R4 a opakujeme. Termistor ohříváme, LED se rozsvítí. Termistor necháme opět zchladnout, ale LED nechce zhasnout ani při poklesu na původní teplotu! Termistor musíme dokonce ochladit, aby LED zhasla.

Pokus opakujeme a přitom měříme napětí na obou vstupech a všimneme si změny napětí na vstupu, kterou je pak třeba dorovnat.

Jak byl měřen zkušební vzorek:

U pokusu s termistorem, který má při pokojové teplotě 25 °C odpor 3 000 ohmů v zapojení podle obrázku 3 bylo na termistoru napětí asi 3,1 V (viz obr. 4). Toto napětí je přivedeno na neinvertující (–) vstup. Na invertujícím vstupu byl trimr P1 nastaven tak, aby se LED rozsvítila a pak jezdec pootečen tak, aby právě zhasla. Na tomto vstupu bylo naměřeno takřka totéž napětí, ale o desetinku nižší.

Malá mnemotechnická pomůcka: když je na kladném vstupu nižší napětí než na záporném, tak je komparátor ve stavu, kdy má na výstupu minimální napětí, někdy se říká, že je ve stavu „low“ – na dolní úrovni. A naopak, je-li na kladném vstupu větší napětí než na záporném, je ve stavu „high“ – na horní úrovni.

Při ohřátí v prstech se okamžitě LED rozsvítila, napětí na termistoru kleslo pod



Obr. 6 – Fotorezistor

úroveň napětí na pevném děliči v invertujícím vstupu.

Po povolení stisku se termistor po chvíli ochladil a LED zhasla.

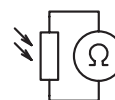
Při ohřátí teplem páječky asi 0,5 cm od termistoru napětí kleslo z původních 3,1 V na asi 2,5 V, nebo i méně, podle zahřátí. Při troše trpělivosti můžete sledovat, jak při vychládání termistoru napětí pozvolna roste a když doroste na hranici danou napětím na invertujícím vstupu, LED zhasne.

Při zapojení rezistoru R4 se zavede zpětná vazba z výstupu na vstup; ta věta nám nic neříká tak ji prakticky vyzkoušíme. Opět připojíme napájecí napětí. LED je zhasnutá, na invertujícím vstupu (3) je pevným děličem z předchozího pokusu nastaveno napětí o trochu menší, než na termistoru na neinvertujícím vstupu (–), Voltmetr připojíme na invertující vstup a sledujeme napětí. Při ohřátí termistoru se jeho odpor zmenšuje, zmenšuje se i napětí na neinvertujícím vstupu. Jakmile je na (–) vstupu menší napětí než na (+), LED se rozsvítí. Ale ouha, Napětí na vstupu (+) nám ucuklo! O trochu se zvýšilo. Takže aby LED zhasla, musí se napětí na termistoru snížit ještě POD původní nastavenou hodnotu, až na novou vypínací hodnotu. V pokusném zapojení při rezistoru R4 82k napětí poskočilo ze 3,1 V na 3,2 V. Zdá se to maličko, ale u termistoru to znamená několik °C.

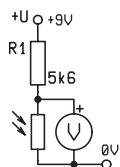
Když termistor zchladíme (studenou láhví nebo kouskem ledu z ledničky) a napětí na termistoru a děliči nastavovacího napětí se vyrovnají a LED zhasne, napětí na invertujícím vstupu opět poskočí na původní nastavenou hodnotu a LED bude zhasnutá až do doby, než napětí na termistoru při ohřátí doroste na tuto hranici.

Mnoho slov?

Vyzkoušejte si to raději sami prakticky. A co když použijte termistor s kladným teplotním součinitelem PTC, nebo ho dáte do horní větve děliče, nebo bude v děliči na invertujícím vstupu a nastavovat budete úroveň na neinvertujícím vstupu? Záleží na vás, jestli chcete být jenom „pojídači koláčů“ nebo máte na víc.



Obr. 7 – Měření odporu fotorezistoru



Obr. 8 – Měření napětí na fotorezistoru v děliči napětí

5. pokus

Stále jsme se motali kolem pokojové teploty a ochlazení pod pokojovou teplotu se musí provést uměle, tak zkusíme celý pokus provést při vyšší teplotě, než je pokojová.

Termistor opět zahřejeme v prstech na teplotu asi 35°C, při které se LED rozsvítí, necháme ho trochu ochladit, třeba na pokojovou teplotu nebo o něco vyšší a protože LED by sama nezhasla, trimr P1 nastavíme tak, aby LED právě zhasla. Máme nastavenou dolní mez hystereze. Ale tím jsme změnili i nastavení napětí na (+) vstupu, se kterým se porovnává napětí na termistoru. Nyní termistor opět zahříváme, pokud nestačí prsty, použijeme blízkost páječky, sledujeme, kdy se LED rozsvítí. To je horní mez hystereze. Při poklesu pod tuto teplotu LED nezhasne, musí klesnout až na dolní mez. No a máme simulovanou situaci při zahřívání tělíska mikropáječky.

Podobně pracuje i elektronický pokojový termostat například plynového kotle. Při poklesu teploty na určitou dolní mez, například 20 °C se v termostatu sepne relé a svými kontakty zapne kotel. Při zahřátí nad 20 °C se nevypne, ale nechává topení zapnuté až do doby, než teplota v místnosti bude například o 1 °C vyšší. Potom kontakty relé rozepnou a kotel vypnou. Zase až do doby, kdy teplota v místnosti s termostatem klesne pod tuto teplotu. Kdyby termostat neměl tuto hysterezi, tak by kotel i při sebemenším průvanu nebo otevření dveří zapínal a po zahřátí opět vypínal.

Fotorezistor

V katalogích najdete i další odporové čidlo, reagující na změny světla. V katalogích nebo na síti ho najdete pod názvy fotoodpor, fotorezistor, photoresistor, photorezistor, CdS sensor, apod. V dalším textu budeme používat pouze jeden název.

Vypadá jako kulatý nebo hranatý knoflíček s okénkem, ve kterém je klika-

tá pravidelná cestička, má dva vývody (viz obr. 5). Schématická značka (viz obr. 6) se v literatuře různých zemí liší, ale vždy má v sobě symbol rezistoru a symbol dopadajícího světla – šipky směrem k součástce.

Odpor lze změřit běžným ohmmetrem, fotoorezistory se vyrábějí v hodnotách řádově kiloohmů až stovek kiloohmů. To je tak zvaná jmenovitá hodnota. Podobně jako jsme termistory měřili při pokojové teplotě, tak i fotorezistory zkusíme měřit při běžném osvětlení. Ouha. Při přikrytí se odpor zvýší, při osvětlení se zmenší. Takže jmenovitý odpor je definovaný ve stavu bez osvětlení.

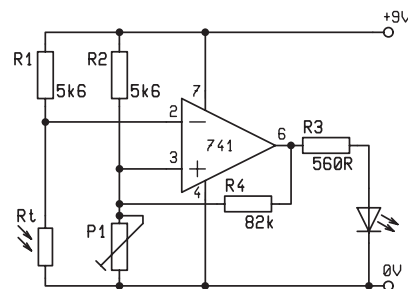
6. pokus

Měříme fotorezistor. Zkuste změřit jeho odpor ohmmetrem (viz obr. 7) s ručkovým měřidlem i v digitálním multimetru – pro porovnání, jestli se obě metody neliší. Víme, že měřící proud ručkovým měřidlem je takový, aby se vychýlila ručka, tedy řádově desítky až stovky mikroampérů, u DMM může být mnohem menší. Také je možno ho měřit i voltampérovou metodou a zjistit, jestli je jeho charakteristika lineární. U termistoru průchodem proudem dochází k vlastnímu ohřívání, které může ovlivnit jeho odpor. Tady vás sice také může zajímat, zda se odpor fotorezistoru při změnách teploty mění, ale hlavní vlastností fotorezistoru je citlivost na světlo.

Základním materiálem je selenid kadmiový CdS, čímž je vysvětlena i zkratka této součástky a označení ve schématech. Na rozdíl od fotodiody nebo fototranzistoru nemá anodu a katodu, nezáleží na jeho polaritě. Zkuste si ho sami při měření otočit, ať se přesvědčíte.

Zakryjte ho rukou, přeneste ho místo osvětleného sluncem, lampičkou, sledujte rychlost odezvy – tady sice není tepelná setrvačnost jako u termistoru, ale tato součástka má odezvu na změnu osvětlení dosti „línou“.

Zkuste lampičku se žárovkou 40 W nebo 100 W v lampě. Dojdete k poznání, že čím je zdroj světla intenzivnější, nebo blíže, tím je odpor nižší a naopak. Koumatvé čtenáře napadne i citlivost na světelné spektrum – na teplo nereaguje, takže je asi necitlivý i na infračervenou část spektra. Zkuste na něj svítit například infražárovkou – má červené světlo, používá se na léčení zánětů, nebo v líhních



Obr. 9 – Čidlo osvětlení s fotorezistorem

pro bažantíky, zda se bude odpor měnit. Nás ale zajímá nejvíc vliv na běžné denní světlo, nebo světlo žárovky, které má světelné spektrum podobné dennímu.

7. pokus

Nasimulujeme si dělič napětí podobně jako v zapojení s termistorem (obr. 8). Fotorezistor zapojíme do série s rezistorem R1 a tento odporový dělič připojíme ke zdroji napětí. Měříme napětí na fotorezistoru při různém osvětlení (osvětlení i zakrytí). Mění se v určitých mezích, které si poznamenejte.

8. pokus

Fotorezistor zapojíme to obvodu, ve kterém jsme měli termistor (viz obr. 9). Podoba je nápadná, takže funkci již znáte. Při osvětlení fotorezistoru jeho odpor klesne, klesne napětí na vstupu komparátoru, a rozsvítí se LED na výstupu.

9. pokus

Zkuste si sami doma udělat obrácené čidlo, reagující ne na osvětlení, ale na zhasnutí, na tmou.

To zdaleka není konec, sami si najděte podobné aplikace v literatuře, zkoušejte, bádejte, učte se a realizujte v praxi. Hezké vánoce a do nového roku všechno nejlepší.

Několik slovíček:

high	– vysoká
low	– nízká
temperature	– teplota
low temperature	– nízká teplota
high temperature	– vysoká teplota
limit	– mez
photoresistor	– fotorezistor
nominal	– jmenovitý (á)
value	– hodnota
regulation	– regulace
set	– nastavit, nastavená

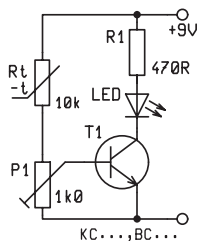
Fotorezistor, fotodioda, fototranzistor

klíčová slova: čidlo, fotorezistor, fotodioda, fototranzistor, porovnávání pro vyhledávání na webu: CdS, photocell, photodiode, phototransistor,

Fotorezistor mění při osvětlení aktivní plošky svůj odpor. Stejně jako rezistor nebo termistor nemá polaritu. Ještě se k nim z praktických důvodů vrátíme. Pro za-

čínající zájemce o elektroniku, pro které je zapojení s operačním zesilovačem, uvedené v předchozích kapitolách naší školičky zatím příliš složité, je zapojení na obr. 1.

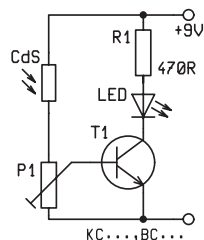
70. díl



Obr. 1

1. pokus

Místo operačního zesilovače použijeme křemíkový tranzistor. V některých schemech najdete označení TUN, což je zkratka pro Tranzistor Univerzální NPN, tedy tranzistor, který vyhoví ve většině univerzálních zapojení. V našem případě to může být nízkofrekvenční tranzistor KC507 až KC509, nebo jeho obdoba KC237 až KC239. K v katalogích TESLA Rožnov znamená křemík. Firma Siemens ve svých katalogích germaniové součástky označuje prvním písmenem A a křemíkové písmenem B. Další písmeno označuje typ součástky, zde písmenko C znamená nízkofrekvenční tranzistor, tedy tranzistor použitelný s napájením z běžných zdrojů napájení, tedy i z baterií používaných pro naše pokusy. Například tranzistory BC–něco. Zní to divně, ale na číslu opravdu většinou nezáleží, jenom je třeba dodržet polaritu tranzistoru uvedenou v návodu NPN nebo PNP, což si můžete podle jedné z prvních lekcí této školičky zjistit. Použijeme takový termistor, který se nám podaří sehnat z nějakého vysloužilého zařízení. Před zapnutím napájení trimr P1 otočíme jezdcem na tu stranu, kde je trimr připojen k „zemi“, tedy k zápornému pólu zdroje. Takže při zapnutí je mezi bází a emitorem tranzistoru prakticky nulové napětí, tranzistor nevede, LED nesvítí. Pomalým otáčením trimru najdeme polohu, kdy se LED právě rozsvítí. Potom se vrátíme do polohy, kde LED právě zhasne. A teď zkusíme termistor ohřívat buď v prstech nebo o hrneček s horkým čajem, nebo přiblížením horkého hrotu páječky. Odpor termistoru se teplem snižuje a do báze tranzistoru začne téci větší proud, který otevře tranzistor a LED v kolektoru se rozsvítí. Pokusy s teplem byly popsány v předchozích kapitolách.



Obr. 2

2. pokus

Místo termistoru zapojíme fotorezistor, v některých katalogích uváděný jako CdS, ve starší literatuře jako fotodpor. Jak již víme, fotorezistor má při běžném osvětlení nějaký odpor, který si můžete změřit ohmmetrem a při změnách osvětlení se tento odpor mění. Zapojení na obr. 2 je takřka shodné se zapojením na obr. 1. Velikost hodnoty trimru P1 volíme tak, aby bylo možno dostatečně citlivě nastavit takovou polohu jezdcce, kdy čidlo rozsvěcí LED.

- Logickou úvahou si řekneme, že při napájení z baterie 9V a napětí mezi bází a emitorem otevřeného tranzistoru asi 0,7 V je poměr horní větve děliče k dolní větvi v poměru napětí $9-0,7 = 8,3$ ku 0,7, tedy hrubě zaokrouhleno asi 10. Aby bylo možno trimrem nastavit pracovní bod podle změn odporu termistoru nebo fotorezistoru, zvolíme tuto hodnotu asi 5 × menší než je odpor termistoru nebo fotorezistoru při výchozím stavu – tedy teplotě nebo osvětlení.
- Ryze prakticky bez měření prostě použijeme trimr nějaké hodnoty, například 1 k a pokud by pracovní bod byl těsně za krajní polohou trimru, použijeme menší hodnotu, například poloviční. A pokud by ani nastavením na horní polohu trimru stále nedošlo k otevření tranzistoru, použijeme trimr s hodnotou například 10 × větší. Prostě se zkusmo někde trefíme ryze prakticky, pouze s logickou úvahou i bez měření.



Obr. 3 – Schéma diody

Fotodiody

Nebudte smutní, že nemáte pro pokusy termistor nebo fotorezistor, hledejte dál. Na základní desce videa nebo televizoru můžete najít čidlo dálkového ovládání. Mnohdy bývá ještě zakrytované v plechu, typická je pro něj tmavá ploška, za kterým bývá tak zvaná fotodiody nebo fototranzistor. Tmavá ploška je tmavá pro denní světlo, které přes ni neprochází a neovlivňuje tak čidlo. Pro dálkové ovládání elektrických spotřebičů – televizoru, videa, Hi-Fi věže, stahování žaluzií v bytě nebo i pro přenos signálů bezdrátové myši se používá většinou infračervené světlo. Infračervené světlo leží u červeného okraje spektra viditelného světla, také oheň nebo žhavá tělesa mají červenou barvu, kterou zasahují do viditelné části světla. Infračervenou složku už lidské oko nevidí, pro noční vidění slouží optické po-



Obr. 4 – Měření fotodiody

můcky, které pro převod infračerveného světla na viditelné používají různé prvky citlivé na toto infračervené záření, což je příklad i infračervené fotodiody. A tu teď máte v ruce. Fotodiodu také můžete najít na vraku disketové jednotky, nebo i jiných zařízení, která můžete prozkoumat a poučit se z nich. Dívejte se pozorně, každé rozebrané zařízení, na kterém už není co pokazit se může stát zdrojem poučení o používaných technologiích, součástkách a funkci zařízení.

Pozor!

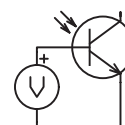
Pokud chcete některé součástky vypájet pro další pokusy, pájejte na dobře větraném místě, krátce a snažte se nevdechovat linoucí se kouř a zápach. Některé desky bývají ještě po zapájení opatřeny ochranným lakem proti korozi nebo dalším vlivům prostředí a při zahřátí se z nich mohou uvolňovat zdraví škodlivé látky.

Fotodiody mají schématickou značku (viz obr. 3) podobnou LED, ale šipky směřují dovnitř. Fotodiody se vyrábějí v nejrozličnějších provedeních

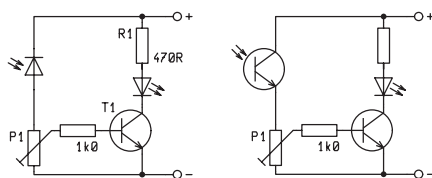
- podle citlivosti na světelné spektrum – pro viditelné světlo, pro infračervené záření a i pro ultrafialové záření.
- s čelním nebo bočním okénkem
- s různým provedením přívodů, v kovu, plastu, čiré, skleněné, plastové, tmavé, atd.

3. pokus

K diodě, o které si myslíme, že je to fotodiody, připojíme citlivý voltmetr přepnutý na stejnosměrný rozsah (viz obr. 4). Vyhoví běžný digitální multimetr, případně i univerzální ručkový měřicí přístroj DU10 nebo UNI10 a podobné. Abyste si udělali představu, co asi můžete naměřit, je zde uveden příklad měření neznámé fotodiody z jakého videa. Úmyslně, protože tak asi budete postupovat i vy. To je vodítko pro vaši další činnost v životě. Nehledat přesné návody, cestičky které před vámi vyšlapal někdo jiný. Máte vlastní rozum. Jen tak se stanete budoucím novým Voltou, Edisonem, No-vákem či Krajičkem.



Obr. 5 – Měření osvětleného přechodu tranzistoru

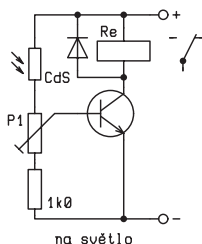


Obr. 6 – Zapojení a) fotodiody, b) fototranzistoru

Dioda položená na stole u okna v místnosti se zářivkovým osvětlením měla mezi anodou a katodou napětí asi 240 mV. Při zastínění rukou napětí kleslo na asi 160 mV. Reaguje! Při osvětlení stolní lampičkou napětí vzrostlo na asi 480 mV. Při zakrytí prstem napětí kleslo na asi 200 mV. Jak to? Při předchozím zastínění rukou bylo napětí jenom 160 mV a teď asi 200 mV proto, že na prst svítila stolní lampička a prstem světlo prosvítalo. Infračervené světlo může tělem teplokrevných živočichů, tedy m.j. s červenou krví, pronikat poměrně hluboko a prstem prostě prosvítá. To je mimoděk i jeden z důkazů, že zkoušená fotodioda reagovala na infračervené světlo. To nebyl cílený pokus, jenom logické zdůvodnění pozorovaného jevu. Při zhasnutí světla a dalším zakrytí diody napětí kleslo až na asi 50 mV. Nápad: přenést diodu do úplné tmy! Námitka - nebude vidět na měřicí přístroj. Vypadá to jako aprílové vyprávění, ale naučte se mít nápady a provádět jejich hodnocení a realizaci. Jste v škole praktické elektroniky. Při vložení fotodiody do uzavřeného sešitu na ní napětí kleslo asi na 20 mV. Závěr: bez osvětlení, tedy bez dopadající světelné energie na diodu není žádné napětí. Čím větší osvětlení, tím větší napětí, ale jenom do velikosti napětí na přechodu PN, tedy asi do 0,6 V. Zkuste zaměnit příklady o měřidla. V jedné pozici je před hodnotou napětí znaménko mínus, v případě kladné polarizace se znaménko nezobrazuje. Toto napětí je polarizované, fotodiody má lidově řečeno „plus“ a „mínus“. Na rozdíl od termistoru a fotorezistoru je u fotodiody třeba dodržet zapojení anody a katody podle schématu.

4. pokus

Přechody PN jsou i v tranzistoru, v [6] je uveden praktický nečekaný vliv náhodného intenzivního osvětlení na funkci elektronického zařízení tím, že světlo pronikalo do tranzistoru v kovo-



Obr. 7a – Obvod reagující na tmou

vém pouzdru kolem průsvitného zátavu přívodů. Zkusíme si rozebrat tranzistor v kovovém pouzdru. Například výkonovému NPN tranzistoru lze pilkou na kov uříznout po obvodu víčko a pokud nepoškodíte vnitřní strukturu, může zkusit měřit napětí na vývodech báze a emitoru. Při změnách osvětlení této vnitřní struktury se mění i napětí (viz obr 5). Pro úplnost si zkuste ještě změřit i napětí mezi bází a kolektorem a mezi kolektorem a emitorem. Tranzistory se v praxi dají jednoduše vyzkoušet jako dobrý/špatný ohmmetrem. Zkuste si takto osvětlovaný otevřený tranzistor změřit v propustném i závěrném směru ohmmetrem v DMM i ručkovým měřícím přístroji.

Fototranzistor

Tranzistory citlivé na světlo se nazývají fototranzistory. V pouzdru mají okénko pro osvětlení, nebo je celé pouzdro čiré. Kupodivu mnohé fototranzistory mají jenom dva vývody – emitor a kolektor, protože na bázi dopadá proud fotonů, takže i v některých schématech je nakreslená značka fotodiody a teprve v popisu nebo v rozpisce je uveden fototranzistor. Na schématické značce opět vidíme dvě šipky směřující do součástky.

V literatuře najdete nejrůznější zapojení s fotodiodami a fototranzistory, například laserových závor, testerů dálkového ovládání, a dalších. Protože jejich odezva na změnu osvětlení je mnohem rychlejší než u fotorezistorů, používají se i na přenos signálů optickou cestou.

Tato zařízení můžeme rozdělit zhruba podle reakce na stavy:

světlo/tma	– digitální
plynulé změny	– analogové
signálové	– oba způsoby

5. pokus

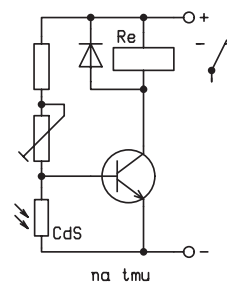
Pouze pro vyzkoušení si můžeme zapojení na obr. 1 upravit pro spínání fotodiodou (viz obr. 6a) nebo fototranzistorem (viz obr. 6b),

6. pokus

Obvod s fotorezistorem můžeme zapojit tak, aby nám reagoval na tmou (viz obr. 7a) nebo na světlo (viz obr. 7b). Funkce je jasná. Obdobně můžeme zapojit i obvod s termistorem, aby reagoval na zahřátí nebo naopak na ochlazení.

7. pokus

Místo LED můžeme do kolektoru tranzistoru zařadit vhodné relé, kterým můžeme něco spínat – něco... relé a připojování dalších obvodů a spotřebičů k jeho kontaktům jsme už probírali. Spotřebiče napájené střídavým napětím je lepší spínat triakovým spínačem řízeným oddělovujícím optotriakem – to jsme také probírali.



Obr. 7b – Obvod reagující na světlo
Praktická realizace

Obvod s termistorem můžete použít například k hlídání poklesu teploty k bodu mrazu – u budov po záplavách můžete termistory zazdívat sádrou na povrch mokré stěny a přívody od těchto čidel vést k zařízení, které jste na základě předchozích lekcí malé školy schopni alespoň teoreticky realizovat, který při poklesu na nastavenou teplotu spustí ventilátor případně zapne i napájení do topné spirály horkovzdušného ventilátoru. Bylo by možno například mokrou budovu až nad čáru zaplavení nasucho obezdít polystyrenovými deskami a mezi nimi a stěnou ponechat mezeru na proudění horkého vzduchu. Tento izolační obal ještě navíc těsně zakrýt PVC nebo PE fólií, aby vzduch neutíkal kde nemá. A mezi stěnu a tuto izolaci vhánět teplý vzduch, nechat ho proudit tak, aby stěna nepromrzla a krystalizací vody se zdívo nerozdrobilo. Proudící vzduch zároveň odvádí odpařovanou vlhkost. Nejde ani tak o vysušení, jako o zajištění, aby zdívo přes zimu nepromrzlo. Náklady na izolační obal i tu trochu elektroniky a horkovzdušný ventilátor jsou mnohonásobně nižší než zničená budova a její demolice, nehledě na citovou vazbu k poškozenému domu.

trocha slovíček:

photocelle	Fotocelle, e;	fotobuňka
IR –	IR	IČ
infrared	infrarot	infračervený
day light	Tageslicht, s	denní světlo
dark	finster, lichtlos	tmavý
light	licht	světlý
remote control	Fernbedienung, e	dálkové ovládání

Prameny:

- [1] Rádio plus KTE 11/2002 Malá škola
- [2] Rádio plus KTE 12/2002 Malá škola
- [3] Šedý, Václav; Rozeberte si PC
- [4] <http://www.pcpgr.com/camlight.htm>
- [5] <http://www.belza.cz/measure/do-test.htm> - tester dálkových ovladačů
- [6] Rádio plus KTE 1/1999 Malá škola
- [7] Rádio plus KTE 8/2001 str. 16–18 Otvírání kurníku
- [8] http://lucy.troja.mff.cuni.cz/~tichy/kap2/2_2_5.html

Fotorezistor, fotodioda, fototranzistor

71. díl

Klíčová slova: výstupní obvody čidel, čidla – komparace, vlastnosti světla, měření světla.

Aplikace čidel

Zopakujeme: čidla vlivem změn prostředí, na které jsou citlivá, mění své elektrické vlastnosti. V předešle probíraných obvodech se jejich stav porovnává s určitým pevným, neměnným, referenčním (vztažným) stavem. Při překročení těchto určitých hraničních, mezních, limitních, prahových stavů – horních (maximálních) nebo dolních (minimálních) se výstup z porovnávacího – komparačního obvodu používá k řízení nějakých dalších zařízení, nebo obvodů – rozsvícení, zhasnutí, zapnutí či vypnutí topení, nebo naopak chlazení, ventilátoru, topného tělesa, motoru, oběhového čerpadla, stínících žaluzií, otevření nebo zavření kurníku, zapálení hořáku, vypuštění vody, vypnutí nebo zapnutí lednice nebo otevření dveří, vjezdových vrat, zastavení výrobní linky kostkového cukru, vyvolání alarmu, spadnutí klece, napočítání dalšího kusu výrobku, osoby procházející turniketem, snímání otáček 5,25" diskety, přijímání pulzů infračerveného záření dálkového ovládání televizoru, videa, atd. atd.... Aplikací je mnoho a mnoho. Nejsou omezeny inženýrskými možnostmi, ale silou ducha, nápadů a fantazie. Připomeňte si sami(y) další a další aplikace.

