

## Zprávy z redakce

|                                                                                   |        |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Přesunutí redakce KTE magazínu .....                                              | str. 4 |
| Změna adresy působí i problémy .....                                              | str. 4 |
| Zpráva o vyhodnocení soutěže o nejlepší čtenářskou elektronickou konstrukci ..... | str. 5 |
| Listárna .....                                                                    | str. 5 |

## Novinky a zajímavosti

|                                       |        |
|---------------------------------------|--------|
| Nová řada osciloskopů Tektronix ..... | str. 6 |
| Navigační přístroje GPS .....         | str. 8 |
| Nové tiskárny Fujitsu .....           | str. 8 |
| Zrušení cla na počítače .....         | str. 8 |

## Začínáme

|                                        |         |
|----------------------------------------|---------|
| Malá škola praktické elektroniky ..... | str. 10 |
|----------------------------------------|---------|

## Zajímavé obvody

|                                                                              |         |
|------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Dvounapěťový zdroj .....                                                     | str. 15 |
| Signalizace přerušené pojistky .....                                         | str. 15 |
| Přípravek pro výběr kondenzátorů podle kapacity .....                        | str. 16 |
| Jednoduchý měnič napětí 2 V / 5 V s malou vlastní spotřebou .....            | str. 16 |
| Nabíječka baterií s proudem 2,5 A a účinností 96 % .....                     | str. 17 |
| MAX2003/2003A – použití obvodu pro rychlé nabíjení baterií NiCd a NiMH ..... | str. 18 |
| Aplikace polovodičových relé II .....                                        | str. 23 |

## Konstrukce

|                                                               |         |
|---------------------------------------------------------------|---------|
| Třináctipásmový ekvalizér pro korekci hudebního signálu ..... | str. 25 |
| Stabilizovaný zdroj $\pm 15$ V .....                          | str. 28 |
| Tester regulátorů nabíjení .....                              | str. 30 |
| Ionizátor vzduchu .....                                       | str. 34 |

### KTE – magazín elektroniky

**Vydává:** KTE Short market – Pavel Krátký F **Redakce:** Koněvova 62, 130 00 Praha 3

**Sekretariát:** Markéta Pelichová, tel. 02 / 697 53 55 F **Šéfredaktor:** Jakub Hynek, **technický redaktor:** Lubomír Bláha  
**Layout & DTP:** Redakce F **Fotografie na titulní straně:** Oldřich Petřina F Při tvorbě elektronických schémat je využíváno programu *LSD 2000* F V časopisu jsou použity obrázky Task Force Clipart, © New Vision Technologies Inc.

**Všechna práva vyhrazena. Přetiskování článků z tohoto časopisu je možné jen s písemným povolením vydavatele.**

Cena jednoho výtisku je 20 Kč, na předplatné 20 Kč. Objednávky inzerce přijímá redakce.

Nevyžádané rukopisy se nevracejí. Za původnost a věcnou správnost příspěvku odpovídá autor.

**Osvit:** Simba EMC Group s.r.o. **Podávání novinových zásilek** povoleno Českou poštou, s.p., odšt. záv. Praha, Č.j. 5326 ze dne 14. 7. 1995 MK ČR 6413, ISSN 1210-6305

**Rozšiřuje:** PNS a.s., informace o předplatném podá a objednávky přijímá každá administrace PNS a.s., doručovatel tisku a předplatitelské středisko.

**Objednávky do zahraničí** vyřizuje PNS a.s., Hvoždanská 5 – 7, 148 31 Praha 4

**Distribuci ve Slovenské republice zajišťuje:** PNS Bratislava, Pribinova 25; Mediaprint capa

# Čtěte! Důležitá informace!

## Přesunutí redakce KTE magazínu

Na přelomu ledna a února tohoto roku změnila redakce KTE magazínu adresu svého sídla. Z malebného prostředí pražských Holešovic jsme se přesunuli do ještě malebnějšího prostředí žižkovského. Naše nová adresa je:

**KTE magazín, Koněvova 62, 130 00 Praha 3**

Najdete ji pochopitelně v tiráži každého čísla časopisu, ale přeci jen je vhodné na tuto důležitou změnu upozornit výrazněji. Až nám tedy budete psát, nebo (ještě lépe) posílat nějaký svůj příspěvek k otištění, přesvědčte se, že jste naši adresu napsali správně – výrazně tak zvyšujete pravděpodobnost, že vaše zaslanka projde podivuhodným labyrintem, který se nazývá pošta, až do naší redakce.



Zároveň s adresou se samozřejmě změnilo i telefonní číslo do redakce, které je

**697 53 55**

Pokud se nás rozhodnete v redakci navštívit, pomohou vám připojené fotografie. Vpravo vidíte celý dům Koněvova 62, vlevo si povšimněte zvláště panelu se zvonky – jeden z nich použijete. Redakce je v pátém patře, výtah funguje bezchybně.