Některé spínací obvody

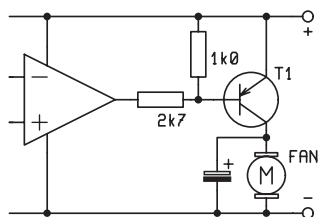
Pro ilustraci si připomeneme několik typických již publikovaných výstupních obvodů, kde na výstupu z komparátoru je:

- spínací tranzistor
- tranzistorem spínané relé
- optočlenem spínaný optotriak

Spínací obvody, relé, triaky, optočleny a jejich aplikace jsme již probírali v minulých částech.

Na obr. 1 je spínací tranzistorem přímo zapínán a vypínán ventilátor. V tomto případě stejnosměrný motor ventilátoru [1].

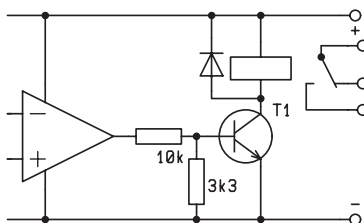
Na obr. 2 je spínací tranzistorem spínáno relé, které svými kontakty může



Obr. 1 – Spínací tranzistorem je přímo ovládán ventilátor

spínat „cokoliv“ – stejnosměrné nebo střídavé obvody s různým napětím (i kmitočtem), záleží jenom na provedení relé (lednici, plynový kotel ústředního topení, topné tělísko akvária, výstražnou dopravní značku „pozor náledí!“, světlo automatického majáku, veřejné pouliční osvětlení, atd. [2].

Na obr. 3 je v obvodu spínacího tranzistoru optočlen, kterým je spínán triak a ten může spínat „klasické“ spotřebiče napájené střídavým, obvykle síťovým napětím, i nejrůznější další zařízení napájená tímto napětím – oběhové čerpadlo slunečních kolektorů, reflektor, odsavač dýmu, záleží na vaší fantazii [3].



Obr. 2 – Spínací tranzistorem je spínáno relé, jehož kontakty ovládají další obvody

Vzájemné porovnávání – komparace

Poznali jsme, že podle zapojení termistoru v děliči můžeme vyhodnocovat zvýšení nebo snížení teploty vzhledem k určité, pevně nastavené mezi.

V jiném zapojení se dvěma čidly porovnáme snímaný stav na jednom čidle vzhledem k proměnlivému stavu na druhém čidle.

Příklady z praxe:

- když je voda ze slunečního kolektoru teplejší než voda v zásobníku, je zapnuté oběhové čerpadlo, které ji dopravuje do systému [3], [4] a jestliže je (například v noci nebo i ve dne po delším zamračení) voda z kolektoru studenější než voda v zásobníku, oběhové čerpadlo se zastaví, aby se voda v zásobníku neochlazovala. Srovnávací bod je teplota vody v zásobníku. V létě může být například 50 °C, zatímco na jaře nám může stačit, že během krátkého dne např. 20 °C teplá voda z kolektoru přehřívá pro další použití vodu v zásobníku o 10 °C studenější.
- Snímač reagující na světlé a tmavé plochy je musí rozlišit při velkém i malém celkovém jasu. Proto jsou použita dvě čidla. Vyhodnocuje se, zda na jednom čidle je snímán vyšší jas než na druhém. Protože při velkém celkovém jasu může být i na porovnávacím čidle vyšší úroveň napětí. A podobně i při malém

vlnová délka [nm]	barva
14 – 350	UV
395 – 425	fialová
425 – 455	indigová
455 – 490	modrá
490 – 575	zelená
575 – 590	žlutá
590 – 650	oranžová
650 – 750	červená
750 – 10 000	IČ

Tab. 1

celkovém jasu je napětí z porovnávacího čidla malé a k vyhodnocení se napětí na druhém čidle vzhledem k tomu referenčnímu čidlu. Uvedené zapojení vyhodnocovalo tmavé a světlé čtverečky na ČB monitoru počítače [5] a [6].

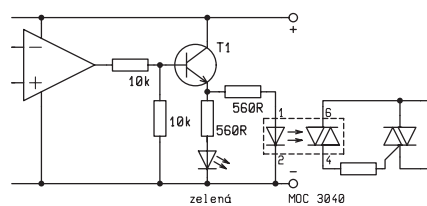
- Robot, který se natáčí za světlem, má dvě čidla a vyhodnocuje, zda je na obou stejné napětí. Jestliže na jedno čidlo dopadá méně světla, robot se otáčí tak, aby se napětí na obou čidlech vyrovnalo. Bez ohledu na určitou intenzitu.
- Podobně se zaměřuje dalekohled sledující sluneční skvrny, sluneční kolektory na ohřev vody nebo sluneční fotovoltaické články.
- Člověk vyhodnocuje směr zvuku dvěma ušima, totéž lze elektronicky realizovat dvěma mikrofony na vstupech.

Měření teploty a intenzity osvětlení

Místo vyhodnocování mezních stavů a použití pro spínání je možno tyto hodnoty měřit a naměřené napětí převádět na příslušné jednotky.

Teploměr

Jestliže v zapojení ohmmetru, které jsme již probírali, zapojíme místo neznámého rezistoru s pevnou hodnotou termistor, bude se při změnách teploty jeho odpor měnit. Není nic jednoduššího, než stupnici měřidla přestříkat bílým sprejem a nakreslit si novou stupnici. Tu si ocejchujete v jednotkách, která vám bude vyhovovat – °C, °F nebo Kelvinech. A zase: nic vás neomezuje, aby jste pou-



Obr. 3 – Tranzistorem je ovládán optočlen a jím triak

vlnová délka [nm]	barva
428	modrá
470	modrá
475	modrá
526	zelená
555	zelená čistá
565	zelená
574	zeleno žlutá
585	žlutá
590	jantar. žlutá
605	oranžová
615	oranž. červená
630	červená
635	červená super
655	červená diff.
697	červená tmavá

Tab. 2 – vlnové délky barvy nalezené podle LED v katalogu

žili vaše vlastní značky na měřidle – sněhovou vločku nebo rampouch, sněhuláčka pro nízké teploty apod. u měřidla sledujícího pokles teploty pod zámrazovou teplotu, kdy je nutno zapnout ohřívání potrubí, nebo čehokoliv. Nic vás neomezuje. Měřič teploty motoru auta má také jenom několik čar a červené políčko. Víc není zapotřebí.

Samozřejmě se vyrábějí přesné teploměry. Měření teplot je celá věda. Návo-
dy na stavbu amatérských teploměrů najdete v literatuře.

Totéž platí pro měření intenzity osvětlení. Rozlišuje se jas, osvětlení, přímo dopadající nebo rozptýlené světlo i barevné spektrum.

Expozimetr

Nejjednodušší zařízení na měření světla je tak zvaný expozimetr. Podobně jako u trochu nezvyklého nápadu označit teploty na teploměru obrázky ani na expozimetru nemáte uváděné číselné hodnoty luxů, ale ručička ukazuje na políčko s číslem, podle kterého nastavujete expozici – čas a clo-
nu, samozřejmě ještě podle citlivosti filmu.

Expozimetry se vyrábějí v podstatě dvojího typu:

- bez baterie
- s baterií

- V expozimetru bez baterie je pouze fotočlánek a ručkové měřidlo. Jako fotočlánek se u prvních expozimetrů používal nejstarší známý typ – selenový článek. Selenový článek je pradědeček dnešních germaniových a křemíkových součástek.
- V expozimetru s CdS fotorezistorem musí být elektrický článek (nesprávně nazývaný baterie, protože baterie je tvořená několika články). Fotorezistor není zdrojem napětí, mění svůj odpor podle změn světla dopadajícího na citlivou plochu.

V obvykle používaných fotoaparátech a kamerách je expozimetr již součástí vnitřního vybavení pro automatické nastavení expozice.

U expozimetru je nejdůležitější to, že měří ve spektru viditelného světla, kterým se má exponovat film. Zatímco polovodičové fotocitlivé prvky uváděné v katalozích mají různou citlivost pro různé části spektra.

Světelné spektrum

Viditelné světlo tvoří pouhou část kmitočtového spektra, v katalozích se obvykle uvádí jako vlnová délka od 400 nm do 750 nm. Pokud chceme ke svým pokusům použít nebo koupit nějaký fotocitlivý prvek, je třeba se v katalogu podívat na tento parametr. Například fotodiody firmy Siemens SFH206 je citlivá na IR i na viditelné světlo, obdobný typ SFH206K má filtr, který propouští pouze IR záření.

Názvosloví zkratk vychází z němčiny i angličtiny IR je infrarot nebo infrared tedy infračervené (IČ) záření. Slovo záření je přesnější, protože slovo světlo vyjadřuje pouze viditelné světlo. Pokud říkáme, že infračervená lampa má infračervené světlo, vyjadřuje pouze to, že vidíme, že při zapnutí svítí červeně, ale většina záření je infračervené, které již oko nevnímá jako světlo, má spíše tepelné účinky na prohřívanou tkáň. Podobně je UV – ultraviolet česky ultrafialové záření.

Lidské oko vnímá kmitočty pásma označovaného jako viditelné světlo jako barvy v pořadí, které je možno vidět v duze. Prý kdysi jakýsi učitel fyziky Čermák naučil děti mnemotechnickou pomůckou pro zapamatování pořadí:

Čermák Oznamuje Že Zítra Máme Fyziku (Č – červená, O – oranžová Ž – žlutá, Z – zelená, M – modrá F – fialová).

Tab. 1 si nemusíte pamatovat, pokud chcete vědět, na jakou barvu, nebo na jaký rozsah barev je součástka citlivá, pomůžeme údaji o LED diodách katalogu [9].

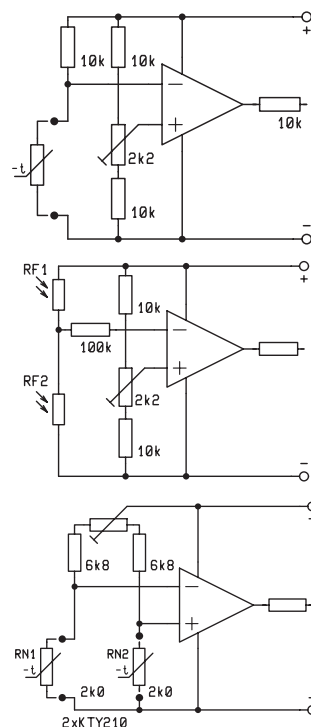
Takže například fotodiody:

BPW21 citlivá na 350 až 820 nm je citlivá na celé spektrum viditelného světla i okraj UV a

BPW41N na 925 nm – tedy na infračervené záření této vlnové délky a fototranzistor

BPW40 s rozsahem 520 až 950 nm je citlivý na spektrum od zelené až po okraj infračerveného záření, není citlivý na modrou a modrozelenou, ani na UV záření.

Pro vaše pokusy budete v katalogu hledat i tyto údaje a také směr a úhel, ve kterém je součástka citlivá. Některé z čelní plošky, jiné z boky.



Obr. 4 – Komparátor porovnává napětí ze dvou snímacích prvků současně

Některá slovíčka

green	zelená
pure green	čistá zelená
amber	jantarová
infrared (IR) – infrarot	infračervený (IČ)
ultraviolet (UV)	ultrafialový
sensitive area	citlivá ploška
luminance	osvětlení
direction	směr
angle	úhel
surface	povrch, plocha
flat	plochý
surface not flat	zakřivená ploška (na fotodiodě)

Pro názornost výkladu byla použita zjednodušená schémata již publikovaných zapojení, která najdete v těchto odkazech:

- [1] Praktická elektronika C – stovebnice a konstrukce 6/01 str. 27–28
- [2] Rádio plus KTE 1/99 str. 7; Teplotní spínač – stovebnice č. 393
- [3] Praktická elektronika – A radio 9/97, str. 23–24, Ščerka, Rastislav.: Ovládač slábných kolektorov
- [4] Praktická elektronika – A radio 11/00, str. 26, Kadlec, Jiří: Teplotní rozdílo vý spínač
- [5] Sdělovací technika 7/85 str. 271
- [6] A Rádio – konstrukční elektronika 3/97, str. 78
- [7] Rádio plus KTE 1/99 str. 8; Světelný spínač – stovebnice č. 394
- [8] A Rádio – konstrukční elektronika 6/01 str. 16
- [9] Katalog GM electronics

Kandela – svítivost

72. díl

Klíčová slova: svítivost, kandela, záření, světlo, fotometrie, osvětlení, infračervené záření

Základní pojmy

- Záření:** přenášení energie elektromagnetických vln (ale i částic) prostorem.
- Zářivá energie:** úhrn energie záření na všech vlnových délkách, ať je vidíme nebo ne.
- Světlo:** záření které je vnímáno jako světlo (přijímáno okem a vyhodnocováno v mozku).
- Svítivost:** obvyklý katalogový údaj u LED – uváděnou v kandelách, ze zkratkou cd, obvykle však v milikan- delách, zkratka mcd.

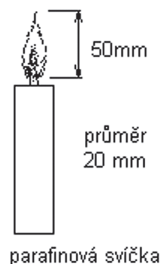
Podrobnosti najdete v učebnicích a literatuře. My se dnes budeme zabývat viditelným světlem a infračerveným zářením.

Svítivost

Když fyzikové dospěli k nutnosti vy- jádřit svít, svítivost, sílu světla, použili jako srovnávací objekt svíčku. Citace z knížky vydané v Olomouci roku 1902 [viz 1; str. 216]:

„Jednotkou svítivosti je normální sví- čka parafinová 2 cm v průměru s plame- nem vysokým 50 mm, anebo Hefnerova lampa (octan amylatý) s plamenem 40 mm vysokým. Hefnerova lampa se má ku svíčce normální jako 1 : 1,2. Na konfe- renci elektriků (1884) byla za jednotku světla ustanoveno množství světla, jež dává 2 cm² tavící se platiny (jednotka Vi- ollenova). Roku 1889 byla zavedena normální decimální svíčka, rovnající se dvacetině jednotky Viollenovy.“

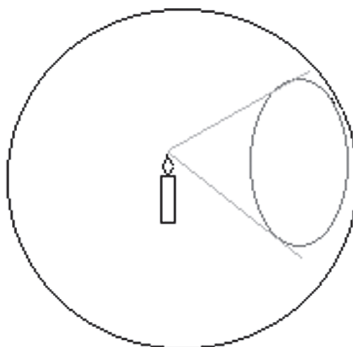
Pokračuje volný překlad z [2]: Roku 1909 se národní laboratoře USA, Fran- cie a Velké Británie rozhodly přijmout mezinárodní svíčku (International Can- dle) definovanou podle žárovky s uhlíko- vým vláknem. Německo v té době zůstá- valo u své definice Hefnerovy svíčky. Ale



Obr. 1 – Svíčka s jednotkovou svítivostí

standard založený na svitu žárovky byl závislý na její stabilitě, i když již už od roku 1933 byl známý později přijatý prin- cip definice podle emise světla z černé- ho tělesa při teplotě tuhnutí platiny (2045 K). Jednotky svítivosti odvozené od velikosti plamene nebo žhnutí vlákna žárovky používané v některých zemích tak byly již před rokem 1948 nahrazeny původně „novou svíčkou“ odvozené od svítivosti Planckova zářiče (černého tě- lesa). Připravovala ji komise pro osvětle- ní CIE od roku 1937, vyhlášena roku 1946 a ratifikována roku 1948. Dostala nový název candela (označení cd).

V některých učebnicích, literatuře a i na netu stále najdete starší definici (např. viz [3]): Svítivost jedné kandel má 1/60 cm absolutně černého tělesa při teplotě tuh- noucí platiny při tlaku 1 atmosféry.



Obr. 2 – Světelný tok v prostorovém úhlu 1 steradián osvětlí na kulové ploše s poloměrem 1 m plochu 1 m²

Absolutně černé těleso je hypotetický objekt, který pohlcuje všechno, jím za- chycené záření a tak je tedy černé. Při teplotě 1772 °C je ale rozžhavené, po- dobně jako wolframové vlákno v žárov- ce a tak „svítí“. Velikost 1/60 cm² předsta- vuje ploška 1 a 2/3 mm².

Protože se černé těleso při vysoké teplotě těžko realizovalo, byly využity nové možnosti radiometrie v měření optického zářivého výkonu ke stanovení nové definice kandel. Kandela je jed- notka pro světelné záření v daném smě- ru ze zdroje, které emituje monochroma- tické záření na frekvenci 540×10^{12} Hz a má v tomto směru intenzitu 1/683 wattu na steradián (viz [2, 4]).

Steradián je jednotkový prostorový úhel, který na kulové ploše ohraničuje plochu rovnou druhé mocnině polo- měru. Takže na kulové ploše o poloměru 1 m ohraničuje plochu 1m² (celá kulová plocha má 4π steradiánů).

Frekvence 540×10^{12} Hz odpovídá vl- nové délce žltוזeleného světla 555 nm, na kterou je lidské oko nejcitlivější (znáte

příkon [W]	světelný tok [lm]
40	430
60	730
100	1380
200	3150

Tab. 1

ji jako reflexní, někdy také nazývanou „signální“ barvu). V literatuře se setkáte s V-lambda křivkami, které byly získány experimentálně měření citlivost zraku mnoha osob a podle těchto výsledků standardizovány.

K číslu 1/683 W se došlo přepočítá- ním z původní definice.

Svítivost LED

V katalogu máme LED zhruba rozdě- lené do skupin podle svítivosti:

- obvyklá – 1 až 10 mcd (většinou kolem 2,5 mcd)
- zvýšená – 100 až 1000 mcd (obvyk- le kolem 140 mcd)
- velmi vysoká – 1000 až 9500 mcd.

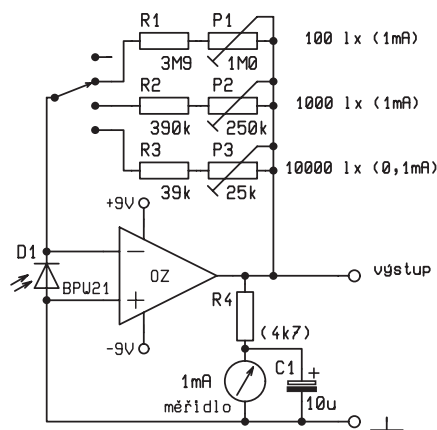
U některých LED je ale uveden i pa- rametr světelného toku lm – mililumen.

Světelný tok

Ve fyzice se učíte i o světelném toku (luminous flux; Lichtstrom) F v lumenech (lm). Lidově řečeno: světelný tok [lm] je roven svítivosti [cd] násobené prostoro- vým úhlem, ve kterém je světlo vyzařo- váno, nebo uvažováno V katalogových listech žárovek a osvětlovacích těles můžete najít údaje v lumenech. Napří- klad v [6] je tabulka (viz tab. 1) údajů svě- telného toku běžných žárovek

Osvětlení

Pro osvětlení (illumination, lighting; Be- leuchtung, Beleuchtungsstärke) E se pou- žívá jednotka 1 lux (lx). Měření intenzity osvětlení se provádí z praktických důvodů:



Obr. 3a – Jednoduchý luxmetr s kalibrací každého rozsahu zvlášť

* u stanovení správné expozice při foto-
grafování a filmování (na film i při digitál-
ním záznamu)

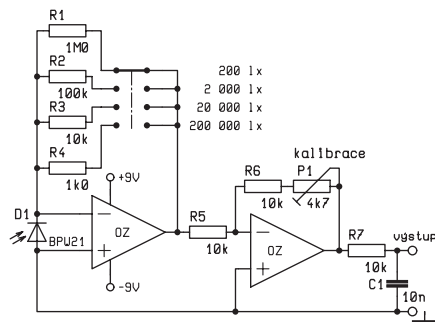
* u stanovení vhodnosti osvětlení prostře-
dí v obytných i veřejných budovách
a prostranství.

Osvětlení 1 lux je

a) v místě 1 m vzdáleném od zdroje svět-
la se svítivostí 1 kandela

b) nebo tam, kam dopadá světelný tok
1 lumen na 1 m².

a) Z praxe víte, že stolní lampička se 40 W
žárovkou vám osvětlí pracoviště lépe, než
lampa se stejnou žárovkou u stropu.



**Obr. 3b – Kalibrace pro všechny
rozsahy společná**

Podle prvního Lambertova zákona se
intenzita osvětlení snižuje se čtvercem
vzdálenosti

$$E = I/r^2 \text{ [lx; cd, m]}.$$

Praktický příklad:

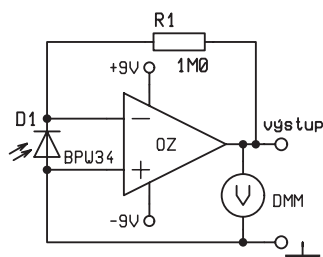
Jestliže použijete například vysoce
svítivou bílou LED s 8000 mcd (tedy
= 8 cd) jako montážní světýlko při oprá-
vách elektronických zařízení, osvětlí vám
ji ze vzdálenosti 1 m intenzitou

$$E = 8/1 \text{ což je } 8 \text{ luxů.}$$

Ze vzdálenosti 10 cm (tedy 0,1 m), je
intenzita již

$E = 8/0,1^2$, což je 8/0,01 a tedy 800 luxů
a vzdálenosti 2 cm to je dokonce
2000 luxů.

b) Jestliže má nějaký zdroj světla (na-
příklad baterka) svítivost 20 cd v úhlu
asi 60°, odpovídá světelnému toku
20 lumen vyzařujícím do světelného
kuželu s prostorovým úhlem 1 steradi-
án. Na kulové ploše 1 metr od zdroje
světla osvětlí plochu 1 m². Jakýkoliv ob-
jekt, který je na této ploše je osvětlen
20 lm/m². Tedy 20 lx. A je jedno, jestli to



**Obr. 3 – c) Principiální pokusné zapojení je třeba doplnit o napájení,
d) obvod z c) je třeba doplnit o napájení**

venkovní prostředí	osvětlení [lux]	světelný tok [lm]
slunečno	50 000–100 000	3 000–6 000
skorojasno	25 000–50 000	1 500–3 000
polojasno	10 000–25 000	600–1 500
skorozataženo	2 000–10 000	120–600
zataženo	100–2000	6–120
západ slunce	1–100	0,06–6
úplněk	0,01–0,1	0,0006–0,006
svit hvězd – jasná obloha	0,0001–0,001	0,000006–0,00006
vnitřní prostředí	osvětlení [lux]	světelný tok [lm]
operační sál	5 000–10 000	300–600
výkladní skříň	1 000–5 000	60–300
projekční kancelář	300–500	18–30
kancelář	200–300	12–18
obytné místnosti	50–200	3–12
chodby	50–100	3–6
dobře osvětlené ulice	20	1,2
slabé pouliční osvětlení	0,1	0,006

Tab. 2 (převzato ze [7])

jsou dveře, na které si chcete posvítit,
nebo oko, do kterého vám někdo bater-
kou svítí, nebo čidlo měřidla osvětlení.

Vztah vyjadřuje vzorec:

$$E = F/S \text{ [lx; lm, m}^2\text{]}$$

Na internetu můžete najít mnoho od-
kazů (viz prameny na konci článku), na-
příklad i tab. 2 (viz [7]).

Jednoduchý luxmetr

Obvykle je zapotřebí změřit osvětlení
ve spektru viditelného světla, u solárií ve
spektrách UV záření. Buď se vyhodno-
cuje jako celek, nebo jako úhrn záření
na všech vlnových délkách v měřeném
spektru.

Jako čidlo je možno použít například
fotodiodu BPW21 nebo asi desetkrát
levnější BPW34, která má v katalogu
uváděné spektrum citlivosti v celém
pásmu viditelného světla. V literatuře (viz
[8] a [9]) je tato fotodioda připojena na
vstup operačního zesilovače a ve zpětné
vazbě je přepínač rozsahů a rezisto-
ry pro jednotlivé rozsahy. V zapojení na
obrázku a) jsou jednotlivé rozsahy na-
stavovány každý zvlášť, v zapojení b) je
luxmetr kalibrován až dalším zesilova-
čem pro všechny rozsahy společně. Na-
měřenou hodnotu lze číst na ručkovém
měřidle nebo na digitálním multimetru.
Opět se s výhodou využijí rozsahy měřic-
ích přístrojů. V zapojení podle [8] se vy-
užívá rozsah multimetru 2 V a tak jsou
rozsahy stanovené 200 lx, 2 000 lx,
20 000 lx a 200 000 lx. V zapojení [9] je

využitě ručkové měřidlo se 100 dílko-
vou stupnicí a tak jsou i rozsahy stano-
vené 100 lx, 1 000 lx a 10 000 lx.

Kalibrace

Osadit plošný spoj je snadné, ale bez
kalibrace je to pouhá hračka pro demon-
strování možnosti měření osvětlení. Prá-
vě proto předcházet dlouhý teoretický
rozběr.

Autor [8] pro kalibraci používá referenč-
ní luxmetr. Pokud vám ho někdo půjčí.

V [9] je pro kalibraci použita běžná
„mléčná“, matová žárovka 100 W.

Pro rozsah 100 lx je umístěna 1 m
daleko a kolmo k citlivé plošce čidla.
Trimrem P1 je ručka 1 mA měřidla na-
stavena na konec stupnice.

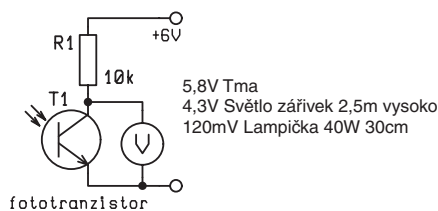
Pro rozsah 1000 lx je umístěna 30 m
daleko a ručka 1 mA měřidla je nastave-
na na konec stupnice trimrem P2.

Pro rozsah 10 000 lx je umístěna
30 cm daleko, ale trimrem P3 se nastavuje
na 0,1 mA, tedy na desetinu plné
výhyčky ručky.

Vlastní pokusy

Obvod zapojíte podle obrázku c). Pro
napájení použijete symetrický napájecí
zdroj, které jsme již probírali, nebo si
pomůžete jednoduchým odporovým dě-
ličem. Pozor, nezapomeňte na blokovací
kondenzátory u napájení, jinak se vám
může stát, že napětí ne a ne a nebude
symetrické. Stačí 68 nF u každého přívo-
du napájení, případně ještě 10 μF.

Do zpětné vazby zapojíme rezistor
1 MΩ a na výstup připojíme běžný digi-
tální multimetr nebo ručkové měřidlo.
Pracoviště by mělo být osvětleno tak,
abyste viděli na měřidlo, ale ne na pří-
mém slunci u okna, protože i odražené
světlo by vám ovlivňovalo vaše úvahy
o osvětlování. Vaše naměřené hodnoty
si pište. V úplné tmě nebo při zakrytí čí-
dla by výstupní napětí mělo být 0 V. Při
osvětlení běžným osvětlením najdete
další hodnotu. Pokud měříte večer,



Obr. 4 – Pokusné zapojení fototranzistoru

v místnosti při umělém osvětlení, můžete zkusit použít běžnou stolní lampičku se 40 W žárovkou ve vzdálenostech od 1 metru až asi do 10 cm. Nyní zkuste do zpětné vazby zapojit rezistor 2 MΩ. Naměřené hodnoty by měly být dvojnásobné.

Při pokusné kalibraci místnost zatemněte a použijte 100 W nekrytou matovou žárovkou. Nejlépe ve volně stojící lampě bez stínítka nebo odrazového krytu. Pozor na spálení! Žárovka je horká! Pokud jste mladí výzkumníci, nedělejte tyto pokusy sami, vždy v přítomnosti dospělého.

Která je která?

Z obchodu jste si přinesli LED pro infračervené záření a infrafototranzistor. V katalogu a v literatuře bývají uvedené například IRE 5 a IRS 5 nebo L53P3C a L53F3C jiné. I když vám je pečlivý prodáváč dal do dvou pytlíčků a označil, určitě se vám stane, že se vám na stole smíchají. A teď která je která? Vypadají podobně.

S výhodou použijete váš digitální multimetr. Máte obvykle 2 možnosti zkoušení:

- ohmmetrem
- zkoušečku diod

Měříte v jednom směru a pak ve druhém - prostě přehodíte přívody

a) infra LED

- ohmmetrem v obou směrech nepropustná, veliký odpor >10 MΩ
- diodová zkoušečka – v jednom směru stejné napětí, jako když nic není připojené (u DMM APPA 98 je to například 2,63 V), ve druhém směru „nějaké“ napětí, například 1,05 V.

b) fototranzistor (má dva vývody, někdy si ho v literatuře pletou s fotodiodou)

- Ohmmetrem – v jenom směru (nepropustném) má veliký odpor >10 MΩ, ve druhém se odpor mění podle osvětlení - při zakrytí prsty například 7 kΩ a při osvětlení lampičkou 40 W ze 30 cm má odpor asi 60 Ω – reaguje na světlo.
- Zkoušečkou diod – v nepropustném směru stejné napětí jako u nepřipojené součástky, v propustném totéž při zakrytí – tmě a při osvětlení se napětí zmenšuje (například až na 45 mV).

Podobně si sami zkuste změřit fotodiodu a porovnat si její vlastnosti s fototranzistorem. Zkuste změřit napětí mezi

vývody při tmě a osvětlení a pak si udělejte sami závěr.

Neviditelné světlo

Když ji zkusíte zapojit jako běžnou LED přes rezistor – nic (viz obr). Nic nevidíte, svítí v infračervené, pro lidské oko neviditelné části spektra.

Přípravek na zkoušení

Pro vyzkoušení správné činnosti LED s infračerveným zářením si pomůžeme jednoduchým přípravkem. Má dvě části: vysílací a přijímací.

a) IR čidlo

Na nepájivém kontaktním poli (nebo v nouzi připojením do elektrikářské „lustrovky“) zapojíme fototranzistor do série s rezistorem R1 a obvod připojíme na napájecí napětí, například na 4,5 V z ploché baterie, nebo jiné napětí. U zkušební vzorku jsme použili 6 V. Měříme napětí na kolektoru fototranzistoru. Běžným voltmetrem, jaký máte, stačí i ten nejlacinější digitální multimetr.

Naměříte nějaké napětí, menší, než je napájecí, protože fototranzistor je osvětlen.

Při zakrytí v prstech, nebo černou křabičkou od filmu, nebo jakkoliv jinak se napětí zvýší skoro až na hodnotu napájecího napětí - fototranzistor nevede.

Při osvětlení zblízka – například stolní lampičkou toto napětí klesá, tranzistor vede.

Čidlo přikryjeme dlaní ruky, měříme výstupní napětí a ruku shora prosvítím stolní lampičkou nebo baterkou. Tělem prochází červená složka spektra, proto fototranzistor reaguje. Můžete zkusit i jiné zdroje světla a filtry.

Závěr: tento fototranzistor reaguje na viditelné i červené světlo.

b) IR LED

IR LED zapojíme do série a rezistoru R2. Nevidíme, že by svítila.

Otočíme ji směrem k fototranzistoru. Napětí na fototranzistoru klesne. Zkusíme mezi LED a fototranzistor vkládat neprůhlednou přepážku - napětí reaguje. IR LED tedy „svítí“.

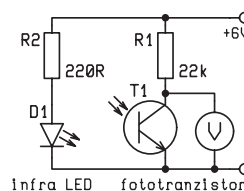
Pokus: zkuste obrátit polaritu LED. Teď IR čidlo reaguje na běžné osvětlení. Proto se před infračervené čidlo vkládá filtr, aby jeho činnost nebyla ovlivňována okolním světlem. K pokusům s výhodou využijte krycí „sklíčka“ nebo „čepičky“ z čidel dálkového ovládání z vraků videomagnetofonů, nebo televizorů, které vám hodní sousedé a příbuzní nosí k vašim pokusům, nebo je sami vykuháte u popelnic.

Kterou stranou se čidlo dívá?

Obvyklé LED vyzařují „nahoru“ tedy ve směru osy. Také dosud probíraná čidla (fotorezistor, fotodioda, fototranzistor) měla citlivou plochu (sensitive area) oto-

čenou tímto směrem. V praxi ale často potřebujeme, aby citlivá plocha byla na boku. V katalogích bývají uváděné jako „side looking“. U některých čidel na první pohled vidíme „očíčko“, plošku nebo jakousi „pecičku“ nebo kapičku sklovité hmoty, kudy světlo dopadá na citlivou oblast. U jiných čidel aktivní plochu (active area) zjistíte pokusem a omylem (trial and error), nebo je v katalogu označená NOT FLAT AREA – doslova „ne plochá plocha“, tedy ta zaoblená.

Chraňte si zrak: osvětlení pracoviště nebo prostředí má být přiměřené. Příliš slabé osvětlení namáhá zrak a příliš silné osvětlení je nepříjemné. Správně volené osvětlení se posuzuje i u projektů staveb a může být kontrolováno i hygienickou službou speciálním měřicím přístrojem – luxmetrem.



Obr. 5 – Mezi infra LED a fototranzistorem vkládejte neprůhlednou přepážku

Prameny:

- [1] Přehledy věd přírodních k potřebě učitelstva a studujících napsal Jan KRANICH, nákladem R. Prombergara, Olomouc, 1902,
- [2] <http://physics.nist.gov/cuu/Units/candela.html>
- [3] <http://www.ucalegon.com/~gopsi/encyclopedia/candela.htm>
- [4] http://www.natmus.dk/cons/tp/lightcd/light_cd.htm
- [5] <http://www.elkovo-cepelik.cz/teorie/fotometrie.htm>
- [6] Größen-Formeln-Begriffe, Siemens Aktiengesellschaft, Berlin- München, 1972
- [7] <http://www.electro-optical.com/whitpapers/candela.htm>
- [8] Praktická elektronika C 6/1998, str. 26-27 – Luxmetr k multimetru
- [9] Everyday Practical Electronics, December, 2001, str. 878
- [10] Katalog GM electronics

Slovíčka:

candle	svíčka
area	plocha
illuminated area	osvětlená plocha
light cone	světelný kužel
incandescent	žhnoucí, zářivý
incandescent lamp	žárovka s teplým světlem, na rozdíl od zářivky nebo výbojky se studeným teplem

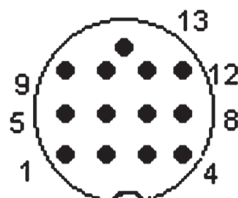
bulb	žárovka	pearl	perleťová, u nás	side	bok, boční
bulb light	žárovka		tzv. „mléčná“	look	dívat se
incandescent lamp	žárovka	frosted	pískovaná, u nás	side looking	čidlo citlivé
			tzv. „matová“		z boku.

Ještě se trochu vrátíme

klíčová slova: internet, Active-X, modem, poplatky; autorádio, konektor; stmívač, čidlo

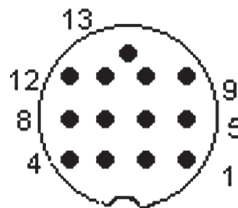
Dnes se vrátíme ke třem již probíraným tématům, která stojí znovu za povšimnutí:

- [1] HW ochrana před „Active X“ Rádio plus KTE č. 3/2001, str. 10–11, Jan David, stavebnice č. 506,.
- [2] Autorádio Rádio plus KTE č. 1/2000, str. 34–36, Malá škola, 37. část.
- [3] Fázový regulátor výkonu (stmívač osvětlení) Rádio plus KTE č. 11/2000, str. 16–17, stavebnice č. 490



Obr. 1

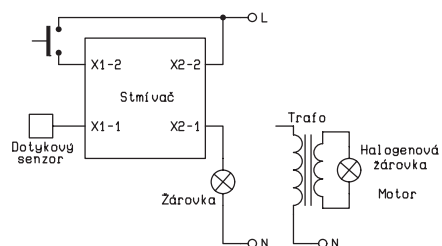
Přesměrování hovorů, Active X, modem apod. nikomu nic neříkají, dokud náhodou nedostane účet za připojení internetu přes telefon ve výši, kterou by ani ve snu neočekával. Tento problém byl popsán a řešen již v [1]. Protože tento stav je stále aktuální, ještě se k němu vrátíme. Výklad principu přenosu dat po telefonní lince pro náš účel velmi zjednodušíme.



Obr. 2

Po telefonních linkách je možno přenášet nejenom hovor, ale i data. Pro srozumitelnost hovoru je obvykle použito kmitočtové pásmo 300 Hz až 3400 Hz. Pro telegrafii se používala Morseova abeceda složená z čárek a teček, které bylo možno slyšet jako pípání ve sluchátkách, nebo vidět v záznamu na papírovém pásku, nebo jako světelné signály. Při dálkopisném přenosu se šlo ještě dál, místo teček a čárek se používaly „pulzy“ a „mezery“. Aby se poznalo, kde znak (tedy písmeno, číslice nebo jiný znak) začíná, byl přidán „ještě úvodní start bit a na konci stop bit. Podobně jsou pak v digitální technice jednotlivé

znaky složené z jednotlivých bitů – „jedniček“ a „nul“. Aby bylo možno přenášet a ukládat, používal se již v 80. letech minulého století u prvních počítačů pro domácí použití a zábavu geniálně jednoduchý způsob: tato data se převedla na slyšitelný zvuk a nahrála na normální běžný kazetový magnetofon, nebo se



Obr. 3

z tohoto magnetofonu nahrála do počítače. Logické úrovně „jedničky“ měly jiný kmitočet a logické „nuly“ taky trochu jiný. V tomto článku to dále rozebírat nebudeme. Prostě to byl slyšitelný zvuk, který bylo možno slyšet při přenosu jako typické cvrlikání. Specialisté znají pojem tónové telegrafie, pro normální uživatele počítače to bylo zajímavé a okamžitě použitelné znovu. Ostatně stejně geniálně byl vyřešen výstup z počítače – prostě na televizor, který byl prakticky v každé domácnosti.

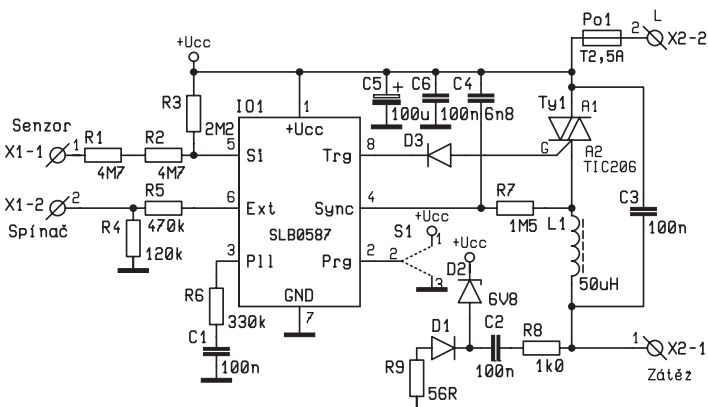
Pro přenos mezi dvěma počítači na dálku se tedy použil známý princip tónové telegrafie, binární data (dnes bychom řekli digitální) se namodulovala na slyšitelný kmitočet v modulatoru a ten se posílal běžnými telefonními linkami až k demodulatoru, kde se zvuk převedl opět na binární data a v počítači se mohla použít. Takže u každého počítače je modulator

a demodulator, podle prvních písmen MO-DEM. Přenos je jasný. Podobně jako data je možno přenášet i „volané číslo“ buď ve tvaru pulzů jako z mechanické číselnice, nebo tónů tónové volby.

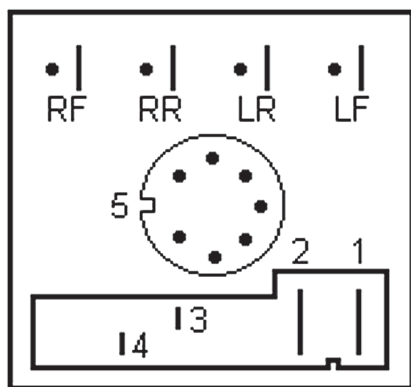
V čem je problém? V penězích – v poplatcích za hovorné. Při navazování spojení je tento postup:

- Zvednutí sluchátka – uzavře se obvod mezi telefonním přístrojem a telefonní ústřednou, říkáme, že se uzaře smyčka, kterou teče proud.
- Volba telefonního čísla.
- Vyzvonění volaného účastníka
- Navázání spojení
- Trvání spojení
- Ukončení spojení, rozpojení smyčky
- Započítání hovoru podle doby trvání a tarifu podle pásem.

Přesně to se děje při připojení počítače přes modem po telefonních linkách. Obvykle si volíte nejbližšího poskytovatele internetového spojení, abyste platili místní hovorné, nebo i zlevněný tarif pro internet. Toto číslo si při instalaci a konfiguraci nastavujete na svém PC. Jenomže se vyskytnou firmy, které chtějí vydělat na drahém, velmi drahém připojení přes vzdálenou zemi. Vy sice volíte místní telefonní číslo, ale na některých stránkách se může vyskytnout tak zvané „přesměrování“, kdy je váš modem odpojen a program provede volbu jiného čísla, přes které jste připojeni. Takže voláte „mezinárodně“ za mnohem vyšší tarif aniž o tom víte. Zkusíte-li uživateli PC a modemu podle sluchu poznají, že modem navazuje spojení – ozývá se typické cvrlikání. V průběhu přenosu dat je již reproduktor odpojen a není nic slyšet. Toto se jednoduchým AT příkazem dá udělat i programově. Takže



Obr. 4



Obr. 5

při otevření nějaké www stránky s tímto přesměrováním je váš PC na chvilku odpojen, je provedena volba nového čísla s odpojeným reproduktorem, abyste to neslyšeli a pak pokračujete dál za cenu mezinárodního hovoru.

Zapojení publikované v [1] umí toto nežádoucí odpojení zjistit, a zároveň je přerušené spojení neobnoví a je na vás, abyste zjistili důvod odpojení a pak teprve případně pokračovali.

AT příkazy jsou určitý typický softwarový způsob ovládání modemu a jeho činnosti, například AT Lx znamená nastavení hlasitosti z reproduktoru

L0 – nízká hlasitost

L1 – nízká hlasitost – výchozí

L2 – střední hlasitost

L3 – vysoká hlasitost

A podobně lze reproduktor i vypnout, opět v AT příkazu

M0 – reproduktor je stále vypnut

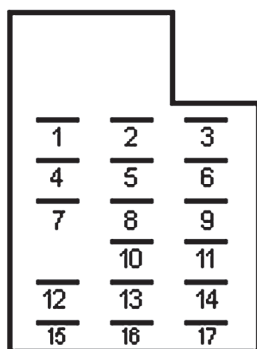
M1 – reproduktor je vypnut při příjmu nosné frekvence (implicitní nastavení)

M2 – reproduktor je stále zapnut

M3 – reproduktor je deaktivován při volbě (lidově tak zvané vytáčení čísla) nebo přijímání nosné.

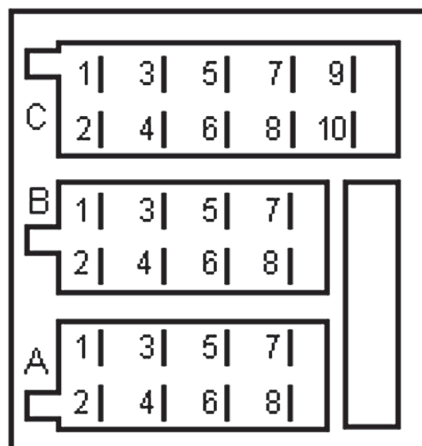
Těchto AT příkazů je celá řada, těchto pár je jenom pro ilustraci popisovaného problému.

Autorádio považuje většina řidičů za velmi jednoduché zařízení – prostě se připojí a hraje. Pokud kupujete autorádio, zajímá vás spíše jeho přední panel



Obr. 6

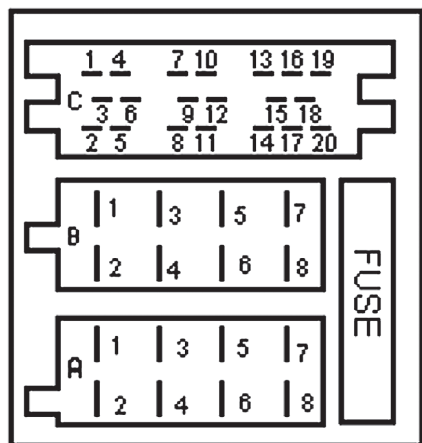
a podle toho očekávané funkce, než konektor vzadu (viz [2]). Ostatně specializované firmy vám autorádio spolehlivě instalují i s příslušnými konektory.



Obr. 7

Ale..mohou se vyskytnout i zcela neaprilové situace, kdy se laik dívá a odborník žasne: autorádio ve Favoritu hraje a ve Felicii si ani neškrtně – (a vy nevíte proč. Znovu ho vyndáte a zkoušíte. Hraje venku, v dílně, ve Favoritu..a ve Felicii ne. Jdete na to od lesa. Napájení – v pořádku. Anténa – v pořádku. Zkusíte místo antény do dutinky konektoru zastrčit kus drátu – HRAJE!! a jak. Znovu zapnete přívod od antény – a nic. Je to asi v anténě.

Myslíte si, že je vadný konektor, tak ho opatrně rozeberete. Vedle silného kabelu vám stále překáží ještě jeden drátek, stále se plete, ale asi tam má být, tak ho necháte. V konektoru vás překvapí, že je asi utržený. Není v něm žádný drát nebo lan-



Obr. 8

ko, jako v kabelu svodu od televize (viz [5]). Pak si všimnete tenkého drátku, který můžete z kabelu povytahovat. Dost! Netahat! Kabely svodu pro autoanténu mívají úmyslně uvnitř spirálku tenkého drátku – aby byla zachována potřebná impedan- ce a kabel měl přesto co nejmenší kapaci- tu a nerozladoval vstupní obvody. Ale v tom to není. Zrada je jinde. Felicie a jiné



vozy mají naopak výhodu – anténa má vlastní anténní zesilovač. Tento zesilovač musí být napájen, jinak se chová jako neprůchodný blok a signál z antény nemůže kabelem projít až do rádia.

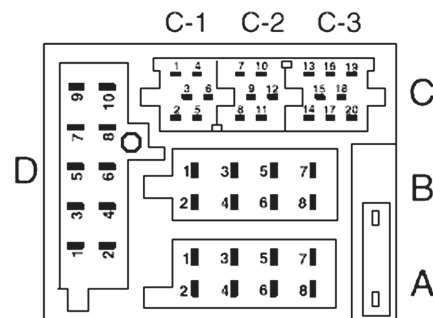
Řešení:

Některá moderní autorádía mají vyvedený kontakt pro napájení tohoto anténního zesilovače. Samotný anténní zesilovač má malý vlastní odběr proudu (například asi 5 mA), ale kdyby byl zapojený trvale, tak by již znatelně vybíjel autobaterii. Řeší se to několika způsoby:

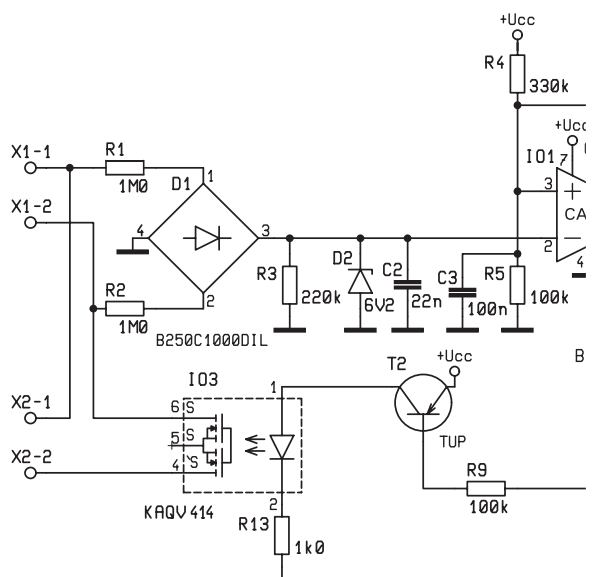
- anténní zesilovač je zapínán při zapnutí autorádía prostřednictvím výstupu pro napájení antény, na konektoru na zadní části autorádía, nebo pokud tento kontakt nemá, tak
- anténní zesilovač je zapínán vždy když je zapnutý klíček zapalování a je napájená celá soustava.

A je to vyřešeno. Stačí napájet zesilovač. Zapojení konektoru najdete ve firemní dokumentaci k vašemu autorádiu, kterou si schováváte i se záručním listem a účtenkou, případně dalšími dokumenty, nebo bývá nalepený na krytu autorádía. Pokud ne, svěřte se dobré zavedené firmě, která autorádía instaluje. Nemusíte všechno dělat sami.

Na obrázcích v příloze jsou pouze ukázkově některé typy konektorů autorádií, jak byly publikované v [6]. Všimněte



Obr. 9



Obr. 10

si pouze výstupu napájení antény, u některých typů není. Pozor, u některých typů je pod označením anténa také vysouvání antény, která je v klidu skrytá uvnitř karoserie a vysouvá se pouze při příjmu.

Stmíváč (viz [3]) také dovede pěkně potrápít. Byl publikován v [4] a v upravené verzi ve [3]. Má úžasno funkci. Dotknete se – rozsvítí se, dotknete se – zhasne. To je hezké, že nemusíte nic mačkat, stačí se dotknout, ale je to skoro normální. Ale... Dotknete se, držíte a ono se pomalu rozsvěčí a když pustíte, tak na té úrovni zůstane tlumeně svítit. Nebo naopak



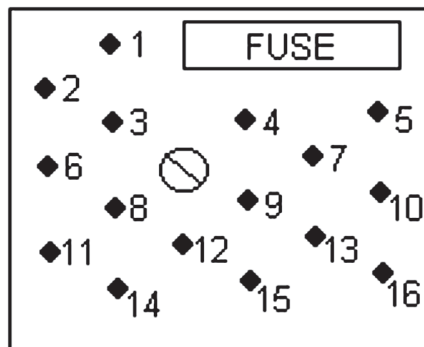
dotknete se, držíte a ono se vám pomalu stmívá (viz tabulka). Úžasné – jako v divadle. Zvláště na návštěvy to dělá velký dojem. A v praxi je to také výhodné – nastavíte si takové osvětlení, jaké právě potřebujete.

Propojkami si můžete nastavit tři různé režimy, áčko je popsáno výše v textu, ostatní jsou zřejmé z tabulky.

To vše je v obou člancích popsáno. Ale...

Opatrnost velí – pozor, je to nějaké divné – dotýkáte se části, která je přímo spojená se sítí. To by mohlo zabít. Ne. Dotyková ploška je spojena s obvodem připojným k síti přes rezistory s odporem 4M Ω , takže je i při zkratu tekl proud pouze 25 mikroampér. A navíc, plošky se nemusíte dotýkat. Stačí se přiblížit.

Osvědčená konstrukce používá jako dotykovou plošku čtvereček cuprexitu na



Obr. 11

plošné spoje umístěný POD víčkem celoplošného vypínače. Vypínač je vykuhaný, uvnitř instalační krabice vypínače je elektronika stmívače a ta je spojena kouskem lanka s touto dotykovou ploškou. Nedotýkáte se žádné kovové části.

kteřá je spojena s částmi pod napětím. Podobně je řešená i novější konstrukce. Instalační krabice musí vyhovovat předpisům.

Upozornění: pokud nemáte patřičnou elektrotechnickou kvalifikaci podle vyhlášky č. 50/78 Sb, nesmíte toto zařízení instalovat. Můžete si ho vyrobit, ale instalace a kontrola, zda odpovídá příslušným předpisům musí být provedena osobou s příslušnou kvalifikací. Pokud nevíte o co jde, tak víte, že vy to nejste. Jde opravdu o život, neriskujte.

I takovéto jednoduché zařízení může mít své mouchy. Při pokusném zapojení u jednoho vzorku fungovalo a u druhého se stále dokola rozsvěcelo a zhasínalo, dělalo si co chtělo. Nebudu vás napínat. U toho neposlušného kusu byl vinou delší přírodní drát – asi půlmetrový. Stačí krátký tak asi 10 cm. Do toho dlouhého se indukovalo rozptylové pole z okolí – kabelů v místnosti, světel a zásuvek a osoby poblíž, která se tomu divila.

K této reminiscenci patří i vzpomínka na učitele. Každý má své učitele a pedagogy, na které vzpomíná ne při dni učitelů, ale v praxi, když jedná podle toho, jak se to naučil. K prvnímu tématu patří vzpomínka Ing. Pecovi ze SPŠE v Praze a Ing. Martochovi z VÚST. Druhý kamarádovi a úžasnému praktikovi Honzovi Kolouškoví z firmy zabývající se autorádií, a třetí výbornému pedagogovi a mistrovi odborného výcviku Zdeňkovi Malečkovi ze SOUE v Praze. A vy si vzpomeňte na své učitele a řiďte se tím nejlepším, co vás naučili.