## Zmì na adresy pùsobí i problémy

Přesunutí redakce našeho časopisu přineslo bohužel kromě nesporných výhod také některé vážné problémy. Tím nejpodstatnějším z nich je bezpochyby přítomnost ohromného množství šotků. Všichni je znáte – jsou to ti malí tvorečkové, kteří ve skrytu přežívají v každé redakci či tiskárně a kteří, sotva někdo poleví v ostražitosti, s neobyčejnou škodolibostí obrátí veškeré jeho pracovní úsilí vníveč. A naše nová redakce je jimi doslova zahlcena. Důkazy jejich snažení jste mohli nalézt v minulém čísle KTE magazínu. Za všechny jmenujme snad ten nejnapadnější – přihlášku k předplatnému na rok 1997, kde nám jeden z nich začernil čtyři políčka, pročez to vypadá, jako bychom si od července do října chtěli udělat prázdniny a na své čtenáře za-

pomenout. Tento šotkovský žertík však může být i předzvěstí budoucího útoku – jsme tedy ostražití a již nyní zajišťujeme profesionální ochranu, která bude ve dne v noci s brokovnicemi v rukou hlídat tiskárnu, až se bude KTE magazín tisknout (bude-li tiskárna zdevastována, najdeme urychleně jinou).

Samozřejmě nečekáme, až za nás naše trápení vyřeší někdo jiný. Plánovitě postupujeme při vyhledávání šotků a jejich eliminaci. Úspěchy zatím nejsou převratné, šotci jsou neobvykle vynalézaví a nedají se snadno chytit. Jedním vítězstvím se ale pochlubit můžeme: jeden hladový šotek vyhrabal starou pásku do jehličkové tiskárny a rozhodl se ji spořádat. Jak ji do sebe soukal, přestal být opatrný a snadno jsme jej zahnali do

kouta a polapili. Na výstrahu ostatním jsme jej pověsili za nohu z okna pátého patra a s velmi (ale opravdu velmi!) ostrým nožem v ruce jsme hlasitě klábosili o tom, jak jsou dneska provazy nekvalitní a jak snadno povolí, pokud se jich někdo neopatrně dotkne velmi (ale opravdu velmi!) ostrým nožem. Srdceryvně plakal a prosil o slitování, že prý už nic neprovede. Ustrnuli jsme se nad ním a vypustili ho kdesi u Vltavy, doufajíc, že se víckrát neukáže. Druhý den byl zpět, v nestřežené chvíli vytáhl ze skříňky úplně novou pásku a sežral ji včetně plastové krabičky a igelitového přebalu.

Nezdáváme se a o dalším vývoji situace vás budeme aktuálně informovat.

– JHy –

# Zpráva o vyhodnocení soutěže o nejlepší čtenářskou elektronickou konstrukci...

Vážení čtenáři,  
v minulém čísle KTE magazínu jsme vyhlásili soutěž čtenářů o nejlepší konstrukce. Jistě si ale ještě pamatujete na soutěž předchozí, vyhlášenou v čísle 6/96 - její uzávěrka byla 30. 12. minulého roku. Vyhlášení výsledků bylo přislíbeno na začátek tohoto roku a to, že jste se ho zatím nedočkali, neznamená, že bychom na tuto soutěž zapomněli. Vzhledem k různým problémům, spojeným například se stěhováním redakce, ale ještě neproběhlo její konečné vyhod-

nocení. Situace je navíc komplikována poměrně malou účastí čtenářů, která byla bezpochyby způsobena značnou pauzou mezi čísly 6 a 11 KTE magazínu.

Věříme, že vyhodnocení minulé soutěže, které přineseme definitivně v příštím čísle časopisu, bude povzbuzením pro všechny potenciální účastníky soutěže letošní a že účast v ní bude hojnější. Pokud jste to ještě neudělali, přečtěte si její podrobné podmínky v minulém čísle a povšimněte si i zajímavých cen, kterými je

soutěž dotována. A pokud jste snad vloni váhali, zda se soutěže zúčastnit nebo ne, zanechte veškerých pochyb a pošlete nám co nejdříve svůj příspěvek. V případě jeho uveřejnění vám bude odměnou obvyklý autor-  
ský honorář a jistě i uznání jiných čtenářů, kterým třeba právě vaše konstrukce pomůže vyřešit jejich problémy nebo je alespoň

– Redakce –

## Listárna



**Vážení čtenáři, tato rubrika je určena pro vaše připomínky, dotazy a náměty, prostě pro všechny dopisy, které nám napíšete a jejichž obsah může zajímat i ostatní čtenáře. Rádi vám odpovíme na vše, co vás zajímá. Prosíme jen, pište maximálně čitelně. Redakce si vyhrazuje právo dlouhé dopisy zkrátit a uvést jen úryvky.**

A již tu máme první dopis od jednoho z našich slovenských čtenářů:

10. 1. 97, Skalica

Vážená redakcia!