Prameny:

- [1] HW ochrana před „Active X“ Rádio plus KTE č. 3/2001, str. 10–11, Jan David, stavebnice č. 506
- [2] Autorádio Rádio plus KTE č. 1/2000, str. 34–36, Malá škola, 37. část.
- [3] Fázový regulátor výkonu (stmívač osvětlení) Rádio plus KTE č. 11/2000, str. 16–17, stavebnice č. 490
- [4] Fázově řízený inteligentní stmívač osvětlení, KTE 3/1997
- [5] K anténě patří kabel, Malá škola č. 26, Rádio plus KTE č. 2/1999, str. 33–35
- [6] <http://sterr.narod.ru/autoaudio.htm>

Napájení anténního zesilovače

klíčová slova: anténní zesilovač, napájení, napájecí výhybka, autorádio, konektor

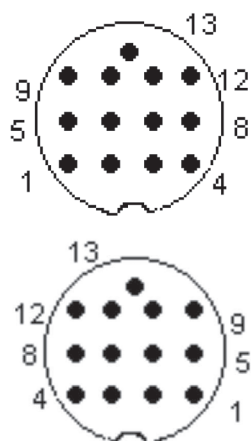
Když do anténního konektoru autorádia zasunete přívod od běžné autoantény, je signál z této antény přiváděn na vstup přijímače, dále zpracován a přijímač hraje. Ale například u Felicie je

v patě antény namontován zesilovač a do přijímače se přivádí již zesílený signál. Anténní zesilovač je aktivní blok, který pro svou činnost musí být napájen. Bez napájení se chová jako zavřené přepětí, pokud nějaký signál projde, je zeslaben.

74. díl

Konektor autorádia

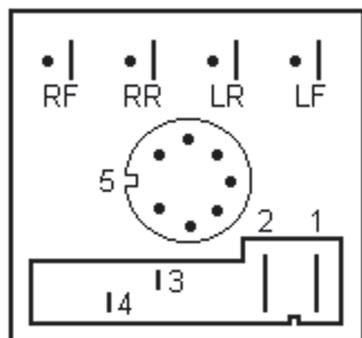
Většina autorádií se připojuje speciálními konektory – jeden anténní a druhý komplexní pro napájení, výstupy na reproduktory, další výstupy a vstupy a ovládání souvisejících zařízení – vy-



Obr. 1 – Kulaté konektory Blaupunkt bez dalšího označení

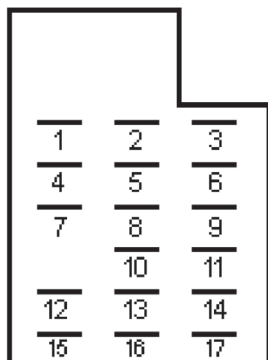
souvání antény, ovládání souběžného provozu vysílačky nebo mobilního telefonu, CD-přehrávače, atd. My si dnes všimneme hlavně napájení antény.

Pokud nemáte správně zapojený konektor, autorádio, které vám hraje například ve Favoritu, kde je běžná anténa, při připojení k anténě s anténním



popis pouze typických kontaktů:

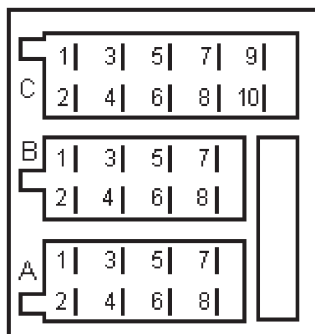
- 1 – napájení antény
- 2 – hlavní + (přes klíček)
- 3 – napájení antény
- 4 – paměť + 12 V (trvalé)



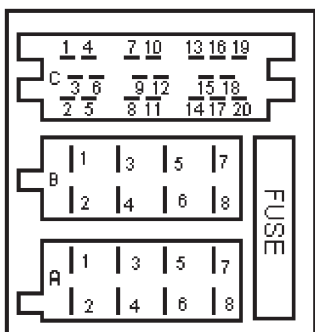
- 1 – napájení antény
- 15 – hlavní + (přes klíček)
- 16 – paměť + 12 V
- 17 – kostra, zem, -

Obr. 2a, b – vidíte, že konektory se tvarově velmi liší, v popisu jsou pro ilustraci uvedeny pouze hlavní přívody

zesilovačem nehraje, nebo velmi slabě. Je třeba připojit i napájení. Jak jsme si říkali již minule, napájení anténního předzesilovače se zapíná současně s autorádiem, aby se zbytečně nevybíjela baterie. Pokud autorádio nemá vlastní výstup na napájení, nebo nevíte, který vývod slouží pro napájení antény, řeší se napájení tak, že se anténní zesilovač napájí vždy, když je zapnuto palubní napájení otočením klíčku. Případně nouzově zvláštním vypínačem, do doby, než bude instalace ukončená do podoby pro běžné užívání.



- A – napájecí část konektoru
- 4 – trvalé napájení procesoru
- 5 – napájení antény
- 7 – základní napájení 12 V (přes klíček)
- 8 – kostra (-)

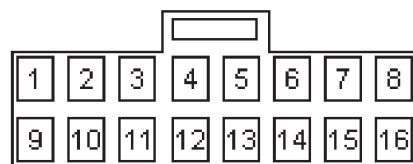


Obr. 3 – Standardní ISO konektor má své podoby i v dalších typech konektorů

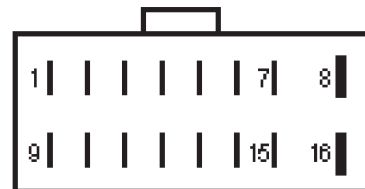
Konektorů je velká řada, v našich zemích se vyskytuje několik hlavních typů, lze je koupit ve specializovaných obchodech, nebo je jednodušší nechat si celou instalaci provést u dobré firmy, která práci provede komplexně i s úctenkou a zárukou. Přesto se podíváme na jejich zapojení (viz obr. 1, 2, 3 a 7)

Napájecí výhybka

Nejjednodušší je vést koaxiálním kabelem od antény signál do anténního konektoru autorádia a zvláštním kablíkem vést napájení k anténnímu zesilovači. Například u Felicie najdete vedle anténního kabelu ještě izolovaný drátek, přesněji řečeno lanko, které se na straně přijímače připojuje ke zdroji napájení.



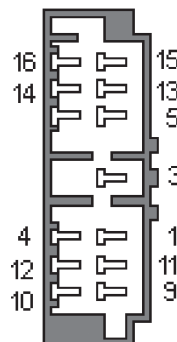
- 5 – napájení antény
- 6 – základní napájení 12 V
- 13 – kostra
- 14 – trvalé napájení procesoru



- 8 – základní napájení 12 V
- 13 – napájení antény
- 16 – kostra

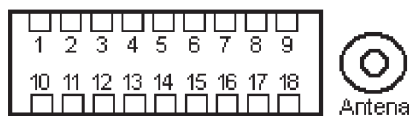
Obr. 4

Podobně jako u anténních zesilovačů pro FM rozhlas a televizi je napájení možno řešit i napájením po kabelu. Na obou koncích – u vstupu do přijímače a u výstupu ze zesilovače je stejnosměrné napětí odděleno kondenzátorem C. Kondenzátorem signál prochází, ale oddělí stejnosměrné napětí. Stejnosměrné napětí se přivádí do anténního zesilovače přes tlumivku L. Pro vysoké kmitočty tlumivka představuje veliký odpor a tak vám signál neuteče tudy, kudy nemá, a pro stejnosměrný napájecí proud má malý odpor daný pouze odporem drátu, kterým je navinuta. Tyto tlumivky mají několik závitů drátu, jsou buď vzduchové – navinuté například na tyčce o průměru 5 mm a po navinutí se s tyčky sundají a tak jak drží se zapájí do krabičky. Jiné tlumivky bývají navinuté na feritové tyčince. Určitě ve svých pokladech máte nějaký rozestřaný kanálový volič, nebo vrak televizoru či rozhlasového přijímače, tam ve vysokofrekvenční části podobně indukčnosti – cívky – najdete. Podobná napájecí vý-

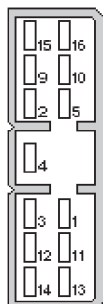


- 1 – základní napájení 12 V (přes klíček)
- 3 – trvalé napájení
- 5 – napájení antény

Obr. 5



- 5, 6 – společná zem
7 – podpůrné napájení + 12 V
14, 15 – základní napájení + 12 V (přes klíček)
16 – napájení antény



- 1 – základní napájení + 12 V
2 – společná zem
3 – trvalé napájení + 12 V
5 – napájení antény

Obr. 6 – Ukázky dalších tvarů konektorů a umístění napájení antény, bez uvádění bližších údajů

hybka musí být i u napájecího zdroje. Napájecí výhybky se prodávají i k anténním zesilovačům pro příjem FM rozhlasu a TV. (viz obr. 5)

Napájecí zdroj

Napájecí zdroj je tedy možno umístit nejen přímo u zesilovače ale i u přijímače. Odběr anténních zesilovačů bývá obvykle jenom několik mA (jednotky až desítky mA) a proto je možno použít jenom tenký kablík. U zesilovačů pro FM rozhlas a TV bývá napáječ trvale připojený na síť, v domácích zesilovačích přímo v sestavě zesilovače, nebo se používá tak zvaný adaptér, který se zapojuje do síťové zásuvky a kablíkem se vede už přímo napájecí napětí. To je případ například oblíbené širokopásmové antény nazývané podle tvaru „matrace“. Zapojení je tak jednoduché, že instalaci této antény zvládne běžný kutil sám, napájecí adaptér připojí do téže síťové (dvoj)zásuvky, ze které je napájený i televizor, nebo videorekordér. Konstrukce těchto adaptérů musí odpovídat technickým parametrům pro tato zařízení i z hlediska bezpečnosti. V první řadě nesmí dojít k úrazu elektrickým proudem, musí být bezpečně provedený a to je označeno i na krytu, kryt by měl být vyroben z materiálu, který odolává i definovanému mechanickému namáhání – pádu, rázům, apod. Při dotyku na tyto adaptéry se někdy uživatelé diví, že hřejí. Některé adaptéry více, některé vůbec. Toto oteplení je také určeno

technickými podmínkami a ani při trvalém připojení nesmí způsobit požár. Přesto si dávejte při používání těchto adaptérů pozor, aby nebyly zakryty nějakými polštáři, přitisknutím čalouněného nábytku, nebo v místě kde se na ně přímo práší – půdy za komínem, kde bývají nánosy sazí, prachu, sena, pilin a pod. V automobilech je k napájení použita autobaterie.

Umístění antény

U všech běžných přenosných přijímačů je anténa součástí přijímače a při přenosu signálu z antény do vstupu přijímače nedochází k žádným dalším ztrátám.

Pokud je anténa umístěna mimo přijímač, dochází při přenosu signálu z antény do přijímače ke ztrátám.

U automobilů se antény obvykle umísťují tak, aby přívodní kabel byl pokud možno co nejkratší: již v dobách prvních autorádií se umísťovala do předního blatníku, později elegantně do zadního blatníku nebo na střešku. Z hlediska speciálních vlastností antén se uvažuje i výška antény nad terénem, vliv karoserie jako „protiváhy“, tvar a sklonění antény, její délka, atd. Anténu umístěnou uprostřed střešky kolmo vzhůru používají například radioamatéři, nebo speciální služby, svislé pruty můžete vidět i na vojenských vozidlech. Na okraji střešky nad předním sklem, jako například u Favorita, je poměrně blízko k přijímači v palubní desce automobilu. U historických vozidel s děleným předním sklem na levou a pravou část, například u populárních vozů taxislužby Poběda, se svod od antény vedl středním sloupkem mezi skly. Protože se na střešky automobilů umísťují i nosiče lyží, kol a rozměrnějších přepravovaných nákladů a anténa na přední části střešky skloněná dozadu by překážela, vidíte u mnoha vozů, zvláště v provedení kombi, anténu umístěnou až v zadní části střešky. Zde je kabel již tak dlouhý, že dochází ke ztrátám – napětí na vstupním konektoru přijímáče je menší než je přímo u antény. Proto se signál zesiluje anténním zesilovačem.

Umístění zesilovače

Průchodem signálu kabelem dochází ke ztrátám, hlavně útlumu, což se projeví tím, že na konci kabelu je menší napětí než na začátku. Jak jsme si říkali již u anténních zesilovačů pro příjem FM rozhlasu a televize, je zesilovač možno umístit

- u přijímače
- u antény
- kdekoliv mezi tím, kde je to vhodné.

Anténní zesilovač umístěný u přijímače zesiluje již slabší signál a signál slab-

ších stanic se ztratí v šumu (ostatně je lepší si místo vylepšování zesilovače koupit přijímač s větší citlivostí).

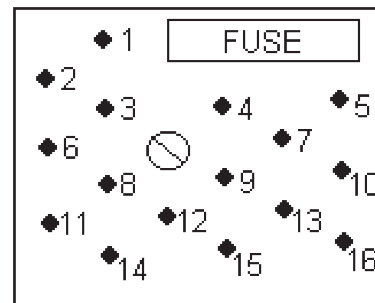
Anténní zesilovač přímo u antény zesílí napětí dodané anténou na takovou velikost, že i po průchodu svodem (kabelem) je na jeho výstupu dostatečně velké napětí. Obvykle ještě větší, než je na výstupu antény. Jestliže je zisk zesilovače podle údajů výrobce například 20 dB a v kabelu dojde k útlumu o 6 dB, je na vstupních svorkách přijímače stále ještě oproti svorkám antény zisk $20 - 6 = 14$ dB. Pokud nechcete počítat, aspoň odhadněte, že 6 dB je dvojnásobek, 12 dB čtyřnásobek, takže 14 dB představuje více než $4 \times$ větší napětí než dává anténa.

Pokročilí vědí, že 20 dB znamená $10 \times$ větší napětí, -6 dB znamená polovinu, takže anténní napětí se zesílí na desetkrát, a útlumem kabelu na polovinu, a že výstupní napětí tedy je $10 : 2 = 5 \times$ větší než na výstupu z antény.

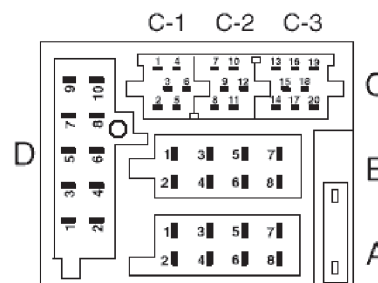
Anténní zesilovač lze umístit i „na půl cesty“, například v budovách – pod střeškou na půdě, kde je přívod napájení – síťová zásuvka.

Šum

U přijímačů pro FM se jako přijatelná úroveň signálu uvažuje takové napětí, které je o 26 dB větší než úroveň šumu. Jestliže průchodem signálu kabelem



- 4 – umlčení při telefonování (mute telefon)
10 – nastavení hlasitosti
16 – napájení antény



- v bloku napájení A
1 – automatická hlasitost (regulace hlasitosti podle rychlosti jízdy – SCV)
2 – umlčení při telefonování
3 – lineární výstup pro subwoofer

Obr. 7 – Ukázky i nezvyklých vývodů na konektoru autorádia

dojde k útlumu například o 6 dB (aby se to dobře počítalo), budou bez šumu přijímány stanice které budou mít napětí ne o 26 dB, ale o $26 + 6 = 32$ dB vyšší než je úroveň šumu. Protože 6 dB znamená dvojnásobek, zmizí stanice, které nemají dvojnásobnou úroveň napětí na anténních svorkách po průchodu kabelem v šumu. A pokud je anténní zesilovač až v tomto místě, na konci kabelu, zesilováním šumu bude signál horší než zesílený. Proto je výhodnější anténní zesilovač umístit u antény, což je případ dnes popisovaných zesilovačů pro autorádií.

Vozidlové antény

Ve vozidlech se používají nejenom přijímače pro FM rozhlas, ale i mobilní telefony, vysílací stanice a další zařízení, která potřebují anténu. Někteří výrobci pro tyto účely vyrábějí kombinované antény (viz [3]). Dívejte se, učte se praxí.

Upozornění: zapojení konektorů převzatá z [6] jsou pouze pro ilustraci různých tvarů a číslování vývodů konektorů u autorádií různých výrobců. Přesné zapojení získáte v dokumentacích dodávaných jednotlivými výrobci.

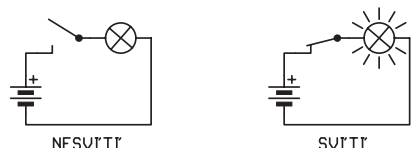
Odkazy:

- [1] Katalog TEROZ Loštice – <http://www.teroz.cz>
- [2] Katalog VF Tech Prievidza – <http://www.vftech.sk>
- [3] Katalog Kathrein, – <http://www.kathrein.de>
- [4] Rádio plus KTE 2/1999, K anténě patří kabel, Malá škola č. 26
- [5] Rádio plus KTE 12/2000, Anténní zesilovače, Malá škola č. 48
- [6] <http://sterr.narod.ru/autoaudio.htm>
- [7] Rádio plus KTE 1/2000, Autorádio, Malá škola č. 37

Logické integrované obvody

klíčová slova: TTL, CMOS, napájení, zatížení výstupu, logické úrovně, log 0, log, inverter

V časopisech a odborné literatuře je mnoho zapojení s takzvanými logickými obvody. Stejně jako u jakýchkoliv jiných zapojení, která vás zajímají, prostě koupíte součástky podle rozpisky, nakreslíte plošný spoj, nebo si koupíte hotovou stavebnici, osadíte, zapojíte a používáte. Abyste při prošlapávání cestičky svého poznávání něco nerozšlapali, podíváme se na toto téma zcela prakticky.



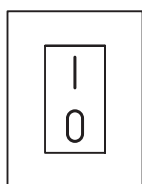
Obr. 1a – Jednoduchý logický obvod

Logické stavy

Jestliže žárovka není připojena na napětí, vypínač je vypnutý, neteče skrz ní proud, a tak logicky vzato – nesvítí. A naopak při zapnutí – svítí. Máme tedy dva stavy: svítí – nesvítí, napětí je – napětí není, jednička nebo nula, logická jednička nebo logická nula. Nic mezi tím.

Neříkáme, že žárovka krásně svítí nebo že má bledé narůžovělé světýlko, nebo že dešťík cupitá po střeše. Prší – neprší.

Logická jednička se označuje log 1 a logická nula jako log 0. Protože ale

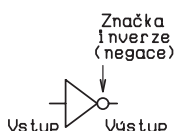


Obr. 1b – Vypínač s polohami I a 0

v řadě případů nejsou tyto dva stavy vyjádřeny jenom napětím ano – ne, ale jeho různými úrovněmi, používá se také pro vyšší napětí označení log. H (z anglického high) a pro nižší log. L (low).

Schematická značka

Schematická značka se vyvíjela od prvních oblých tvarů po obdélníkové, aby je bylo možno snadněji kreslit a modifikovat podle vývoje, přidávaných vstupů a výstupů. V řadě publikací a technických dokumentacích se však stále používají původní značky podle americké normy ASA, protože jejich funkce je na první pohled zřejmá a nemůže dojít k omylu ani při méně kvalitním tisku, či rychlém kreslení od ruky (viz obr. 2). Obecně se proto tyto značky používají častěji (jak je vidět i v tomto časopise), přestože současné platné normy je nepřipouštějí.



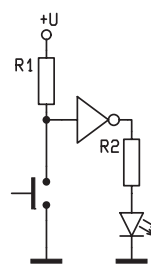
Obr. 2 – Schematická značka invertoru, hradla

Invertor

Nejjednodušší kostička stavebnice logických obvodů má jeden vstup a jeden výstup. Kolečko na výstupu znamená takzvanou inverzi – výstup se chová přesně obráceně (v některých schématech je kolečko nahrazeno trojúhelníčkem). Jestliže je na vstupu napětí, tedy logická jednička, na výstupu je opačná logická úroveň – logická nula. A naopak, jestliže na vstupu není kladné napětí, je tam tedy logická nula, na výstupu je opačná logická úroveň – logická jednička – je na něm napětí. To se dá krásně nasimulovat – viz obr. 3.

V klidu je tlačítko rozepnuté, na vstup je přes rezistor R1 přivedeno napětí. Na

75. díl



Obr. 3 – Obvod pro vysvětlení funkce invertoru

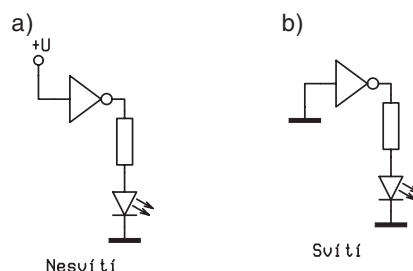
vstupu tedy logicky je „jednička“. Výstup se chová právě opačně, jestliže je na vstupu jednička, je na výstupu nula, takže na něm napětí není, LED na výstupu nesvítí.

Při stisku tlačítka je vstup spojen se zemí, na vstupu proti zemi napětí není, je na něm logická nula. Výstup se chová jako zlobivý chlapeček, který dělá všechno obráceně. Jestliže je na vstupu nula, je na výstupu jednička, LED na výstupu svítí.

Když si tyto dva stavy rozkreslíme do dvou obrázků (obrázky 4a, b), bude zapojení vypadat naprosto nefungující, kde je nějaké napájení?

Napájení obvodů

Aby logické obvody mohly fungovat, musí být napájené, ale to v mnoha schématech nebývá pro jednoduchost nakresleno. I když je v pouzdrů více obvodů, jsou všechny napájené najednou.



Obr. 4 – Vstup připojený na úroveň a) logické jedničky, b) logické nuly

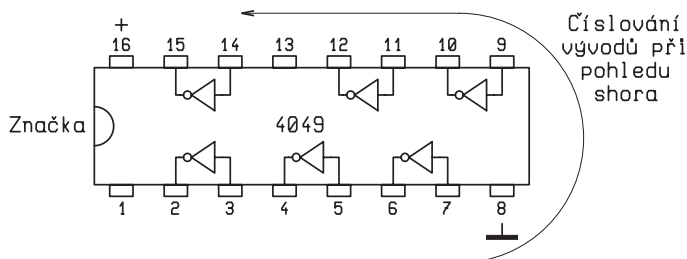
Například obvod 4049 má v pouzdru 6 invertorů a ty mají společné napájení, kladný pól zdroje na vývodu č. 1 a záporný na vývodu č. 8 (viz obr. 5). Vývody jsou v anglosaské literatuře označovány slovem pin, v počestěné verzi v množném čísle jako piny, v české a slovenské literatuře a technických dokumentacích se používal pojem „špičky“ ve významu „špiček“ u měřicích nebo přípojních bodů.

Schéma z obr. 3 při zakreslení napájení je na obr. 6.

Pokud nevěřícně kroutíte hlavou nad invertorem v podobě „černé krabičky“, do které není vidět, zkuste si ho představit v zjednodušené formě s tranzistorem (viz obr. 7). V klidu je na bázi přivedeno předpětí, které otvírá tranzistor. Tranzistor vede, chová se jako sepnutý spínač, jako kus drátu, na kolektoru tedy proti zemi není skoro žádné napětí a LED na výstupu nesvítí. A naopak, jestliže je přechod báze-emitor zkratovaný, na vstupu tedy je nulové napětí, tranzistor je zavřený, což si můžeme zjednodušeně představit, jako kdyby přechod kolektor–emitor byl rozpojený, a na kolektoru je tedy napětí. Přesný teoretický výklad vám dají ve škole, my to bereme ryze prakticky.

Napájecí napětí

Pro logické obvody se stalo typické napájecí napětí 5 V. Setkáváte se s ním v PC i dalších zařízeních s logickými integrovanými obvody. Nejstarší a nejrozšířenější obvody začínají dvočíslím 74, například 7400, 7493 (čti sedmdesátčtyři devadesátčtyři). Jedná se o takzvané obvody s logikou TTL (tranzistor – tranzistor – logika). Podle katalogových údajů výrobce má toto napětí mít toleranci $5\text{ V} \pm 0,25\text{ V}$. Vývojově mladší jsou obvody označované jako CMOS čtyřkové řady, tedy například 4011. Ty je možno napájet napětím v mezích 3 až 15 V. Obě technologie jsou natolik odlišné, že obvody jimi vyrobené mají zcela odlišné parametry. Není tedy v žádném případě možno obvod TTL nahradit přímo bez úprav zapojení obvodem CMOS. Ještě mladší a modernější jsou integro-

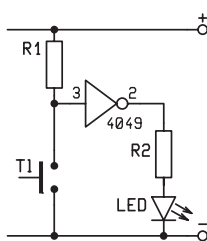


Obr. 5 – Číslování vývodů integrovaného obvodu, vyznačení napájení, při pohledu shora

verze CMOS	verze TTL
4049 nebo 4011 či 4001	7404 nebo 7400
tlačítko	tlačítko
rezistor 1 k	rezistor 220 Ω
LED (2 mA)	LED (20 mA)

vané obvody, které sice začínají dvočíslím 74, ale za kterým následují dvě, nebo dokonce tři písmena, která značí rozšíření základní řady (74LS00, 74ALS00, 74HC00, 74ACT00), z nichž mnohé také nelze se základní řadou zaměnit!!! Ale o tom až někdy příště. Zatím je pouze třeba mít toto na paměti.

Pro vaši práci zatím stačí vědět, že při stavbě zařízení podle návodu dodržíte typ uvedený ve schématu nebo rozpisce.



Obr. 6 – Schéma z obr. 3 se zakresleným napájením

Zdroje pro pokusy

Obecně lze říci, že pro obvody TTL musí napětí být stabilizované a na deskách s větším počtem pouzder ještě blokováné kondenzátory přímo u každého pouzdra. Pro obvody CMOS je třeba dodržet mezní hodnoty, napětí nemusí být stabilizované.

Pro začátečnické pokusy je naprosto bezpečné napájení z baterie.

Zinkouhlíkový článek má napětí 1,5 V a baterie pak 3 V, 4,5 V, 6 V, 9 V atd. Vidíme, že pro napájení TTL obvodů je 4,5 V málo a 6 V moc. Na základní pokusy plochá baterie 4,5 V stačí.

Pro napájení CMOS můžeme použít i malou destičkovou 9 V baterii, protože CMOS mají malý příkon.

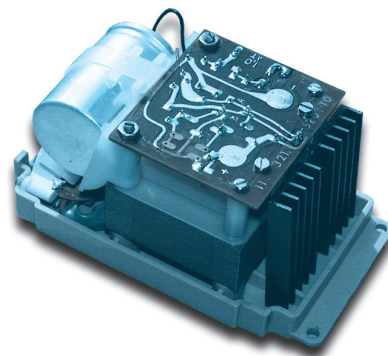
Niklokadmiový akumulátor (zkratka NiCd) má napětí článku 1,2 V, takže čtveřice v nabitém stavu má 4,8 V. Po vybití je

možno je opět nabít. Z bezpečnostních důvodů je nepoužívejte současně při nabíjení.

Napětí z akumulátoru je na 5 V stabilizováno stabilizátorem s pevným napětím a elektronickou pojistkou, například 7805 – pro proudy až do 1,5 A, nebo 78L05 pro proudy do 100 mA, což jsme už probírali.

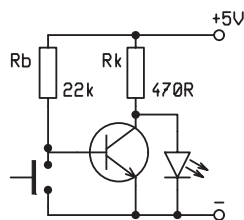
Síťové adaptéry mají kolísavé napětí podle zátěže, uvedenému napětí není co věřit. Pokud ho chcete použít, je třeba, aby byl v první řadě v naprosto bezpečném stavu – nesmí mít rozbitý kryt, a musí vyhovovat předpisům na bezpečné zařízení, což je patrné z označení na krytu. Výstupní napětí je třeba stabilizovat stabilizátorem, případně zkontrolovat voltmetrem. Zvláště po zatížení může výstupní napětí adaptéru klesnout pod úroveň, kdy ještě dochází ke stabilizaci a výstupní napětí je nižší, než je pro napájení obvodu zapotřebí. Pokud můžete, adaptérům se vyhněte.

Napájecí bloky různých vyřazených zařízení mívají také napětí 5 V a lze je použít. Vraký tiskáren, stolních kalkulačů, elektronických měřicích přístrojů, alarmů dalších zařízení mívají jedno z napájecích napětí 5 V.



Báječný je například vyjímatelný kompaktní napájecí blok stolního kalkulačů, který můžete použít takřka bez dalších úprav a od výrobce máte zajištěno, že zdroj je z hlediska bezpečnosti proveden bezpečně.

Zdroj z PC je také kompaktní blok, má dvě napájecí napětí 5 V a 12 V vyvedené na 4 dutinkové konektory dvou rozměrů – větší pro napájení CD-ROM, harddisku a menší pro napájení disketové mechaniky. Moderní napájecí zdroje pro PC však vyžadují pro svoji správnou činnost základní desku počítače, a nejsou proto na pokusy vhodné!



Obr. 7 – Tranzistor jako invertor

Pozor u zdrojů, které snesou velký odběr proudu. Při nesprávném zapojení obvodu, nebo nesprávně zvolených hodnotách součástek může zkratováním dojít až k rychlému rozžhavení některých vodičů, jejich přepálení a možnosti vznícení hořlavých látek, kterých se dotýká – propálení dřevěné desky stolu, sešitu nebo ubrusu, na kterém máte pokusný obvod položený. Například zdroj pro PC je schopen dodat proud až 30 A.

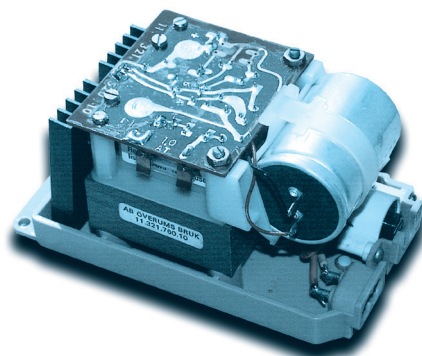
Při náhodném zkratu olověného akumulátoru se propojovací šňůra s banánky během vteřinky rozpálila, izolace se roztavila a drát přepálil. Chvilka strachu, zápach spáleniny umělé hmoty, úlek, úžas nad roztaveným přepáleným měděným lankem ve šňůře, změkklá seškvářená izolace postupně tvrdne, černý škvařek vypadá ošklivě, ale i to je praxe. Naučte se pracovat tak, aby ke zkratům vzniklým nedbalostí a nepozorností nedocházelo, naučte se i čichem poznat spáleninu, a diagnostikovat tak alespoň předběžně závadu i zakrytovaného zařízení.

Zacházení s obvody typu CMOS

V obvodech typu CMOS jsou tranzistory řízené elektrickým polem – FET, které jsou citlivé i na elektrostatické napětí. Proto jsou obvody CMOS vybavovány ochranou proti tomuto napětí, ale přesto by se s nimi mělo zacházet „v rukavičkách“. Tak alespoň praví teorie. Projevy elektrostatického náboje znáte jako bolestivé štípnutí při dotyku na kovové uzemněné předměty, pokud je vaše tělo nabit například chůzí suchýma nohama po suchém koberci z umělých vláken, učešáním suchých vlasů v suchém vzduchu hřebenem – slyšíte praskavý zvuk a v úplné tmě vidíte slaboučké záblesky jiskříček. Podobně se v suchém vzduchu může

třením nabít i igelitový pytlík, takže se vám „lepší“ na ruce, lepší se na něj papíry. Tento náboj se svede uzemněním, například dotykem ruky na nějaký kovový uzemněný předmět.

- Součástky CMOS vám prodavač dá na kousku černé pěnové hmoty nebo s vývody obalenými kouskem kovové fólie. Pěnová hmota obsahuje vodivý uhlík, který pro elektrostatický náboj vývody spojuje na stejný potenciál.
- Na vývody obvodů nesaháme prsty.
- Na vodivé cesty a konektory osazených desek nesaháme holými rukama. To platí i pro desky do PC, i když si někdo myslí, že tyto předpisy jsou zbytečné, že se tomu nic nestane. Pro správnou funkci je třeba dodržovat pokyny výrobce. Na deskách citlivých na elektrostatický náboj je mezinárodně používaná žlutá značka se škrtnutou černou rukou v úchopové pozici (viz obr. 8).

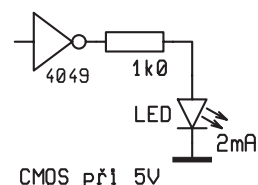


- Osazování a práci s CMOS obvody provádíme na stole, na kterém nemůže vzniknout elektrostatický náboj, například dřevěném, nebo na vodivé podložce buď ze speciální, jakoby jemně mozaikové hmoty, která vypadá jako podlahová krytina. Do hmoty je přidán uhlíkový prach, kousičky hmoty jsou ohraničeny tenkými černými nepravidelnými obrysy. Ohmický odpor běžným ohmmetrem asi neměříte, může být až v řádu megohmů, na svod elektrostatického náboje ale stačí. Někteří amatéři, kterým se již podařilo nechtě integrované obvody zničit, používají jednoduchou podložku polepenou alobalovou fólií. Profesionální pracovní stoly pro práci s CMOS obvody a FET tranzistory mají tuto vodivou plochu spojenou měděným páskem s uzemňovací svorkou a zdířkou pro tenký kablík, který vede k přizemňovacímu pásku připevněnému na zápěstí méně aktivní ruky (u praváků levé). Pro domácí práci stačí, abyste neseděli na židli se sedákem z umělé hmoty (například novoduru, laminátu apod.), nebo na židli s potahem z umělých vláken a nevrátili se na ní, a pracovali na dřevěném stole, nebo si práci podložili nějakou vhodnou podložkou,

která se třením nenabíjí. Kdysi oblíbené silonové pracovní pláště nebo košile a kalhoty z umělých vláken se také třením mohou nabít, a proto je lepší místo nich použít oděv z přírodních vláken – bavlny, lnu, apod.

- Před pájením je vhodné se hrotem pájky dotknout uzemňovacího bodu a vybit ji, běžné mikropáječky, například ERS 50 a další, mají uzemněný kovový kryt včetně stojánku na pájku, nebo uzemněný samostatný stojánek.
- Je třeba dodržet maximální meze napájecího napětí, u CMOS řady 4xxx mezi 3 až 15 V, u řady 74HC mezi 2 až 6 V, u 74HCT mezi 4,5 až 5,5 V (viz 1).
- Při zapnutí napájení se integrovaný obvod nesmí vyjímat z patice. Vyjmout se smí až po vypnutí napájení, nejlépe lehkým nadzvednutím tenkým šroubovákem a pak pinzetou.
- Vstupní signál se na integrovaný obvod smí přivést až po zapnutí napájení, ale při našich počátečních pokusech se celý obvod zapíná najednou.
- Otázkou je i použití nepájivého kontaktního pole. Je nabízeno i ve stavebnicích MAXITRONIC, jejichž recenze byla otištěna i v našem časopisu, nepájivé kontaktní pole se používá i ve vývojových kitech pro obvody PIC. Je vhodné alespoň dodržet základní zásady práce s obvody CMOS – do posledního okamžiku mít integrovaný obvod s vývody buď ve vodivé pěnové hmotě, ve které jste ho koupili, nebo kovové fólii a integrovaný obvod zasunout na své místo až jako poslední.

Podobně jsou integrované obvody CMOS citlivé na elektromagnetické pole. Proto při pájení nepoužíváme pistolovou páječku. Nejvhodnější je mikropáječka. V nouzi sice lze pistolovou páječku použít, ale její zapínání a vypínání je nutné provádět dále od obvodů, což se velmi rychle ukáže jako nepraktické. I tak je však nebezpečí, že na hrotu páječky bude napětí přenesené ze sítě přes kapacitu transformátoru. Vzhledem k současným cenám mikropáječek, které se pohybují okolo 1500 Kč, se koupě opravdu vyplatí, využijete ji na pájení nejenom CMOS obvodů, ale všech součástek na osazovaných deskách. Je to vhodný dárek za vysvědčení, nebo pod stromeček.



Obr. 9 – Připojení LED na výstup invertoru CMOS



Obr. 8 – Značka zákazu dotyku holou rukou (črný tisk na žutém poli)

Zatížení výstupu

Výstupy logických integrovaných obvodů se obvykle připojují na další vstupy, dalších obvodů. Zatížitelnost výstupu se uvádí počtem vstupů, které k němu lze připojit. Nás to zajímá hlavně proto, že při základních pokusech na ověření funkce logických obvodů chceme stav výstupu indikovat svitem LED.

U TTL obvodů lze výstup zatížit proudem asi tak do 20 mA, což stačí na rozsvícení běžné LED, ale raději stejně budeme LED rozsvěcet menším proudem, asi tak 10 až 15 mA. Podle údajů výrobce obvody TTL nejsou schopny proud do zátěže dodávat, ale pouze jej odebírat, neboť při zatížení výstupní napětí klesá. Proto je v praxi vhodnější LED připojit mezi kladné napětí a výstup hradla, ale nikoliv mezi výstup a zem (GND, 0V). Pro naše pokusy použijeme proto raději obvody CMOS, které tuto vlastnost nemají, i když nejsou schopny do zátěže proud pro rozsvícení LED dodávat. To ale nevádí, protože můžeme použít nízkopříkonové LED

s proudem pro rozsvícení 2 mA, příslušné typy najdeme v katalogu. Aby se nám v krabičce nepopletly, koupíme je s odlišným rozměrem, například o průměru 3 mm. LED z předchozích pokusů máme zřejmě o průměru 5 mm.

CMOS obvody mají ochranu výstupu proti zkratu, ale ne proti trvalému zkratu. Výstupní odpor bývá uvedený v katalogových listech, například pro 4011 se při uváděném výstupním odporu 550 Ω (viz [4]). Při připojení LED ještě musíme přidat další rezistor, jehož hodnota je taková, aby při použitém napájecím napětím z výstupu tekla maximálně proud 2 mA.

Použijete-li běžnou LED, bude vám svítit jako bludička, 2 mA jsou pro její plné rozsvícení málo. Zmenšíte-li nebo vynecháte-li rezistor, bude výstupní proud určen pouze vnitřním rezistorem a zvláště při malém napájecím napětí integrovaný obvod tento proud nevydrží. Z katalogových údajů lze vyčíst (viz [4]), že při vyšším napájecím napětí je možno z výstupu odebírat větší proud.

Závěr: použijte typy a hodnoty součástek uvedených ve schématu.

Co budeme potřebovat:

nepájivé kontaktní pole
*zdroj 5 V
izolované drátky 0,6 mm
štípací kleštičky
pinzetu s kulatými špičkami
kapesní nůž
krabičku od bombónů
*malý DMM + šňůry

Odkazy:

- [1] Katalog součástek GM electronic
- [2] Jedlička, P., Přehled obvodů řady 4xxx, BEN, Praha 1996
- [3] 269 integrovaných obvodů, HEL, Ostrava 1996
- [4] Amatérské Rádio řada B č.3/1985
- [5] <http://noel.feld.cvut.cz/semi/logic.htm>
- [6] http://www.dnp.fmph.uniba.sk/~kol-lar/dg_w/dig_1.htm
- [7] konstrukční katalog bipolárních logických obvodů, Tesla Rožnov, 1984

Základní zapojení logických obvodů

klíčová slova: TTL, CMOS, blikáč, zatížení výstupu

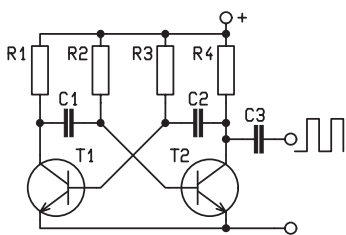
V časopisech a odborné literatuře vidíte mnoho zapojení která lákají k vyzkoušení. Abychom nedělali zbytečné chyby a odpad, probereme si postupně některá základní zapojení.

Oscilátor

Nejsnáze si funkci základních logických obvodů ukážeme na blikáči. Blikáč je oscilátor, který má na výstupu něco, co může svítit – například LED, žárovku, aj., s takovým opakovacím kmitočtem, abychom viděli blikání.

Vydeme ze zapojení multivibrátoru s tranzistory – viz obr. 1. Multivibrátor je tvořen dvěma tranzistorovými zesilovači pracujícími ve spínacím režimu (tranzistor vede-nevede) které mají navzájem spojené výstupy se vstupy.

Protože tranzistor pracuje ve dvou stavech – vede, nebo nevede, můžeme toto zapojení provést i s logickým obvodem, který má také dva stavy – na výstupu má napětí (logická jednička)



Obr. 1 – Multivibrátor tvořený tranzistory

ka) nebo nemá napětí (logická nula) viz obr. 2.

Pouzdro

V pouzdru je několik obvodů – například v 4049 nebo 4069 je šest invertorů. Je úplně jedno, které z nich použijeme. Pokud máte nějaké schéma s čísly u jednotlivých vstupů a výstupů, bývají tam obvykle pouze kvůli lepší orientaci v obrázku rozmístění součástek a obrazci plošných spojů.

V některých schématech místo invertoru s jedním vstupem a jedním výstupem vidíte použitá dvouvýstupová hradla – můžeme je pro toto zapojení použít také. Je to jako když místo pinkání do míče jednou rukou pinkáte oběma současně. Hlavní je, aby hradlo mělo invertovaný výstup – na schématu je na výstupu nakreslené kolečko jako značka inverze. Zopakujeme, že invertor má na výstupu právě opačný logický stav než na vstupu.

Při praktickém zapojení (viz obrázek 4) pro napájení obvodu můžeme použít i plochou baterii s napětím 4,5 V pro CMOS 4049 i 9 V baterii.

LED na výstupu

Pro vyzkoušení zátěže opět použijeme zapojení z minulé kapitoly – viz obr. 3

Výstup proti zemi – se zdá samozřejmý. Jestliže je na výstupu logická jednička, to znamená, že na výstupu je napětí, můžeme tímto napětím rozsvítit LED zapojenou proti zemi.

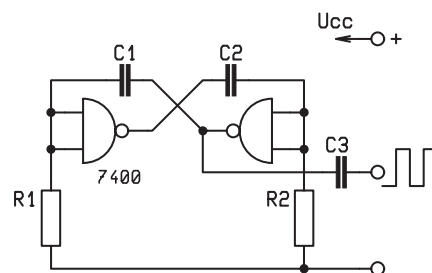
76. díl

Výstup proti kladné napájecí větvi. Při logické jedničce – tedy napětí na výstupu, proud LED nepoteče. Na výstupu je prakticky totéž napětí jako je napájecí napětí. LED se rozsvítí při výstupu ve stavu logické nuly, na výstupu je napětí blízké napětí na záporné větvi napájení, obvykle se říká, že na výstupu je nula, nebo nulové napětí (což pro zjednodušení výkladu můžeme použít).

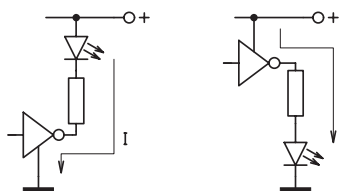
A teď pozor! V katalogu si všimněte, že se zatěžovací proudy výstupu při logické jedničce nebo logické nule liší. Je to dáno vnitřní strukturou obvodu, kterou najdete v literatuře, například v [2, 3].

Typický oscilátor zapojený jako blikáč

V literatuře najdete různá zapojení. Pokud je chcete vyzkoušet, podívejte se předně, zda je s obvodem typu TTL – typicky mají označení začínající 74. (například 7400, 7493 atd.) a napájecí napětí 5 V. Obvody typu CMOS pro přímou náhradu obvykle nelze použít. Podívej-



Obr. 2 – Obdoba obr. 1 s hradly



Obr. 3 – Zapojení LED na výstup proti a) kladné napájecí větvi, b) zemi

me se na vývoj zapojení oscilátorů zapojených pro lepší pochopení jako blikáč (viz obr. 6).

TTL obvod 7404 – napájení 5 V $\pm 0,25$ V, LED proti kladné větvi napájení svítí pokaždé, když je na výstupu logická nula. Rezistorem R1 omezujeme výstupní proud do LED. Jeho velikost určíme takto:

napájecí napětí je 5 V, předpokládáme, že při log.1 je na výstupu také asi 5 V, na LED je při svitu napětí asi 2 V (záleží na typu a barvě – u některých 1,7 V a u jiných třeba 2,4 V). Rozdíl napětí na rezistoru je tedy $5 - 2 = 3$ [V]. Pro proud 10 mA je hodnota $R1 = U/I_f$.

Po dosazení $R1 = 300/0,010$ a vyjde nám 300 ohmů.

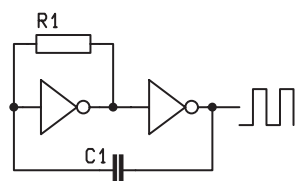
Jenomže v některých schématech vidíte hodnotu $R = 220$ ohmů, nebo dokonce 180 ohmů. Při zatížení totiž při výstupu ve stavu logické jedničky není napětí 5 V, ale menší a čím je zatížení větší, tím více klesá a není tedy jasné, jak velké napětí se tedy má do vzorečku dosadit. Prostě jde o to, aby výstupem hradla (invertoru) tekla maximálně takový proud, aby ho výstup vydržel bez poškození a aby LED svítila.

74HC04 – zapojení vypadá podobně, můžeme použít napájení v rozmezí od 2 do 6 V, takže můžeme použít například plochou baterii, nebo čtveřici nabíjecích NiCd článků po 1,2V s celkovým napětím 4,8 V.

Protože tento obvod má povolený výstupní proud podstatně menší, řádu miliampér, musíme použít LED s proudem 2 mA – tzv. LOW POWER (nizkopřikovou). V dobrém katalogu tento údaj najdete (například viz [5, 6, 7]).

74HCT04 – stejné zapojení, ale je určeno pro napájení v mezích 4,5 V až 5,5 V.

CMOS obvod 4069 – zapojení na první pohled vypadá jinak, takže vidíte, že tyto dva druhy logických obvodů nelze přímo

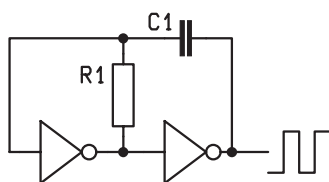


Obr. 4 – Zapojení oscilátoru s invertoru CMOS 4069

zaměřovat. Napájecí napětí může být v mezích od asi 3 V do 15 V, podle použitého napájecího napětí se volí rezistor na výstupu. Pokud vám výsledek nějak nevychází, je to tím, že tento obvod má jinou strukturu – má určitý výstupní odpor, což je mj. i součást ochrany výstupu před zkratováním.

Výstupní odpor proti zemi a proti kladnému napájecímu napětí – řádově je ve stovkách ohmů – se liší, v běžném katalogu ho obvykle nenajdete, jsou uvedeny například v [4]. A také se liší zatěžovací výstupní proud při logické jedničce a logické nule (viz [3]).

CMOS obvod 4049 – vypadá na první pohled i podle katalogových údajů stejně, jenom v názvu má podivné použití jako „budič sběrnice“. To znamená, že výstup lze zatížit většími proudy v řádu mA až 10 mA – podle použitého napájecího napětí. V tomto případě bychom mohli použít i obvyklé LED s typickým proudem $I_f = 20$ mA. Pozor, podívejte se na zapojení invertorů v pouzdru – od 4069 se liší nejenom tím, že má místo 14 nožičkového pouzdra 16 nožičkové, ale plus napájení má na vývodu č.1



Obr. 5 – Jiný způsob kreslení téhož oscilátoru

CMOS 4011 nebo 4001

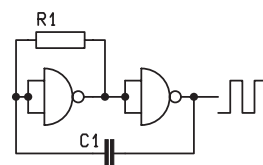
Místo jednoduchých invertorů lze použít dvoustupňová hradla, zatím nás nezajímá jestli jsou součtová se značkou 1 nebo součinná se značkou & ve schématické značce.

Zcela prakticky byl realizován tento blikáč:

Na výstup připojíme LED s proudem pouze 2 mA, tak zvanou LOW POWER LED. Svítivost i napětí pro rozsvícení má stejné jako LED s proudem 20 mA.

Změřením stanovena hodnota rezistoru pro napájení z 9 V baterie pro červenou LED 3k3 a pro napájení z ploché baterie 680 ohmů. Zkuste si LED na výstupu invertoru zapojit proti kladnému pólu zdroje i proti zemi (viz obr. 3). Vnitřní výstupní odpor je v obou způsobech zapojení podobný a tak můžeme tyto hodnoty použít pro oba způsoby zapojení.

Blikáč zapojíme podle schématu na obrázku 5. Frekvence blikání závisí na velikosti odporu rezistoru R a kapacity kondenzátoru C.



Obr. 6 – Oscilátor s obvodem typu 7404 zapojený jako blikáč nebo generátor slyšitelného zvuku

1. pokus:

Rezistor M2, kapacita kondenzátoru C je 2 mikrofary – rychlost blikání je asi 2 Hz. Čítač má málokdo a tak si pomůžeme tím, že spočítáme počet bliknutí za 10 vteřin a podělíme deseti.

Pro napájení z baterie 9 V použijeme u LED s proudem pro rozsvícení 2 mA rezistor $R2 = 3k3$, pro napájení z ploché baterie $R2 = 680$ ohmů.

2. pokus

Rezistor M2 zapojíme do série s trimrem 1M, kondenzátor použijeme keramický s kapacitou 150 nF (nebo nějakou hodnotou, kterou máme v šuplíku – 100 nF, až 330 nF).

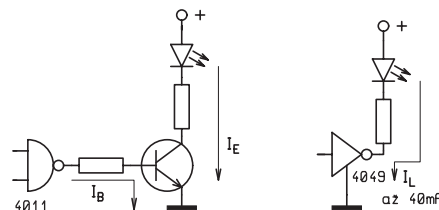
Můžeme nastavit rychlost blikání od velice rychlého (čítačem změřeno 14 Hz) až po pomalejší asi 2,5 Hz. Zkuste si ke kondenzátoru připojit paralelně ještě jeden se stejnou kapacitou a blikání by mělo mít frekvenci poloviční.

3. pokus

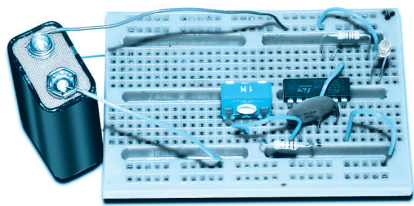
Ke kondenzátoru C připojíme kondenzátor 2 mikrofary. Blikání bude ještě pomalejší. Při vytočení trimru na minimální hodnotu se bude uplatňovat pouze hodnota rezistoru M2 a frekvence bude stejná jako v 1. pokusu. Při zvyšování velikosti odporu trimru se bude blikání zpomalovat. Pokud používáte kvalitní kondenzátor, bude zpomalování plynulé. Pokud použijete běžný elektrolytický kondenzátor, možná při určitém nastavení blikání přestane. Je to tím, že vlastní svodový proud kondenzátoru je tak velký, že se přes velký odpor nestačí nabít.

4. pokus

Zkuste si toto zapojení provést s oběma druhy dvoustupňových hradel – 4001



Obr. 7 – Výstupem logického obvodu můžeme spínat větší proud a) tranzistorem, b) výkonovým logickým obvodem



i 4011 (zatím nás z jejich funkce zajímá jenom to, že mají invertor) i s invertory v obvodu 4069 nebo 4049 – ty mají pouze jeden vstup, v pouzdru je jich šest, můžete použít kterékoliv chcete.

5. pokus

Zkuste na výstup LED připojit přes tranzistor, jak jsme to probírali již několikrát. V tomto případě můžeme použít i LED s větším odběrem proudu – obvyklou s proudem 20 mA.

Podobně u tohoto obvodu nedochází k překlopení z jednoho logického stavu a naopak při stejném napětí, ale je mezi nimi rozdíl. Zapojení s tímto obvodem si trochu zjednodušeně rozebereme od začátku. Obvod napájíme například z baterie 9 V.

Před připojením napájecího napětí je kondenzátor C vybitý. Po zapnutí napájení představuje prakticky zkrat vstupu na zem, na vstupu tedy zpočátku není žádné napětí, je na něm logická nula. Protože obvod je invertor, je na výstupu logický stav opačný – je na něm logická jednička, je na něm prakticky totéž napětí jako je napájecí. Tímto napětím z výstupu se přes rezistor R1 milý kondenzátor nabíjí, zpočátku hltavě, pak zpomaluje, až do napětí, které na vstupu tohoto obvodu znamená logickou jedničku, například 6 V. Na vstupu je tedy logická jednička a výstup se změní na logickou nulu – tedy napětí blízké nule. Do vstupu prakticky žádný proud neteče a kondenzátor se tak přes tentýž rezistor začne vybíjet. Vybíjecí proud teče do výstupu ve stavu logické nuly až do okamžiku, kdy se kondenzátor vybije na hodnotu, která na vstupu tohoto obvodu znamená stav logické nuly, například 3 V. Na vstupu je tedy logická nula, výstup se změní na log. 1 a z něj se kondenzátor opět začne nabíjet až do hodnoty, log. 1 na vstupu atd. atd. Toto zapojení tedy může fungovat díky rozdílu mezi rozdílu napětí logické nuly a jedničky na výstupu.

Proto v literatuře u tohoto zapojení uvidíte použitý obvod 4093 nebo podobný 40106 a běžným ho nelze použít.

Změna frekvence

Frekvence je daná rychlostí nabíjení a vybíjení kondenzátoru C1, přes re-

zistor R. Kapacitu měnit nemůžeme, rezistor můžeme nahradit trimrem zapojeným v sérii s rezistorem. Rychlost blikání můžeme nastavit podle účelu indikace – pomalé blikání navozuje pocit klidu, bezpečí, tak vám bliká například indikátor monitoru v klidovém (spícím) stavu. Rychlé blikání se používá pro upozornění na nějaký nouzový alarmující stav – obvykle současně se zvukovou návěstí – pípáním ve stejném rytmu. Pokud nastavíte ještě větší rychlost, můžete mylně říci, že oscilátor přestal blikat. Nepřestal. Bliká vyšší rychlostí, než dovede mozek ze zvukového vjemu vyhodnotit jako blikání – vnímáme ho jako trvalý svit. Ale bliká. To si můžete ověřit zobrazením výstupního kmitočtu osciloskopem, nebo si ho později vydělíme a podíváme se na zpomalený. Ostatně frekvence se v tomto zapojení nedá měnit ve velkém rozsahu. Mezní kmitočet, při kterém ještě oscilátor kmitá je daný typem integrovaného obvodu, zatím ho pomineme.