Po prečítaní vášho časopisu KTE č. 12 som usúdil, že by som vám napísal. Prečo? Mám strašný vztek na časopis o elektronike. Som technický typ človeka ktorý sa zaujíma umením, hlavne hudbou.

V žiadnom časopise som nenašiel návod na spožďovací linku a efekty od odvíjajúce; Delay, Chorus, Flanger, Harmonizer a Revember Hall. Ale preca sa našlo číslo Amatérského rádía č. 1/91 B, kde je návod na analógovú spožďovací linku so IO SAD 1024; avšak tento integrovaný obvod nieje k zohnaniu.

Váš článok v č. 11 Fázovací jednotka pro hudobníky ma ešte viac popudil; nie proti vám, ale že tu nieje žiadna spožďovacia linka, a fázrou je všade dosť, aj keď článok splnil účel ma nepotešil.

Pýtate prečo som sa obrátil na vás, jednoducho preto, že som mal možnosť si odskúšať profesionálne zariadenie od firmy DOD: Bassflanger – Stero FX72. Prečo by som mu neskontroloval črevá a našiel som tam dva hlavné IO, ktoré som vo vašom katalógu 1996 našiel. Sú to MN 3007 a MN 3101 (neviem ktorý je z nich posuvný register). Tak so uvážil, že keď sa nachádza vo vašom katalógu, nebolo by zložité nájsť jeho katalógové zapojenie (ovšem ak nieje chránené právami), a potom už iba uverejniť zapojenie napr. jednoduchého Delayu, s ktorým byste udelali radosť všetkým hudobníkom, pretože taký efekt sa dá použiť ku všetkému.

P.S.: Prepáčte jestli som sa vás listom volaako dotkol, nebol to úmysol na vás útočiť, ale pochopte že tonoucí sa stébľa chytá: Prepáčte chyby píšem narychlo!

Veľa šťastia do nového roku!

Za pochopenie ďakujem!

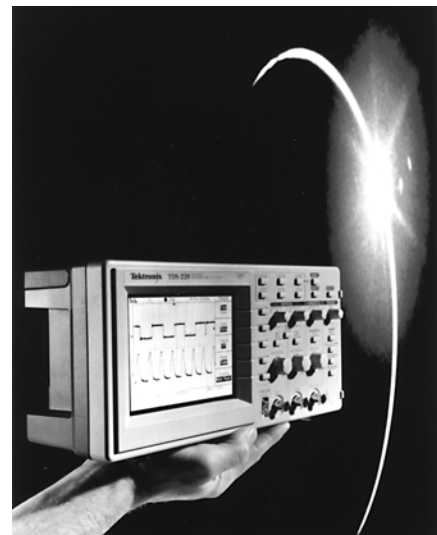
(Podpis nečitelný)

Vážený čtenáři ze Skalice v SR, vážím si Vašeho zájmu a pociťuji i jistou spřízněnost s konstruktérem-muzikantem. Bohužel ale musím konstatovat, že podobná konstrukce nejspíš v KTE magazínu v dohledné době nevyjde. Ne z důvodu obtížnosti, ale proto, že takovýchto efektů je na dnešním trhu více než dost, a díky zde již chválabohu fungujícímu konkurenčnímu tlaku jsou i cenové relace přiměřené. Po propočtu cen součástek, investovaného času a srovnání výsledku z hlediska designu zbývá už jako jediný důvod pro stavbu takového výrobku bastlířská touha experimentovat. Většina zájemců o tyto efekty chce ale hlavně hrát a raději si koupí profesionální výrobek. To je důvod, proč na tyto klasické věci nechceme klást v našem časopise důraz. Zcela jiná situace ovšem nastává v případě originálního nápadu (viz např. Metronom s časovou lupou z KTE 12/96) nebo pokud dané zařízení není na trhu běžně dostupné (chystaný Jakostní umlčovač šumu).

Na závěr několik obecnějších slov ke všem čtenářům. Na nápadu je nejcennější jeho originalita a užitečnost, kterou ovšem jeho autor mnohdy nevidí. Proto pište, navrhujte, kritizujte a sděľujte nám své nápady, pokud nemáte důvod je před ostatními tajit. A pište čitelně.

– PM –

# Nová řada osciloskopů Tektronix...



Jeden z nejvýznamnějších světových výrobců osciloskopů, firma Tektronix, přichází v druhé polovině roku 1996 s pozoruhodnou novinkou. Jde o zcela novou řadu digitálních paměťových osciloskopů TDS 210 a TDS 220 (obr. 1). Jsou to stolní dvoukanálové přístroje s kmitočtovým rozsahem 60 MHz (TDS 210) a 100 MHz (TDS 220). Vzorkují v reálném čase, takže jejich kmitočtový rozsah je stejný při záznamu jednorázových i opakovaných jevů. Oba osciloskopy vzorkují s rychlostí až 1 GS/s a disponují záznamovou pamětí 2.500 bodů pro každý kanál.