Generátor slyšitelného kmitočtu

Nabíjecí konstanta tau je násobkem kapacity C a odporu R. Jestliže zvolíme kondenzátor s nižší kapacitou, bude kmitočet vyšší, místo blikání uvidíme trvalý svit. Jestliže místo LED zapojíme na výstup oscilátoru sluchátka nebo reproduktor, můžeme tento kmitočet převést na slyšitelný zvuk – uslyšíme písňák.

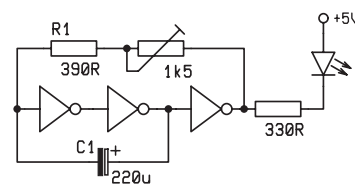
Zatížení výstupů

Logické obvody nejsou většinou konstruovány na přímé připojení k zátěži, ale když si chceme vyzkoušet funkce alespoň těch základních pomocí LED, je třeba dodržet základní zásady.

TTL obvody – tedy řada 74xx (například 7400) nemá výstup chráněný proti zkratu – výstup se nesmí zkratovat. Při zatížení napětí na výstupu klesá, při zkratu teče výstupem určitý maximální zkratový proud, který může obvod zničit.

U obvodů CMOS pro naše pokusy použijeme LED s proudem pro rozsvícení 2 mA, příslušné typy najdeme v katalogu. CMOS obvody mají ochranu výstupu proti zkratu, ale ne proti trvalému zkratu.

Zvláštní pozornost je třeba věnovat při kopírování schémat s reproduktorem na výstupu. Kdybychom na výstup přímo připojili reproduktor s impedancí 4 ohmy a na výstupu byla úroveň logické jedničky s napětím například 4 V, tekl by nám čistě teoreticky výstupem proud 1 A! Takže to ne.



Obr. 8 – Oscilátor s CMOS obvodem zapojený jako blikáč

Pokud někde vidíte takovéto schéma, podívejte se, jakou impedanci mají uvedenou u reproduktoru.

Obvykle to bývá neobvyklá hodnota 50 ohmů, kterou asi nemáte, protože pokud pro své pokusy používáte vykuřené reproduktory z vyřazených rádií, televizorů nebo různé reproduktorové „bedničky“, mají impedanci obvykle 8 ohmů nebo 4 ohmy. Sluchátka k walkmanu mívají 16 nebo 32 ohmů. Takže je nelze přímo připojit k výstupu probíraného logického integrovaného obvodu. Impedanci 50 ohmů mívaly tak zvané sluchátkové vložky do telefonního sluchátka – pokud ji někde ve svých pokladech máte, pro pokusy se docela dobře hodí. A ještě je třeba tuto vložku připojit přes srážecí rezistor. Samozřejmě o tento úbytek bude slabší i zvuk. A navíc se uplatňuje i vnitřní odpor výstupu logického obvodu.

Spínání zátěže s větším proudem

Použijeme tranzistor. Malým proudem do báze se otvírá tranzistor, kterým prochází proud do zátěže. Tak je na výstup možno připojit obvyklou LED s proudem 20 mA, žárovku, nebo i reproduktor nebo piezoelement. Pro jednoduchost uvažujeme, že proud kolektoru je „beta“ krát větší než proud báze. Beta je zesilovací činitel, označovaný v „há parametrech“ jako h21e (čti há dva jedna é) a u běžných tranzistorů bývá kolem sta. V rozmezí od asi 20 do 1000. Například BC 547 má podle katalogu [5] 200 až 450.

V literatuře se setkáte s kreslením schématických značek podle nejrůznějších norem, například v [1] na straně 37 vidíte schémata kreslená podle ruské normy GOST a americké ASA.

Odkazy:

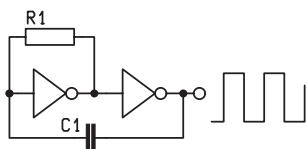
- [1] Rádio plus KTE, 6/2003, Malá škola praktické elektroniky
- [2] Integrované obvody řady 4xxx, BEN, Praha 1992
- [3] 296 integrovaných obvodů, BEN, Praha 1992
- [4] Amatérské Rádio řada B č.3/1985
- [5] Katalog GM electronic
- [6] Everaday Practical Electronics, Jan. 2002, str. 23

Blikač s logickými obvody

77. díl

klíčová slova: pouzdro DIL, hradlo, montážní přípravek CMOS, blikač, zatížení výstupů, piezoelement, pípní

Podle popisu v minulém čísle si docela prakticky si zapojíme jednoduchý blikač. Vlastní oscilátor (viz obr. 1) je tvořen dvěma hradly Q1 a Q2 (písmenem Q se v technických dokumentacích označují různé logické obvody bez ohledu na funkci, podobně jako tranzistory T, rezistory R atd.). Je jedno, jestli použijeme invertor, který má jeden vstup, nebo hradlo se dvěma nebo více vstupy spojenými paralelně, hlavně že na výstupu je nakreslená značka inverze – kolečko. Další hradlo Q3 slouží jenom k oddělení vlastního oscilátoru, na jeho výstup připojíme LED (viz obr. 2).



Obr. 1 – Základní zapojení oscilátoru

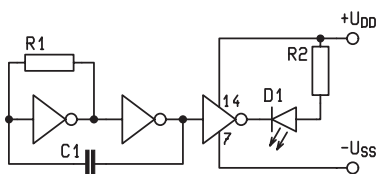
1. pokus

Zapojení zapojíme podle obr. 3. Podle použitého napájení zvolíme velikost rezistoru R2 pro LED takový, aby LED tekla proud maximálně 2 mA. Aby výstup CMOS obvodu nebyl přetížen a byl schopen proud pro rozsvícení LED dodat. Buď máme nízkopříkonovou LED (low power) nebo použijeme běžnou s katalogovým proudem 20 mA, ale necháme jí téci proud pouze 2 mA. Ona svítit bude, jenom o trochu méně.

Pro napájení pro napájení z 9 V baterie bude R2 mít 3k3, a při napájení z ploché baterie 4,5 V je hodnota odporu R2 560 ohmů.

Abychom blikání LED na výstupu oscilátoru viděli, zvolíme kapacitu 100 nF a místo jednoho rezistoru zapojíme trimr nebo potenciometr P1 s hodnotou například 1 M a k němu do série ještě rezistor s hodnotou asi 10 k, aby i při nastavení trimru na nulovou hodnotu nějaký odpor v obvodu byl zapojený.

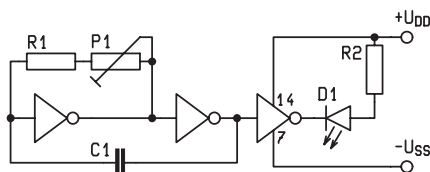
Použijeme integrovaný obvod CMOS 4011, který obsahuje čtyři dvouvstupová hradla.



Obr. 2 – Oscilátor doplněný o další hradlo, LED a napájení

Trimr P1 nastavíme asi tak do poloviny dráhy, abychom mohli odpor měnit na obě strany, zapojení si zkontrolujeme, nezapomene připojit i napájení k integrovanému obvodu, plus na čtrnáctku a mínus na sedmičku.

Po zapojení by LED měla začít blikat. Rychlost blikání nastavujeme trimrem. Nejpomalejší blikání je při největším odporu P1.



Obr. 3 – Změnou odporu P1 můžeme měnit frekvenci

Použijeme:

IO CMOS 4011

R1 10k

P1 1M

C1 100 nF

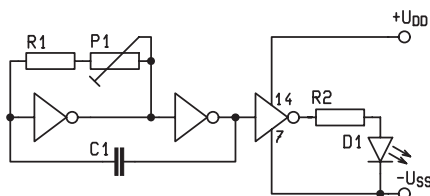
R2 3k3

D1 LED 2 mA

baterie 9 V

2. pokus

Změníme kondenzátor – zvolíme hodnotu například 2μ2 nebo i 4μ7, blikání se velmi zpomalí. Podobně jako u časovače s 555 záleží na časové konstantě RC obvodu, tedy na násobku R a C. S kondenzátorem 4μ7 bude blikání velmi pomalé, doba svitu a zhasnutí bude asi 10 sekund, s kondenzátorem 2μ2 asi 4 až 5 sekund při trimru nastaveném na maximum. Při nastavování menší hodnoty se rychlost blikání zvyšuje. Nastavíme si takovou rychlost, která se nám zdá pro naše účely vhodná. Poklidné blikání jako u spícího stavu monitoru, nebo rychlé alarmující u monitoru životních funkcí pacienta.



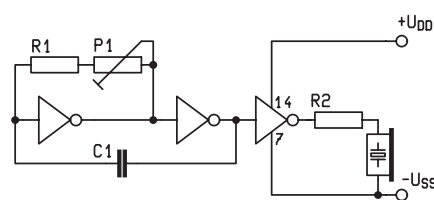
Obr. 4 – Totéž zapojení s LED proti zemi

Použijeme:

C1 2μ2, 4μ7

3. pokus

Místo trimru 1 M použijeme trimr s hodnotou 100 k. Blikání bude deset-



Obr. 5 – Místo LED na výstup připojíme piezoelektrický akustický měnič

krát rychlejší, abychom dosáhli stejné rychlosti blikání jako s trimrem 1 M, museli bychom použít kondenzátor s desetkrát větší kapacitou, například pro kombinaci P1 1 M a C1 2μ2 bychom použili P1 100 k a C1 22μF. Jsou prázdniny, nebudeme nic počítat, jenom budeme pokusničit a sledovat.

použijeme:

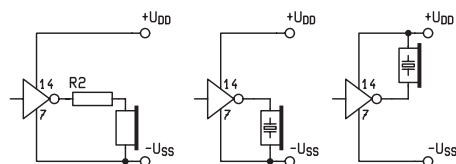
R1 100k

4. pokus

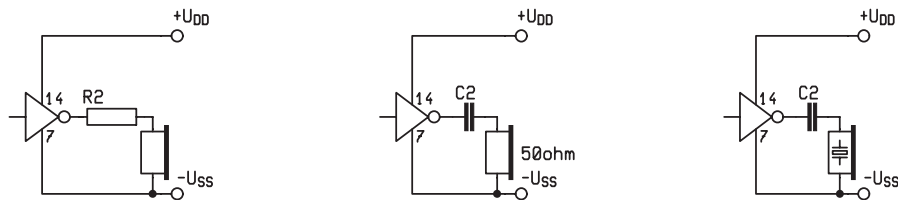
LED proti kladné napájecí větvi bliká, zkusíme LED zapojit proti zápornému pólu napájení – pro napájení 9 V použijeme tentýž rezistor R2 3k3, pro napájení 4,5 V hodnotu R2 změníme na 680 ohmů (viz. obr. 4). Funguje napolohled stejně. Jenom LED svítí při logické jedničce na výstupu, při zapojení LED proti kladnému pólu svítí při logické nule na výstupu.

5. pokus

Změníme-li kondenzátor C1, bude rychlost blikání taková, že ji lidské oko nestačí sledovat jako jednotlivá bliknutí, ale jako souvislý svit. Ale přesto to jsou pulzy. Na výstup zapojíme elektroakustický měnič (viz obr. 5). Vhodný je například piezoelement měnící elektrické napětí na mechanické chvění membrány, které uchem slyšíme jako klapání, případně tón. Vhodný piezoelement pouze reprodukuje přivedený kmitočet – má dva vývody. Existují i jiné typy „pískáků“ – samovybuzovací, které pískají na svém určitém kmitočtu, nebo dokonce piezosirény. Ty použijeme až jindy. Nyní chceme sledovat výšku tónu osci-



Obr. 6 – a) Sluchátko 50 ohmů by bylo nutno zapojit přes rezistor, b) piezoelektrický měnič je možno připojit přímo proti zemi, nebo c) proti kladné větvi napájení



Obr. 7 – Místo přes rezistor, lze sluchátko nebo piezoelement připojit přes kondenzátor

látoru. Vhodný je například typ uváděný v katalogu GM Electronics jako KPE126 – má průměr 29 mm, nebo ještě lepší KPS110, který má podle katalogu kmitočtový rozsah 500 Hz až 9 kHz. Piezoelement zapojíme místo LED, nebo přímo paralelně k ní.

Při pomalém blikání vidíme a slyšíme při každém bliknutí klapnutí. Při rozsvícení i při zhasnutí. Při vyšší rychlosti blikání se i klapání zrychluje, při C1 asi 68 nF je slyšet bublavý tón a LED svítí napohled souvisle.

použijeme:

KPE126 (KPS110)
C1 47 n, 68 n, 100 n, 2 μ2, 4 μ7

6. pokus

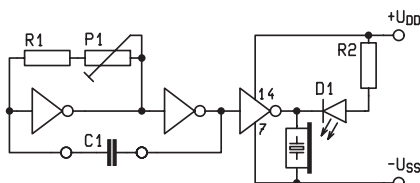
Vyměníme kondenzátor za hodnotu C1 10 nF, trimr 1M, na výstup připojíme piezoelement. Nastavíme vhodnou výšku tónu. Opět – nejnižší tón je při největším odporu nastaveném R1 + P1. Zkusíme měnit hodnoty kondenzátorů 2n2, 10 n, 22 n, 33 n, 47 n atd. Opět si nastavíme nějakou vhodnou výšku tónu, například s kondenzátorem 10 nF a trimrem 1M. Piezoelement máme zapojený místo LED, takže přes odpor. Pokud používáme při napájení 4,5 V rezistor R2 560 ohmů, můžeme piezoelement zapojit přímo z výstupu. Při napájení z 9 V baterie je rezistor R2 3k3 a tak místo něj můžeme zkusit zapojit menší, 560 ohmů. Zvuk je silnější. Při zapojení přímo na výstup hradla, je zvuk ještě silnější.

Použijeme:

2n2, 10 n, 22 n, 47 n, 68 n

7. pokus

Podobně jako je možno LED zapojit proti kladné napájecí větvi i proti zemi, je možno i piezoelement zapojit proti

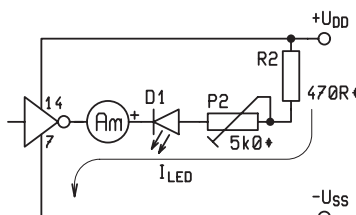


Obr. 8 – Pokud zapojíme piezoelektrický měnič i LED, uslyšíme při blikání klapání

kladnému pólu napájení (viz obr. 6). Píská? Pozor, pokud byste použili běžný reproduktor 4 ohmy, nebo další používané hodnoty 8 ohmů apod., choval by se obvod jako při velkém zatížení takřka zkratově. Jestliže místo piezoelementu chcete použít například vložku do telefonního sluchátka 50 ohmů nebo 200 ohmů, je zapotřebí ji zapojit přes rezistor, který ale samozřejmě výkon zvuku sníží.

8. pokus

Z výstupu hradla do elektroakustického měniče teče střídavý proud s kmitočtem oscilátoru. Zkusíme tedy piezoelement zapojit přes kondenzátor (viz obr. 7). Zvolíme hodnotu například 100 nF nebo 2 μ2. Podobně by bylo možno připojit i sluchátkovou vložku.



Obr. 9 – Určení velikosti odporu pro LED na výstupu proti kladné větvi napájení

9. pokus

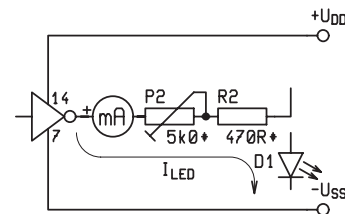
A co to takhle spojit? Na výstup zapojit i LED i elektroakustický měnič (viz obr. 8). Je možno mít při pokusech zapojenou i LED i elektroakustický měnič a jenom měnit hodnoty kondenzátorů a pozorované jevy si zapisovat do svého sešitu.

Na závěr práce si najdete vhodnou hodnotu C1 a odporu R (složeného z R1 + P1) pro blikání a totéž i pro slyšitelný tón. Hodnotu odporu zjistíte tak, že zařízení vypnete, nepohnete s nastavením trimru P1, odpojíte je a změříte ohmmetrem.

10. pokus

Jak se došlo na hodnoty rezistorů R2 u LED? Velmi jednoduše (viz obr. 9 a obr. 10). V zapojení z minulé části Malé školy si hradlo zapojíte tak, aby LED svítila, tedy při zapojení LED proti klad-

né větvi bude na výstupu hradla logická nula. Do obvodu LED vřadíte miliampérmetr a místo odporu R2 použijete trimr. Abyste měli jistotu, že neuděláte na výstupu zkrat, použijte v sérii s trimrem ještě ochranný odpor, například 330 ohmů nebo podobnou hodnotu a trimr nastavíte na maximum. Po zapnutí napájení odpor trimru zmenšujete tak, až vám LED poteče potřebný proud, my pro nízkopříkonové LED nastavujeme 2 mA. Ostatně je možno místo nich zapojit i běžnou LED, ale nechte jí téci proud také jen ty 2 mA. Po nastavení proudu obvod vypneme a hodnotu R2 + P2 změříme a použijeme nejbližší vyšší hodnotu, která se vyrábí.



Obr. 10 – Určení velikosti odporu pro LED na výstupu proti záporné větvi napájení

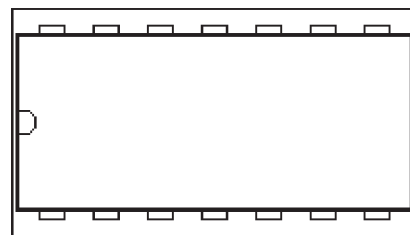
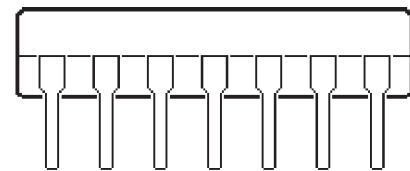
Tak nám pro 4011 i 4001 vyšly tyto hodnoty:

9 V proti + pólu 3k3
9 V proti – pólu 3k3
4,5 V proti + pólu 560 ohmů
4,5 V proti – pólu 680 ohmů

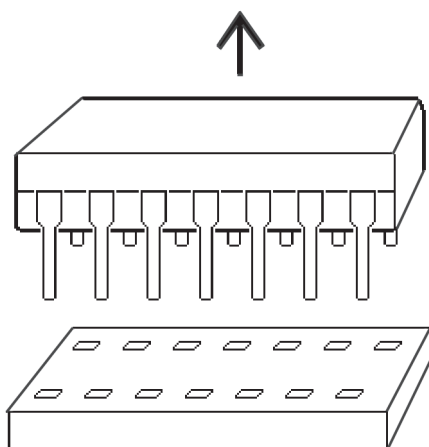
Zkuste si to pro napájecí napětí, které používáte, například pro zdroj 5 V, nebo 6 V, nemusíte stále jenom opisovat, máte svou hlavu :-)) a tak jí použijte.

Poznámka:

Všimněte si, že stále ve schématické značce vynecháváme rozlišení zda se jedná o invertor, dvouvstupové hradlo NAND nebo NOR. Při použití dvouvstupového hradla prostě oba vstupy spojíme paralelně, jako když při



Obr. 11 – Integrovaný obvod vsazený do patice



Obr. 12 – Integrovaný obvod vyjímáme rovnoměrným tahem vzhůru

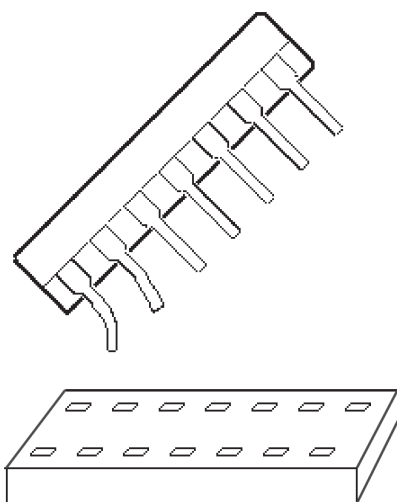
volejbalu pinkáte místo jedné ruky oběma současně.

V naší literatuře i světové literatuře se používají dva základní způsoby kreslení schématických značek logických obvodů. Invertor má na výstupu značku inverze, tvary schématických značek negovaného součinu a součtu jsou na obrázku 14.

Abychom mohli obvod zapojit, najdeme si v dobrém katalogu i vnitřní schéma zapojení vstupů a výstupů. Obvody použité v dnešní části Malé školy – 4011 se čtyřmi dvouvstupovými hradly NAND, 4001 se čtyřmi dvouvstupovými hradly NOR a 4069 šesticí invertorů – jsou na obrázku 15. Všechny mají kladný pól napájení na vývodu č. 14 a záporný na vývodu č. 7. Napájení je pro všechna hradla v pouzdru společné.

Patice

Pro pokusná zapojení se používají různé zkušební desky, například nepájivé kontaktní pole (test board) a inte-

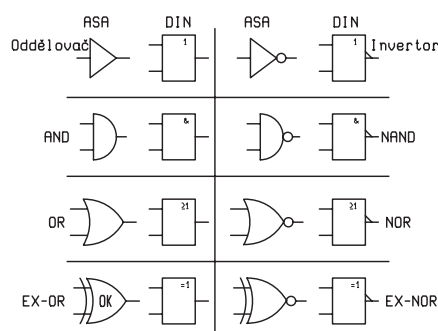


Obr. 13 – Při zvedání na jednom konci se krajní nožičky ohnou!

grovaný obvod se vkládá zasunutím do patice (viz obr. 11). Při vyjímání je třeba integrovaný obvod postupně nadzvednout na obou koncích rovnoměrně a vytáhnout směrem nahoru (viz obr. 12), nejlépe malým plochým šroubovákem. Nervěte to prsty! Barbara toto činícího prozradí ohnuté poslední nožičky obvodu (viz obr. 13).

Součástky pro dnešní pokusy:

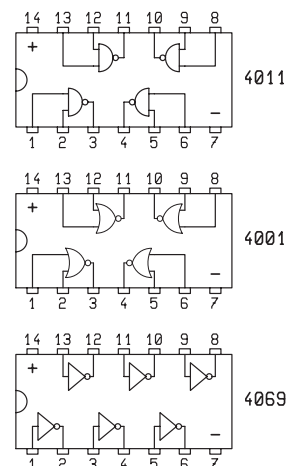
R1	10 k, 100k
P1	100k 1 M
C1	2n2, 10 n, 22 n, 33 n, 47 n, 100 nF, 2μ2, 4μ7
R2	560R, 680R (pro napájení 4,5 V)
R2	3k3 (pro napájení 9 V)
D1	LED 2 mA (nebo i obvyklou 20 mA)
IO1	4011 (případně 4001 nebo 4069)
BAT	plochá baterie 4,5 V nebo 9 V baterie + konektor (klips)
SL	piezoelement KPE126 nebo KPS110
nepájivé kontaktní pole (test board) pinseta	
malý plochý šroubovák	
štípací kleště stranové	
izolované drátky	



Obr. 14 – Schématické značky invertoru a dvouvstupových hradel – negovaného součtového a součinového

Zkušební destička

Pokud nemáte nepájivé kontaktní pole, můžete si snadno vyrobit zkušební destičku z kousku umatexové nebo podobné desky pro plošné spoje. Rozteče políček zvolíte podle roztečí nožek integrovaného obvodu, tedy po 2,5 mm. Další políčka použijete pro připájení vývodů součástek. Vedlejší políčka propojujete prostě zakápnutím pájkou, propojení vývodů součástek na vzdálenějších políčkách provedete připájením drátku. Mohou být ohnuté do obloučku, aby se dobře držely v pinsetě nebo prstech a dobře se s nimi pracovalo. Také vývody součástek nemu-



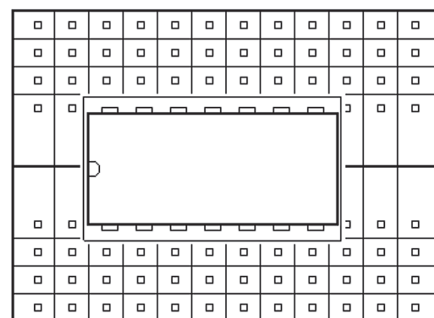
Obr. 15 – Zapojení vstupů a výstupů

síte příliš zkracovat a pájíte je přímo na příslušná políčka.

Bud' si obrázek políček nakreslíte na destičku podle vašeho zvyku například popisovačem Centrifox (to už jsme probírali), nebo na destičku přilepíte pás izolepy a mezery prořežete ostrým nožem a pak se budete snažit vyříznuté dělicí cestičky vyrýpnout špičkou nože nebo větší jehlou (například na vyšívání) a destičku pak vyleptáte v roztoku chloridu železitého.

Nebo prostě do měděné fólie podle ocelového pravítka vyrýpnete nějakým ostrým předmětem rýhy – hranou šroubováku, rýsovací jehlou, zlomeným vrtačkem, nožem, atd. Pozor na úraz! A pozor na vrypy do stolu, když na konci destičky sjedete s okraje dolů. Tyto rýhy je potřeba udělat aspoň půl milimetru široké, vyčisti je a vyzkoušet bzučákem nebo ohmmetrem, zdali mezi sousedními políčky není zkrat. Ale to je pouze pro prázdninové nadočkáve. Ostatní mohou leptat. Do destičky nemusíme vrtat žádné dírky, součástky prostě pájíme kapkou pájky přímo ze strany spojů. Na desku připájíme i patici pro vkládání integrovaného obvodu. Obvod do patice vsadíme až po zapojení celého obvodu.

Pokusné zapojení lze velmi snadno měnit – prostě odpájíte jeden kondenzátor a místo něj zapájíte jiný a sledujete změny. Před změnami zapojení ale vypněte napájení!



Odkazy:

[1] Rádio plus KTE, 6, 7/2003, Malá škola praktické elektroniky

[2] Integrované obvody řady 4xxx, BEN, Praha 1992
[3] 296 integrovaných obvodů, BEN, Praha 1992

[4] Amatérské Rádio řada B č.3/1985
[5] Katalog GM electronic
[6] Everaday Practical Electronics, Jan. 2002, str. 23

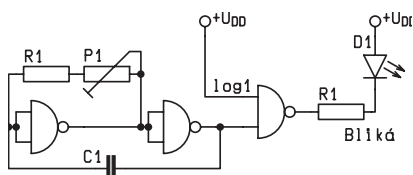
Logické funkce NAND, NOR

Klíčová slova: logický součet, logický součin, negované funkce, START-STOP tlačítko, SET, RESET

Umíme zapojit jednoduchý obvod který vydává pípavý zvuk a obvod který bliká. Zkusíme si je dát oba dva dohromady, tak aby pípnutí bylo současně při rozsvícení LED.

1. pokus

Vlastní oscilátor je tvořen dvěma hradly. Za těmito hradly máme elektroakustický piezoelement nebo LED připojenou přes další oddělovací hradlo. Nyní jako toto třetí hradlo použijeme dvouvstupové hradlo negovaného součinu, z minulých pokusů máme 4011.



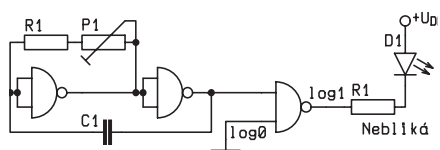
Obr. 1

a) Jeden vstup necháme zapojený na výstup oscilátoru a druhý vstup zkusíme připojit na kladný pól napájení, tedy na logickou jedničku (viz obr. 1). Žádná změna ve funkci nastala obvod pípá nebo bliká jako před touto úpravou.

b) Jeden vstup necháme zapojený na výstup oscilátoru a druhý vstup zkusíme připojit na záporný pól napájení, tedy na logickou nulu (viz obr. 2). Na výstupu je trvale jednička. Pokud máme LED zapojenou proti kladnému pólu, nesvítí, pokud je zapojená proti zemi, svítí trvale, ale neblíká. Logická nula na druhém vstupu výstup drží na stálé úrovni bez ohledu na stav prvního vstupu. Ať je na něm jednička nebo nula. Pokud je na výstupu piezoelement, pípání se neozývá.

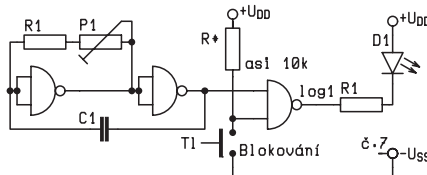
2. pokus

„Druhý“, budeme mu teď říkat „řídící“ vstup připojíme přes rezistor na kladný pól napájení, na vstupu je logická jed-



Obr. 2

nička a hradlo činnost obvodu nijak neovlivňuje. Z pieza se ozývá pískání nebo LED bliká. Na řídící vstup připojíme tlačítko, nebo na nepájivém kontaktním poli drátek, a dotkneme se jím záporného pólu napájení, na vstupu tedy bude logická nula. Pípání přestane, LED přestane blikat. Znovu odpojíme a zase připojíme a zase. Až si pohrajeme, začneme přemýšlet, jak to použít dál. Pomocí druhého vstupu můžeme funkci obvodu zapínat nebo vypínat. Kdyby vstup nebyl připojen na kladný pól napájení přes rezistor, zkratovalo by stisknuté tlačítko napájení na zem (viz obr. 3).



Obr. 3 – Stiskem tlačítka přivedeme na vstup logickou nulu.

3. pokus

Jestliže je tedy na řídícím vstupu logická jednička – zvuk píská. Při logické nule pískání přestane. Místo přerušování zvuku stiskáváním tlačítka můžeme použít rytmu blikání LED. Střídání logické jedničky a nuly na výstupu blikáče je přivedeno na řídící vstup dvouvstupového hradla pípavého obvodu (viz obr. 4).

Ejhle! Při každém bliknutí se ozve pípání a při zhasnutí LED je chvíli ticho. Trimrem P1 si zkusíme nastavit různou rychlost blikání, od pomaloučkého až po rychlé. Současně s tím se mění i rychlost pípání. A teď končí elektronika a začíná psychologie. Záleží na vás, jak chcete tento obvod použít. Zda pro poklidné pípání s blikáním po uplynutí doby časového spínače na uvaření vajíček nebo pro naléhavé a rychlé poplašné pípání monitoru životních funkcí u lůžka pacienta (bed side monitor). Druhým trimrem si můžete podle stejných hledisek nastavit výšku tónu pípání.

4. pokus

Všimli jste si, že čtveřice dvouvstupových hradel v 4011 a 4001 má vstupy a výstupy zapojené na stejné nožičky (kdo chce, může říci piny) integrované-

ho obvodu. Pokud zapojíme do našeho obvodu místo 4011 obvod 4001 bude stejně fungovat oscilátor pro pípání i oscilátor pro blikání, ale, v místě řídícího hradla bude funkce jiná. V katalogu se obvody liší označením NAND a NOR.

Logické funkce

Inverze

Inverze znamená obrácení logického stavu, to znamená že na výstupu je opačný logický stav než na vstupu. Vstup označíme A a výstup Y logické stavu pro přehlednost zapíšeme do tabulky.

A	Y
0	1
1	0

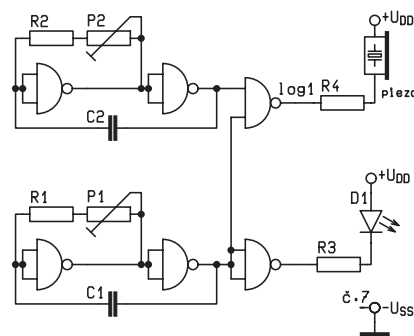
Slovně tabulku přečteme takto. Jestliže na vstupu A je logická nula, je na výstupu právě obrácený logický stav – logická jednička. Jestliže na vstupu A je logická jednička, je na výstupu logická nula. Podobné pravdivostní tabulky různých logických integrovaných obvodů najdete i ve specializovaném katalogu.

Logický součin

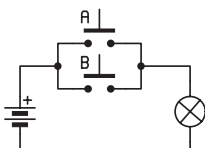
Budeme uvažovat dva vstupy A a B. Aby se vystřídal všechny kombinace na vstupech A a B, vypíšeme si do tabulky přehledně všechny čtyři.

A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

A opět čteme. Jestliže na vstupu A i na vstupu B jsou nuly, počítáme nula krát nula je nula, na výstupu je nula (do-cela logické, že). Podobně i dál nula krát



Obr. 4 – Logická nula při zhasnutí LED zároveň blokuje i pípání



Obr. 5 – Toto je také logický součet

jedna je zase nula, na výstupu je nula. Jednička krát nula je opět nula, na výstupu je zase nula. Pouze při jedničkách na obou vstupech je jedna krát jedna rovno jedné. Na výstupu je logická jednička.

Z toho si pamatujeme, že jestliže je na jakémkoliv vstupu nula, je výstup zase nula.

Logický součet

Opět si logické stavy na obou vstupech zapíšeme do tabulky a počítáme. Nula plus nula je nula – na výstup do sloupce Y zapíšeme nulu. Nula plus jedna je jedna – na výstupu je jednička. Jedna plus nula je jedna – na výstupu je jednička. Jedna plus jedna je... JEDNA! To je v logice.

Výroková logika

Logika se vyučuje jako samostatný předmět a podrobnosti najdete v literatuře a učebnicích.

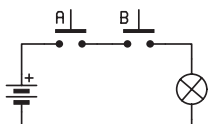
Logický součet – OR

Zapojíme si jednoduchý obvod který přerušíme dvěma tlačítky zapojenými paralelně, tedy vedle sebe (viz obr. 5). Jako například tlačítka zvonku – jedno u vchodu do domu a druhé u dveří bytu. Zvonek bude zvonit když stisknete tlačítko u vchodu NEBO u dveří. Nebo. Anglicky „OR“. Všimněte si, že když stisknete jedno nebo druhé, zvonek bude zvonit stejně jako když stisknete obě najednou. Nebude zvonit víc. Prostě bude zvonit. To je ta logická jednička v tabulce u součtu jedna plus jedna.

A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Logický součin – AND

Zapojíme jednoduchý obvod, který přerušíme dvěma tlačítky zapojenými v sérii, tedy za sebou (viz obr. 6). Toto zapojení najdete například u autorádia. V některých vozech je napájení autorádia vedeno přes spínací skříňku a při vypnutí klíčku zapalování (ignition key) autorádio nehraje aby vám nevybíjelo baterii. Takže máme dva vypínače – spínací skříňku a vypínač auto-



Obr. 6 – Logický součin

rádia. Aby autorádio hrálo, musí být zapnutý klíček zapalování I vypínač autorádia. Anglické slovo „AND“ pro přesnější smysl v logických obvodech přeložíme jako „i“. Tvrzení si opět ověřte v tabulce.

Negované funkce

Ne, že by někdo schválně vymýšlel hned negovanou funkci, ale i tranzistor se v typickém zapojení prostě chová jako invertor a tak i první hradla měla na výstupu obrácený logický stav než na vstupu. Jednou z prvních kostiček stavebnice logických obvodů se stal obvod 7400 se čtveřicí negovaných logických součinů – NAND. Přidáním písmenka N označující negaci vznikly obvody, které máte v katalogu NAND – negovaný logický součin NOR – negovaný logický součet

Pro negované funkce naše pravdivostní tabulky upravíme tak, že výstup bude mít právě opačný logický stav.

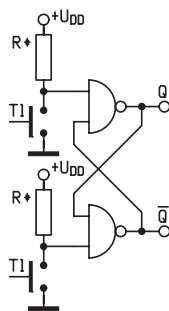
NAND – negovaný součin

A	B	Y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

NOR – negovaný součet

A	B	Y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

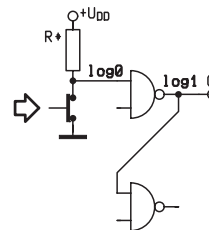
A tím se dostáváme zpětně k našemu 2. pokusu. Jestliže je na řídicím vstupu logická nula, je výsledný součin vždy nula a po inverzi logická jednička. I kdyžby ostatních vstupů bylo třeba sedm, jestliže je na jakémkoliv ze vstupů logická nula, je na výstupu jednička.



Obr. 7 – Základní zapojení klopného obvodu

Klopný obvod

Další velmi důležitou kostičkou ve stavebnici logických obvodů je klopný obvod (viz obr. 7). Má několik velmi důležitých vlastností. Stačí ho překlopit jediným stiskem tlačítka a i když tlačítko pustíte, obvod dále ve svém novém stavu drží,

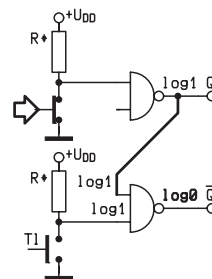


Obr. 8 – tlačítka na vstup přivedeme logickou nulu, na výstupu se objeví logická jednička

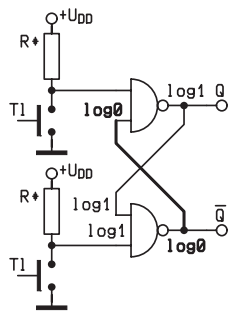
dokud nestisknete druhé tlačítko, a pak opět drží v novém stavu. Podobně se spíná například ventilátor odsávání u brusky nebo v kravině. Jedním tlačítkem se odsávání zapne a ventilátor běží dokud ho někdo nevypne stiskem druhého, tak zvaného STOP tlačítka.

Funkce je na první pohled velmi jednoduchá, probereme si ji po krocích. Číslování platí pro obvod CMOS 4011.

1. Na obou vstupech je přes rezistor přivedeno napětí, tedy logická jednička.
2. Stiskneme tlačítko na jednom ze vstupů – tím na něj přivedeme logickou nulu. Na výstupu hradla je inverzní stav, tedy přesně opačný – logická nula (viz obr. 8)
3. Tato nula přichází na vstup (5) druhého hradla. Na druhém vstupu (6) tohoto hradla je přes rezistor přivedena také logická jednička. Jedna krát jedna je jedna, ale inverzí je na výstupu logická nula (viz obr. 9)
4. Tuto logickou nulu z výstupu přivedeme na vstup (2) prvního hradla. Nula krát jedna je nula ale po inverzi je na výstupu logická jednička. Ta tam už je od okamžiku, kdy jsme stiskli tlačítko.
5. Tlačítko můžeme pustit (viz obr. 10). Na vstupu (1) u tohoto tlačítka je opět logická jednička, ale z výstupu druhého hradla nám na vstup (2) stále přichází logická nula a tak stav stále DRŽÍÍÍ. Klopný obvod se překloupil.
6. Můžeme toto tlačítko stisknout znovu a znovu a znovu,... stav se nemění. Je nastartováno, toto tlačítko můžeme označit jako START tlačítko.
7. Jestliže stiskneme tlačítko na druhém ze vstupů – přivedeme na něj logickou nulu, na výstupu se objeví logická jednička.



Obr. 9 – Jednička na výstupu s jedničkou na vstupu druhého hradla dají nulu na výstupu



Obr. 10 – se přenesení na vstup prvního hradla a tlačítko je možno pustit. Stav se nezmění

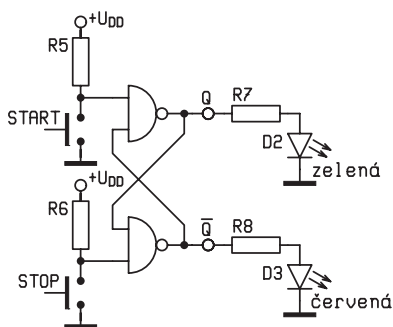
kou nulu, objeví se na výstupu (4) druhého hradla jednička, tato jednička s jedničkou na vstupu (1) způsobí že na výstupu (3) prvního hradla bude nula a tato nula přejde na vstup druhého hradla....

8. a dál už to je obdobné. Toto tlačítko si nazveme STOP tlačítko.

Nefunguje vám to na první zapojení? Zkontrolujte si, zda máte připojené napájení k integrovanému obvodu – plus na 14 a mínus na 7. Společné body na schématu je třeba při zapojování spojit: zemní spoje a také všechny spoje přivedené na kladný pól napájení. A ještě jednou překontrolujte celé zapojení, podívejte se do katalogu kde jsou vývody vstupů a výstupů. Nemusíte se to učit z paměti. Obvodů je celá řada a stále přibývají. Naučte se informace najít – použít – nepotřebné zapomenout.

Ošetření tlačítek

Další zajímavou a důležitou vlastností tohoto klopného obvodu je tak zvané „ošetření zakmitávání tlačítek“. Kontakty tlačítka totiž při sepnutí nebo rozepnutí ještě několikrát zakmitnou. Jsou to nepatrné pohyby, s velice krátkou dobou trvání, ale mohou vyvolat střídavé impulzy jedniček a nul. A právě tímto obvodem se zajistí, že reaguje pouze na první spojení kontaktů, obvod se překlápí a na další impulzy vzniklé zakmitáním kontaktních per nezareaguje.



Obr. 11 – START-STOP tlačítko s indikací LED

START nebo STOP?

Záleží na tom, jestli chceme pro spuštění obvodu použít logickou jedničku nebo logickou nulu. Tlačítka si označíme podle jejich účelu a ne logického stavu (viz obr. 11). Ale bývá zvykem spouštění označit zeleně a vypnutí červeně – jak to znáte například u indikace zapnutí televizoru – zelená: hraje, červená: vypnuto do pohotovostního (stand by) stavu. Zařízení není úplně vypnuto. Je napájen řídicí obvod, jako například tento náš.

V angličtině se používají slova SET pro nastavení a RESET pro uvedení do výchozího (nulového) stavu. V některých obvodech se resetem opravdu provádí „vynulování“ ale to nás teprve čeká.

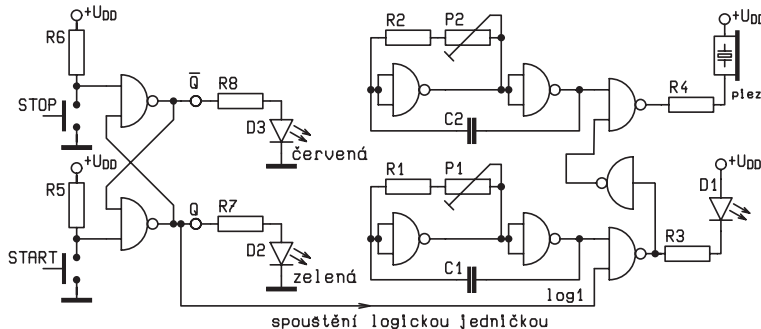
Velikost rezistorů na vstupech (zde R6 a R7) se volí tak, aby na vstup bylo přivedeno napětí, ale proud tekoucí při stisku tlačítka na zem byl pokud možno malý a nezatěžoval zbytečně zdroj, podobně jako jsme to probírali u spouštěcího tlačítka časového spínače s obvo-

Alternativy

Místo tlačítek můžeme použít jakékoli jiné spínací prvky – kontakty na dveřích, které při rozsvícení spustí alarm do té doby, než je alarm zrušen hlídačem stiskem vypínacího tlačítka, atd. Zkuste si sami vymyslet možnosti použití. Technicky lze provést ledacos, záleží na fantazii a nápaditosti.

Trocha angličtiny

OR	nebo
AND	a, i (spojka)
SET	nastavit
RESET	nastavit zpět do výchozího stavu
stand by	pohotovostní, klidový stav zařízení
table	tabulka
low	dolní, nízká logická úroveň, log(0)
high	horní, vysoká logická úroveň, log(1)
fan	ventilátor



Obr. 12 – Celý blikací pípací „kombajn“

dem 555. V literatuře najdete hodnoty od asi 1k do 1M, použijeme například 10k. Je třeba, aby do vstupu tekla nějaký minimální proud, který bývá uveden v konstrukčním katalogu.

Jednoduchý alarm

Naše zapojení si doplníme o START – STOP tlačítko (viz obr. 12). Jenom spojíme naše dva obvody: opticko akustický obvod který pípá v rytmu rozsvícení LED a řídicí START-STOP obvod. Pípání je blokováno zhasnutím LED. K řízení tohoto obvodu využijeme druhý vstup negovaného součinného hradla podobně jako u blokování pípnutí při rozsvícení LED – logickou nulou. Jestliže na tomto řídicím vstupu bude logická jednička, obvod bude pípát a blikat až okamžiku, kdy stiskem tlačítka STOP blikání zastavíme.

Podobné tlačítko znají pacienti v nemocnici už dlouho. Jediným stiskem tlačítka u postele pacient sepnou obvod – rozsvítí se světlo v pracovně sester, zvoní zvoneček a další světlo svítí nade dveřmi pokoje až do té doby, než přijde sestra a stiskem vypínacího tlačítka přivolávání nezruší.

Součástky pro dnešní pokusy:

součástky z minulých pokusů a navíc:

R3	560 (pro napájení 4,5 V)
R3	3k3 (pro napájení 9 V)
R4	560 ohmů
R5*	10 k až 1M
R6*	10 k až 1M
R7,8	680 (pro napájení 4,5 V)
R7,8	3k3 (pro napájení 9 V)
D2	LED 2 mA (nebo i obvyklou 20 mA) zelená
D3	LED 2 mA (nebo i obvyklou 20 mA) červená
IO2	4011
TI 1,2	tlačítka spínací

Odkazy:

- [1] Rádio plus KTE, 6, 7, 8/2003, Malá škola praktické elektroniky
- [2] Integrované obvody řady 4xxx, BEN, Praha 1992
- [3] 296 integrovaných obvodů, BEN, Praha 1992
- [4] Katalog GM electronic
- [5] a další literatura a www stránky

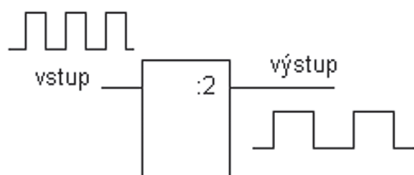
Čítač, dělička

79. díl

Klíčová slova: čítač, dělička, čítání, výstupy děličky, nulování

V odborné literatuře se setkáváme s pojmem dělička. Nepředstavujte si hned kalkulačku, která vám vydělí číslo 365,2 : 7,26 nebo něco podobného. Nejjednodušší dělička dělí dvěma.

Jestliže na vstup děličky přivedeme pravidelné pulzy, budou na výstupu pulzy s polovičním kmitočtem (viz obr. 1).



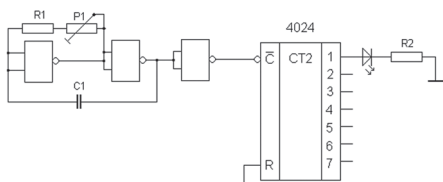
Obr. 1 – Na výstupu je poloviční kmitočet

Základní zapojení

Na vstup děličky přivedeme pulzy například z našeho předchozího obvodu blikáče. Necháme ho rychle blikat. Na výstupu děličky bude LED blikat poloviční rychlostí. Z rodiny CMOS logických integrovaných obvodů si vybereme například obvod s číselným označením

4024 – sedmistupňový binární čítač

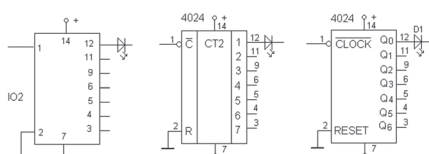
4040 – dvanáctistupňový binární čítač



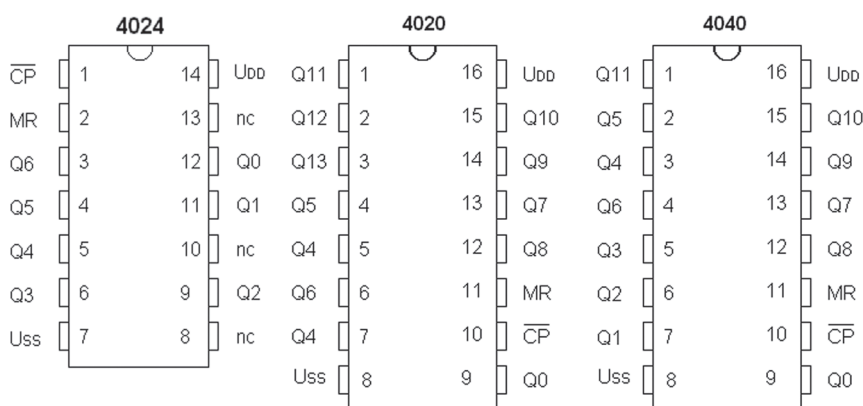
Obr. 2 – LED zapojená na výstupu

4020 – čtrnáctistupňový binární čítač

Schématické značky se v literatuře kreslí podle různých norem a zvyklostí, u nás je vžit kreslení ze kterého je patrná funkce obvodu viz obr. 2. Obrázek téhož obvodu, ve kterém jsou pouze očíslované vývody bez označení jejich funkce je známkou špatné technické kultury. Ve složitých schématech je nejvhodnější forma slučující obě normy – očíslování a popis jednotlivých vývodů. Toto kreslení se používá nejenom u in-



Obr. 2a, b, c – Různé způsoby kreslení a označování obvodů



Obr. 3 – Ukázka označování vývodů IO při pohledu shora

tegrovaných obvodů, ale i celých dílů nebo desek. Popis a zkratky se obvykle přejímají z katalogových listů výrobců, většinou z angličtiny (viz obr. 2a, b, c).

Označování vývodů

Vstup obvodu, na který přivádíme pulzy se označuje CLOCK, nebo zkratkou CLK nebo jenom C. Výstupy obvodu se označují Q s dalším očíslováním Q0, Q1, Q2 atd, nebo prostě 1, 2, 3, což znamená první děličku v integrovaném obvodu, druhou děličku, třetí děličku, atd.

Nulování znamená uvedení všech výstupů do stavu logické nuly a označuje se RESET, RES nebo jenom R, v některých katalogích ještě s bližším určením například MR.

Na obr. 3 je ukázka způsobu označení vývodů (viz [1]). Podívejte se sami do různých katalogů (např. [2]) a naučte se luštit význam značení. Doslova luštit, protože v praxi se málokdy stává, že máte k dispozici kompletní dokumentaci zařízení, nebo výklad použitých zkratk.

V našem příkladu na obrázku 3 to jsou:

U_{dd} + napájení
U_{ss} – napájení
CP vstup pulzů
MR nulovací vstup
nc nezapojený vývod

První pokus

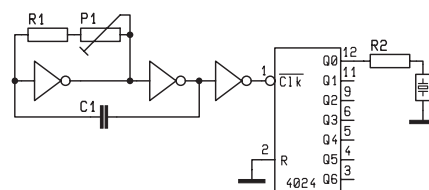
Na vstup děličky přivedeme pulzy například z našeho předchozího obvodu blikáče (viz obr. 1). Necháme ho rychle blikat. V obvodu 4024 je několik dělíček zapojených postupně za sebou, Q0 je výstup první děličky, Q1 výstup druhé děličky atd. Nízkopříkonovou LED zapojíme přes rezistor 3k3 na výstup blikáče, tedy na vstup děličky a necháme ji velmi rychle blikat. Druhou LED zapojíme na výstup první děličky – bude blikat poloviční frekvencí. Obvod dělí kmitočet dvěma. Dělí, proto mu říkáme dělička.

Pokud vám zapojení nefunguje, zkontrolujte si, zda máte: připojené napájení – kladný pól zdroje na U_{dd} a záporný pól zdroje na U_{ss}; nulovací vstup R musí být připojen na „zem“, tedy na záporný pól napájení – je na něm logická nula.

Druhý pokus

Druhou LED přepojíme z výstupu Q0 na výstup Q1 další děličky. Blikání bude dvakrát pomalejší než v předchozím případě. Pak ji přepojíme ještě na další výstup a frekvence blikání bude opět poloviční než na předchozím výstupu.

Používáme nízkopříkonové LED s proudem pro plný svit 2 mA. Pokud chcete použít běžné LED s typickým proudem 20 mA, budou vám svítit i při proudu 2 mA, sice trochu méně než obvykle, ale jde nám pouze o předvedení principu děličky.



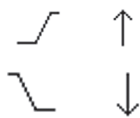
Obr. 4 – Zvuk o oktávu nižší má poloviční kmitočet

Třetí pokus

Lidské oko vnímá blikání s kmitočtem asi do 16 Hz. Ucho vnímá kmitočty asi od 20 Hz do 20 kHz. V našem pokusu budeme omezení kmitočtovým rozsahem elektroakustického piezoelektrického měniče (slovo „pízák“ je sice kratší, ale ošklivé). Změnou velikosti



Obr. 5 – Označování vstupů



Obr. 6a, b – Označování náběžné a sestupné hrany pulzu

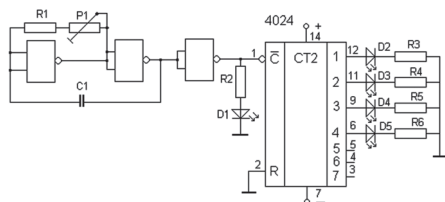
kondenzátoru C1 zvýšíme kmitočet oscilátoru tak, aby piezoelement na výstupu reprodukoval vysoký pištivý zvuk. Tento kmitočet přivedeme na vstup děličky a piezoelement zapojíme na výstup první děličky Q0 (viz obr. 7). Tón je sice zdánlivě stejný, ale o oktávu nižší. Na dalším výstupu opět o oktávu nižší. Toto ale funguje pouze u piezoelementu, který má kmitočtový rozsah podobný sluchátku nebo reproduktoru, většina piezoelementů má maximum účinnosti na určitém pracovním kmitočtu a ostatní reprodukuje slabě, nebo vůbec. Vhodnější by bylo sluchátko s pokud možno co nejvyšší impedancí, zapojené přes rezistor nebo přes kondenzátor – tyto pokusy jsme již dělali.

Zapamatujeme si poučku – tón o oktávu nižší má poloviční kmitočet.

Čtvrtý pokus

Na co je nulovací vstup RESET? Pokud jste obvod zapojili správně, fungoval vám na první zapojení. Nyní zkuste vstup RESET odpojit. To je nejistý stav, který se u CMOS obvodů nepoužívá, ale simuluje vám jak obvod pracuje když zapomenete nulovací vstup zapojit. Když ho připojíte na kladnou napájecí větev, tedy na „plus“, přivedete na něj logickou jedničku, bude na všech výstupech logická nula, děličky nebudou dělit.

Vstup je označen slovem CLOCK nad kterým je pruh. Tento pruh znamená negaci, jak jí známe z invertoru – to znamená, že vstup reaguje na logickou nulu. Protože se do vstupu přivádějí pulzy se střídající se logickou jedničkou a nulou, reaguje vstup právě na okamžik, kdy se jednička mění na nulu, tedy na sestupnou hranu. V některých schématech se i na tento vstup kreslí kolečko značky negace, aby bylo na první pohled vidět, že vstup „čeká na nulu“ (viz obr. 5). Někdy se u vstupů nebo v pravdivostních tabulkách v katalogových listech kreslí značka náběžné, vzestupné hrany nebo sestupné hrany (viz obr. 6a,b).



Obr. 7 – Indikace výstupů čtyř děliček

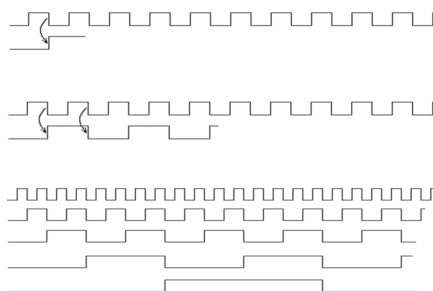
Pátý pokus

Abychom viděli funkci děliček lépe, zapojíme LED na čtyři po sobě jsoucí výstupy (viz obr. 7). Blikač nastavíme tak, aby LED na jeho výstupu (vstupu děličky) blikala velmi rychle. Na výstupu první děličky Q0 bude LED blikat poloviční rychlostí, na výstupu Q1 ještě pomaleji a na Q3 nejpomaleji. Jestliže blikání na vstupu zpomalíme asi tak dvě bliknutí za sekundu, bude LED za první děličkou blikat v rytmu jedné sekundy, za druhou po dvou sekundách, za třetí po čtyřech sekundách a za čtvrtou osm sekund svítí, osm sekund tma.

Grafické znázornění

V literatuře nebo katalogích vídáte takové grafy. Vysvětlíme si ho.

Na vstup děličky přicházejí pravoúhlé pulzy. Při sestupné hraně pulzu se změní výstup děličky I logické nuly na logickou jedničku a drží na ní (viz obr. 8a). Teprve při další sestupné hraně opět změní svůj stav, tentokrát z logické jedničky na nulu (viz obr. 8b). Tak se to opakuje. Pokud je výstup této děličky přiveden na vstup další děličky, děje se to samé. Vždy při sestupné hraně. Zkuste si to nakreslit sami, nejlépe na čtverečkový papír. Pro vaši práci je ideální sešit formátu A4 se čtvercovou sítí 5 mm.



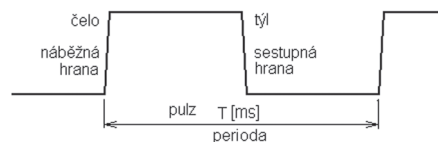
Obr. 8a, b, c

Pulz

Na rozdíl od napětí sinusového průběhu mohou mít pulzy různý tvar. Na obrázku 9 vidíte, že perioda pulzu trvá od náběžné hrany, tedy čela pulzu až opět k další náběžné hraně dalšího pulzu. Pulz má čelo, vzestupnou hranu, část periody, ve které je úroveň logické jedničky (H, High), sestupnou hranu – týl a část periody, ve které je úroveň logické nuly (L, Low)

Dělička

V integrovaném obvodu je obvykle několik děliček, řazených za sebou, takže dělicí poměr je dán násobky dvěma (viz obr. 10). Například v obvodu 4024 je jich sedm, v obvodu 4040 je jich dvanáct a v obvodu 4020 je jich dokonce čtrnáct, ale bez výstupů prvních tří – nejsou za-



Obr. 9 – Ukázka pravoúhlého pulzu

potřebí a také by na ně v 16 nožičkovém pouzdru nezbyly volné nožičky.

Čítač

Stále používám slovo dělička i když v katalogu je tento typ obvodu označen jako čítač, counter. Ano. Tento obvod vlastně počítá, kolik pulzů přišlo od vynulování na vstup. Jenomže je počítá po svém. V naší kultuře využíváme dobrodiní desítkové soustavy, říkáme jí dekadická. V logice máme dva stavy, tedy binární, kde „bí“ znamená dva. Na začátku je po vynulování na všech výstupech logická nula, po prvním pulzu je na prvním výstupu jednička, ostatní jsou nuly. Ale při druhém nenásleduje dvojka, ale na prvním výstupu je zase nula s jedničkou je na druhém výstupu. Při třetím pulzu ...atd. Po chvilce čítání se vám zdá, že stav na výstupech je chaotický, ale opak je pravdou. Protože jsme škola praktické elektroniky, necháme teorii škoře a vysvětlíme si to prakticky.

Binární znamená dvojkový

Zpomalíme rychlost blikače tak, abychom mohli jednotlivé stavy dobře sledovat a zapsat je to tabulky. Podobně jako u desítkové soustavy, kde máme jednotky, desítky, stovky, tisíce, budeme nejnižší řád, tedy jakoby „jednotky“ psát do pravého sloupce. Střídá se nám jednička a nula

0	0	0	0
			1
			0
			1
			0
			1
			0
			1
			0
			1

Sledujeme LED na výstupu druhého děliče. Bliká vždy až po dvou bliknutích předchozího děliče

0	0	0	0
		0	1
		1	0
		1	1
		0	0
		0	1
		1	0
		1	1
		0	0
		0	1

atd..

Podobně to bude u dalšího výstupu, tentokrát přes čtyři pulzy bude logická nula a přes čtyři jednička.

Pochopili jsme a uděláme si už z hlavy celou tabulku:

0	0	0	0
0	0	0	1
0	0	1	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	0	1
0	1	1	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	0	1
1	1	1	0
1	1	1	1
0	0	0	0

Tabulka by pokračovala dále opět jako od začátku

Protože jednotlivé vstupní pulzy můžeme spočítat, můžeme si tabulku do-

plnit i o pořadové číslo. Takže první číslo je ve dvojkové soustavě nula je 0 0 0 0. A například šesté je 0 1 1 0. Takhle můžeme dojít až k devítce, ale stav výstupů se ještě mění dál až do patnáctky. Se čtyřmi výstupy tedy máme šestnáct stavů.

poč.	D	C	B	A
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1
10	1	0	1	0
11	1	0	1	1
12	1	1	0	0
13	1	1	0	1
14	1	1	1	0
15	1	1	1	1

Takže se nám čítání začíná objevovat.

Trocha angličtiny:

count	počítat
counter	čítač
reset	vynulování
clock	hodiny
pulse	pulz

Součástky pro dnešní pokusy: součástky z minulých pokusů a navíc:

R2,3	560 (pro napájení 4,5 V)
R2,3	3k3 (pro napájení 9 V)
D1	LED 2mA (nebo i obvyklou 20 mA)
D2-5	LED 2mA (nebo i obvyklou 20 mA)
IO2	4024, 4040, 4020
PE	piezoelement (viz předchozí části)

Odkazy:

- [1] Jedlička, P., Přehled obvodů řady CMOS 4000, BEN, Praha 1996
- [2] Katalog GM electronic
- [3] 269 integrovaných obvodů, HEL, Praha 1996
- [4] Teska, V. Ing., Integrované obvody CMOS, Amatérské rádio B/3/1985
- [5] a další literatura a www stránky

Vyhodnocení načítaného stavu

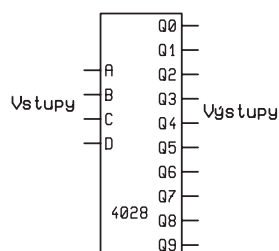
Klíčová slova: čítání, dekodér, BCD, sedmissegmentový displej

Jestliže by na výstupech děliček byly LED, bylo by možno z indikovaného stavu přečíst načítaný počet impulzů docela prostě. Na místě kde LED svítí čteme logickou jedničku a na místě kde nesvítí, logickou nulu (viz. obr. 15).

Dvojková soustava

Ve škole by vás naučili přečíst hodnotu pomocí „váhových“ hodnot. Váhová hodnota nejnižšího řádu je jedna, na vyšším řádu dvojnásobná, tedy dvě, na dalším čtyři, pak osm, šestnáct atd. Také by vám to odvodili podle mocnin čísla dvě: na nejnižším řádu je to dvě na nultou, tedy jedna. Na dalším dvě na prvou, což jsou dvě, na dalším dvě na druhou, tedy čtyři. Pak dvě na třetí, což je osm, dvě na čtvrtou je šestnáct atd.

Sloupeček A odpovídající výstupu první děličky tedy bude mít váhu jedna. Sloupeček B dva, C čtyři, D osm atd.



Obr. 1

poč.	D	C	B	A
0	8	4	2	1
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1
10	1	0	1	0
11	1	0	1	1
12	1	1	0	0
13	1	1	0	1
14	1	1	1	0
15	1	1	1	1

Jestliže chceme stav výstupů děliček dvěma přečíst jako desítkové číslo, sečteme prostě váhy na místech, kde je na výstupu logická jednička. Například u čísla 5 vidíme, že na výstupech máme 0101. Jednička je ve sloupečcích s váhou 4 a 1, sečteme 4+1 a výsledek je 5.

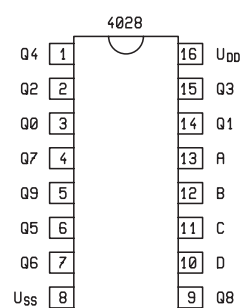
Podobně:

u čísla 0110 je součet vah 0 + 4 + 2 + 0 = 6
u čísla 1101 je součet vah 8 + 4 + 0 + 1 = 13

Tento stav indikovaný LED je ve dvojkové soustavě. Binární.

Tento výklad má praktický význam, podobným způsobem se v servisním režimu někde nastavují nejrůznější přepínače nebo hodnoty předvoleb (například u mincovníku praček pro veřejné nebo domovní prádelny, u některých malých pobočkových ústředěn aj.)

80. díl



Obr. 2

Dekadický znamená desítkový

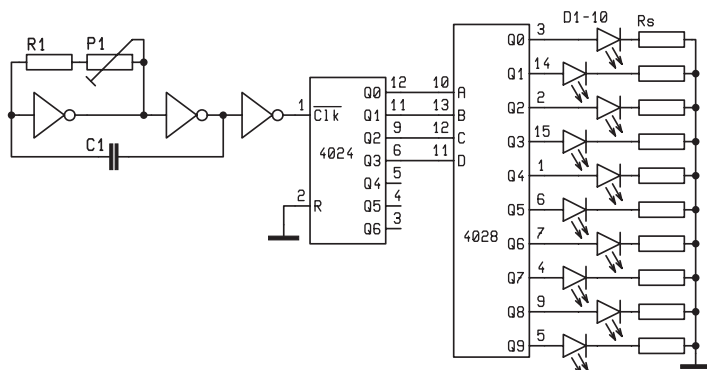
Když už jsme si zvykli na desítkovou soustavu, chceme načítaný počet pulzů vidět jako desítkové číslo.

V katalogu najdeme v řadě CMOS obvod 4028 převádějící binární stav na stav „jeden z deseti“. Je aktivní pouze ten výstup, který odpovídá binárnímu stavu na vstupech (obr. 1 a 2).

Prakticky: jestliže na vstupech je 0-1-1-0, bude jednička na výstupu odpovídajícímu číslu 6.

Kdybyste na výstupy tohoto převodníku zapojili LED tak, aby svít indikoval logickou jedničku, rozsvítí se podle stavu na vstupech odpovídající LED. Jen ta jedna jediná. Na ostatních výstupech je logická nula (viz obr. 3)

Pulzy z oscilátoru jdou na vstup čítače 4024 a načítaný počet je na jeho výstupech v binárním (dvojkovém) kódu. Logické stavy ze čtyř po sobě jdoucích děliček se přivádějí na dekodér. Zde je



Obr. 3

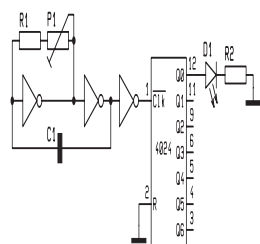
stav těchto čtyř bitů (4 bitový vstup) převáděn na stav „jeden z deseti“. Obvod 4028 má na výstupech logickou nulu, pouze na jediném výstupu, daným převodem BCD na desítkové číslo má logickou jedničku.

Zmatek. Nenechte se vyvézt z klidu podivuhodným označováním prvního výstupu u děličky Q0, druhého Q1, nebo u tohoto obvodu prvního vstupu A0, druhého A1, atd, když víte, kolikáté v pořadí jsou. Je to odvozeno od váhy dvě na nultou u nejnižšího řádu s výstupem Q0 (i když je to výstup první děličky), dvě na prvou na výstupu Q1 druhé děličky, dvě na druhou na výstupu Q2 na výstupu třetí děličky, atd. V některých katalozích jsou výstupy označovány číselně „správně“ 1, 2, 3 atd, tedy ne od nuly. Prostě je třeba abyste pochopili význam označení.

Důležitá poznámka:

Indikaci LED používáme pouze pro vysvětlení funkce, protože obvod 4028 není konstruován pro připojování LED jako zátěže výstupu proti zemi. Kreslíme to tak pouze pro představu. Správnější by bylo na všechny výstupy zapojit tranzistory nebo invertory, které snesou větší výstupní proud, například 4049, na který bychom mohli zapojit i běžné LED s proudem 20 mA, ale ne proti kladnému pólu zdroje.

V historicky nedávné době byly nejmodernější čítače osazeny tak zvanými DEKATRONY [5]. Bylo to deset doutnavek (doutnavka je slovensky tlejevka) v jedné baňce uspořádaných do kruhu. Indikované číslo se poznalo podle pořadí, která z nich svítila.



Obr. 4

Modernější prvek byl DIGITRON [6, 7]. Má podobný princip, ale elektrody doutnavky jsou z drátku vytvarovaného do tvaru číslice, druhá elektroda je hustá síťka. Místo bleděružového svitu mají červenou nebo zelenou barvu, podle barvy skla. Opět je pro jejich buzení používán princip „jedna z deseti“. Protože pro doutnavý výboj musí být napětí několik desítek voltů, je pro každou číslici zapotřebí ještě tzv. „budící tranzistor“. Pokud budete někdy rozebírat starou elektronickou kalkulačku s těmito digitrony, bude ve zdroji síťový transformátor s jedním sekundárním napětím pro řídicí logiku a druhým pro napájení digitronů.



Obr. 5

BCD kód

V tabulce výstupů děliček DCBA jsme si mohli udělat 16 různých stavů pro čísla od 0 až do 15. Protože dekadická soustava má pouze deset číslic, jsou ostatní stavy nezobrazeny. Tomuto kódu se říká 8421 nebo BCD z anglického binary coded decimal (desítkové číslo kódované ve dvojkové soustavě).

7 segmentový displej

Lze říci, že 7 segmentový displej (viz obr. 6) znamenal pro lidstvo podobný pokrok jako vynález žárovky. Pomocí 7 LED uspořádaných do tvaru číslice lze zobrazit číslice od nuly do devítky. Pro konstrukční účely se vžil označování segmentů písmeny a až g (viz obr. 7). Rozsvícením pouze určitých segmentů se zobrazí číslice (viz obr. 8)

Dekodér 4/7

Dekodér (česky převodník) převádí číslo převedené na BCD kód na kód pro

sedmisegmentový displej. Obvod 4511 z rodiny CMOS má na aktivních výstupech úroveň logické jedničky, tedy napětí takřka totéž jako napájecí.

Uděláme si jednoduchou tabulku se stavy na výstupu

číslo	a	b	c	d	e	f	g
0	0	0	0	0	0	0	1
1	0	1	1	0	0	0	0
2	1	1	0	1	1	0	1
3	1	1	1	1	0	0	1
4	0	1	1	0	0	1	1
5	1	0	1	1	0	1	1
6	0	0	1	1	1	1	1
7	1	1	1	0	0	0	0
8	1	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	0	0	1	1



Obr. 6

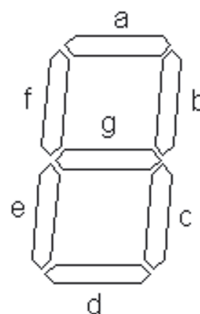
Vypadá to zmateně, ale je to prosté: U číslice 8 svítí všechny segmenty, na všech výstupech je logická jednička.

U číslice 0 svítí všechny (log. 1) kromě segmentu g (log. 0)

U číslice 1 svítí pouze segmenty b, c (log. 1), ostatní jsou na logické nule.

U číslice 7 svítí pouze segmenty a, b, c (log. 1), ostatní jsou na logické nule.

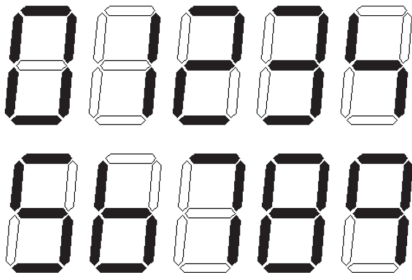
Atd.. zkuste si tuto tabulku udělat sami z paměti.



Obr. 7

Digitální zobrazení

Na obr. 9 vidíte schéma se zobrazením stavu číslic. Pulzy z oscilátoru jdou na vstup čítače 4024 a načítaný počet je na jeho výstupech v binárním (dvojkovém) kódu. Logické stavy ze čtyř po sobě jdoucích děliček se přivádějí na dekodér. Zde je stav těchto čtyř bitů (4 bitový vstup) převáděn na logický stav na sedmi výstupech (7 bitový výstup) pro 7 segmentový displej. Obvod 4511 má na aktivních výstupech logickou jedničku. Tato napětí rozsvítí přísluš-



Obr. 8

né segmenty displeje. Všimněte si, že displej je typ se společnými KATODAMI. Napětí na výstupech může rozsvítit jednotlivé LED v displeji zapojené proti zápornému pólu napájení.

Displej

Displej je tvořen sedmi LED uspořádaných do tvaru číslice 8 a případně i maličkou LED pro desetinnou tečku (d.p. decimal point) vlevo (LDP) nebo vpravo (RDP). A teď důležitý rozdíl:

displeje se vyrábějí uspořádané tak, že mají společné všechny katody a na anody se přivádí napětí (viz obr. 13) nebo se společnými anodami (viz obr. 14) a také jsou tak v katalogu označeny.

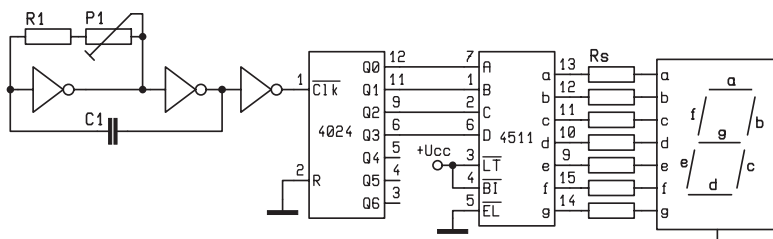
CA – common anode – společné anody
CC – common cathode – společné katody

Tomu by měly odpovídat i české zkratky SA a SK, ale v mnohých katalozích se přejímají zkratky od výrobců, nebo se komolí – napůl česky a napůl anglicky (SC – společná catóda?)

Společné katody nebo anody...

Historicky starší jsou převodníky TTL například D147, které měly na výstupech segmentů, které měly svítit, logickou nulu, proud tedy teče z kladného pólu napájení přes displej DO VÝSTUPU převodníku a přes něj pak na záporný pól napájení. K tomu jsou vhodné sedmisegmentové displeje se společnými anodami – common anode (CA) – viz obr. 12.

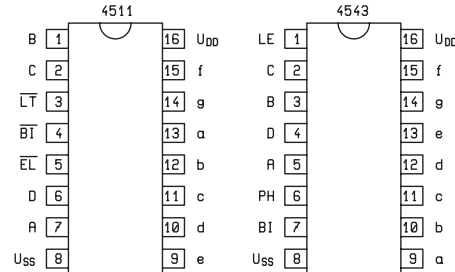
Převodníky CMOS, například 4511 má na výstupech segmentů, které mají svítit logickou jedničku, jsou tedy zdrojem napětí pro rozsvícení LED v displeji. Proud teče z výstupu na anody LED jednotlivých segmentů a přes ně na společné katody



Obr. 9

a na záporný pól napájení. Proto se používají displeje se společnými katodami – common cathode (CC) – viz obr. 11.

Probíráme to proto, že při přejímání nejrůznějších schémat bývá obvyklé nahrazování součástek těmi, které jsou k dispozici, nebo ve schématech nebývají bližší údaje napsané, nebo se prostě text článku čte až když všechny pokusy zklamaly.



Obr. 10

Proudy, rezistory

V sedmisegmentových displejích jsou LED s běžnými parametry, to znamená, že pro rozsvícení stačí proud asi 10 mA, a napětí svítící LED je asi 2 V. Bližší údaje najdete v dobrém katalogu (např. [2]) nebo katalogových listech. Aby tento proud nebyl překročen, vřazuje se do série s každým segmentem LED rezistor, jehož odpor lze zhruba vypočítat podle ohmova zákona jako podíl rozdílu napětí zdroje a LED k proudu. Například pro napájení z 9 V baterie je na výstupu 4511 podle katalogu napětí asi 8,5 V. Na LED budeme počítat 2 V a proud 10 mA

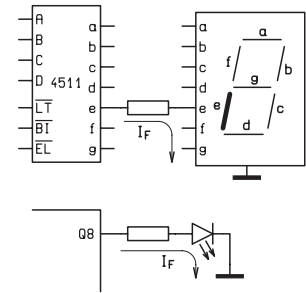
$$R = (8,5 - 2) / 0,01$$

$$R = 7,5 / 0,01$$

$$R = 750$$

Můžeme zvolit nejbližší hodnotu 680 Ω (ostatně 9V baterie se nám bude při pokusech vybíjet a její napětí bude klesat).

Praktik nic nepočítá, prostě do série se segmentem vřadí miliampermetr a místo rezistoru trimr nebo potenciometr a nastaví takovou polohu jezdce, až je proud menší nebo rovný proudu doporučeným výrobcem displeje i převodníku. Přitom vidí, jak mu segment svítí. Poté potenciometr odpojí a změří jeho nastavený odpor a nahradí rezistorem s nejbližší hodnotou. Dojde k podobnému výsledku.



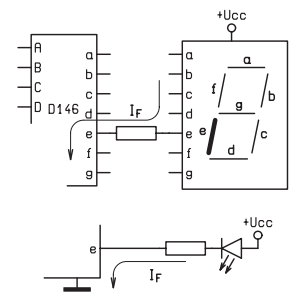
Obr. 11

Sedmisegmentové displeje

Můžeme si vybírat podle parametrů

1. se společnou katodou nebo anodou
2. velikost od asi 7mm až 20 mm (obsahuje jenom jednu LED, u větších jsou dvě, nebo více a při svitu je na nich větší napětí)
3. barva jako LED (červené, zelené, žluté) podle účelu
4. svítivost v mcd

V katalogu si všimněte všech parametrů ještě dříve než něco neuvážlivě kou-

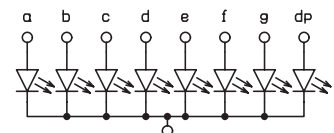


Obr. 12

píte a pak třeba ani nevyužijete.

LT, BI, a další..

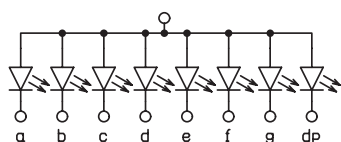
Převodník D147 a i mladší bratříček 4511 mají kromě vstupů A, B, C a D a výstupů a, b, c, d, e, f, g také jakési další vstupy s divným označením.



Obr. 13

LT – Lamp Test má nad označením proužek označující inverzi, takže „čeká na nulu“. Tento vstup je běžně připojen na kladný pól napájení, na logickou jedničku. Při přivedení logické nuly (zapojením na záporný pól napájení) se bez ohledu na vstupy rozsvítí všechny segmenty. Je to test displeje.

BI – Blank Input – slovo blank vám připomene „blanket“ tedy nevyplněný, prázdný formulář. Podobně při přivedení logické nuly na tento vstup se všechny segmenty



Obr. 14

zhasnou, stav displeje se „vyprázdní“. I tomto vstupu je normálně logická jednička – je zapojen na kladný pól napájení.

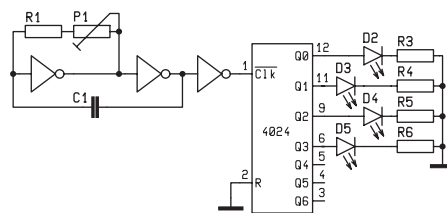
EL nebo LE znamená Latch Enable. Enable znamená povolení (disable nepovolení, zákaz nějaké funkce). Latch znamená zachycení, podržení. Tuto funkci znáte. Například na displeji hodin vám načítávaná hodnota sekund běží před očima, setiny na stopkách ani nestačí sledovat. Při stopnutí se vám zobrazí hodnota načítaná právě v okamžiku „zachycení“. Pro naše první pokusy je zapojená podle schématu. V literatuře a katalozích si všimnete, že bývá aktivována někde logickou nulou, jinde jedničkou.

Trocha angličtiny:

binary	binární, dvojkový
decimal	desítkový
code	kód
coded	kódovaný
common	společný
CA	common anode
CC	common cathode
convert	konverze, převod
decode	dekódovat, převést
decoder	dekodér, převodník
BCD	binary coded decimal
blank	prázdný
lamp	lampa
latch	zachytit
enable	povolit, dovolit
pulse	pulz

Odkazy:

- [1] Jedlička, P., Přehled obvodů řady CMOS 4000, díl I. 4000...4099, BEN, Praha 1996



Obr. 15

- [2] Jedlička, P., Přehled obvodů řady CMOS 4000, díl II. 41xx, 43xx, 45xx, 40xxx, BEN, Praha 1996
- [3] Katalog GM electronic
- [4] 269 integrovaných obvodů, HEL, Praha 1996
- [5] <http://www.electricstuff.co.uk/dekatron.html>
- [6] <http://frank.pocnet.net/sheets/022/sup-pinfo/DekatronCircuits.pdf>
- [7] <http://www.sphere.bc.ca/test/nixie.html>
- [8] <http://www.askjanfirst.com/nix.htm>
- [9] <http://members.shaw.ca/roma/one-%20digit.html>