Mají velký LCD displej (o rozměrech 11,5 × 8,6 cm) se zpětným osvětlením a výborným kontrastem. Rozměry předního panelu jsou 30,5 cm (šířka) × 15 cm (výška). A nyní pozor! Hloubka přístroje je pouhých 12 centimetrů! Vývojoví pracovníci dobře vědí, kolik místa jim zbude (nebo spíše kolik jim ho chybí), když si na obyčejný pracovní stůl postaví osciloskop, jehož hloubka bývá běžně kolem 60 cm. Pozoruhodná je rovněž hmotnost přístroje, která je pouhých 1,5 kg.

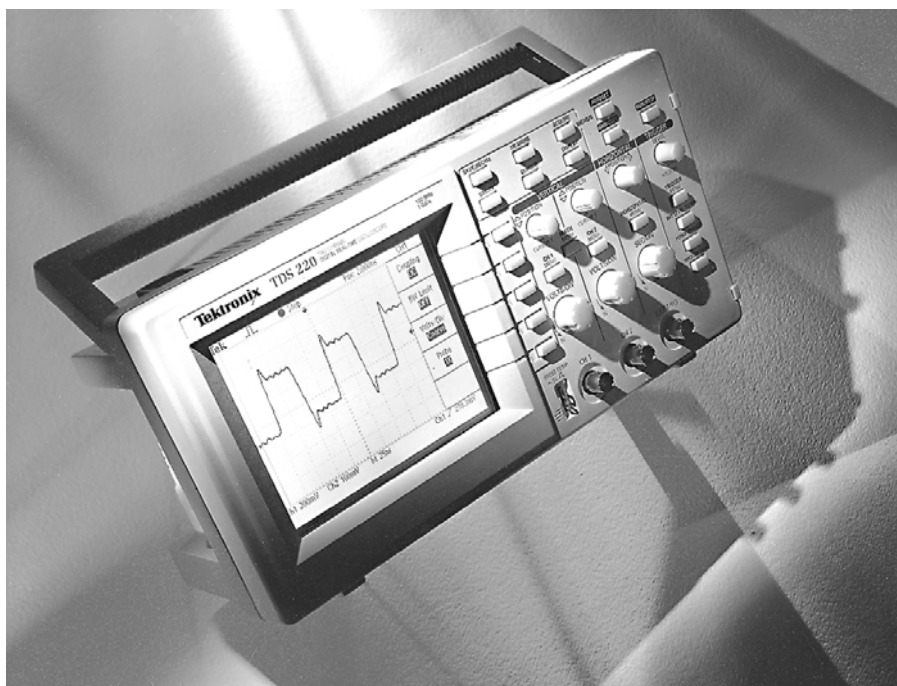
Dva shodné kanály vertikálního zesilovače mají citlivost 10 mV až 5 V

na dílek. Spokojíme-li se však s kmitočtovým rozsahem do 20 MHz, můžeme nastavit ještě 2 a 5 mV na dílek. Vertikální citlivost lze nastavit po skocích v řadě 1, 2, 5 a mezi skoky plynule. Kromě toho můžeme signál vertikálně roztáhnout i komprimovat pomocí vertikálního zoomu. Přesnost nastavení vertikální citlivosti je  $\pm 3\%$ . Vertikálně rozliší zesilovače 8 bitů, což u toho přístroje je 256 úrovní na 10,24 dílku.

Časová základna je dvojitá (hlavní a „okno“ nebo též „lupa“) s rozsahem 5 ns/díl až 5 s/díl s možností dalšího roztažení zoomem. Její přesnost 0,01 % je u digitálních přístrojů obvyklá, protože je řízena krystalem.

Spouštění je možné zvolit z kanálu 1 nebo 2 a z externího vstupu. Spouští se kladnou nebo zápornou hranou v režimu auto, normal a jednorázově. Na spouštěcí průběh je možné se podívat na displeji, použijeme-li tlačítka trigger view.

Osciloskop vzorkuje v reálném čase (časové měřítko mezi probíhajícím a zobrazeným jevem je 1 : 1), kdy používá náhodné vícebodové vzorkování (random multipoint sampling). Dále průměruje (averaging) a může nabídnout i režim detekce špiček (peak detect). Detekce objeví špičky s trváním minimálně 10 ns. Průběhy se mohou zobrazit sledem bodů, v lineární interpolaci, kdy jednotlivé body spojují kratičký úsečky, nebo v interpolaci sin x/x. V bodovém zobrazení je možné zvolit i řiditelný dosvit (persistence).

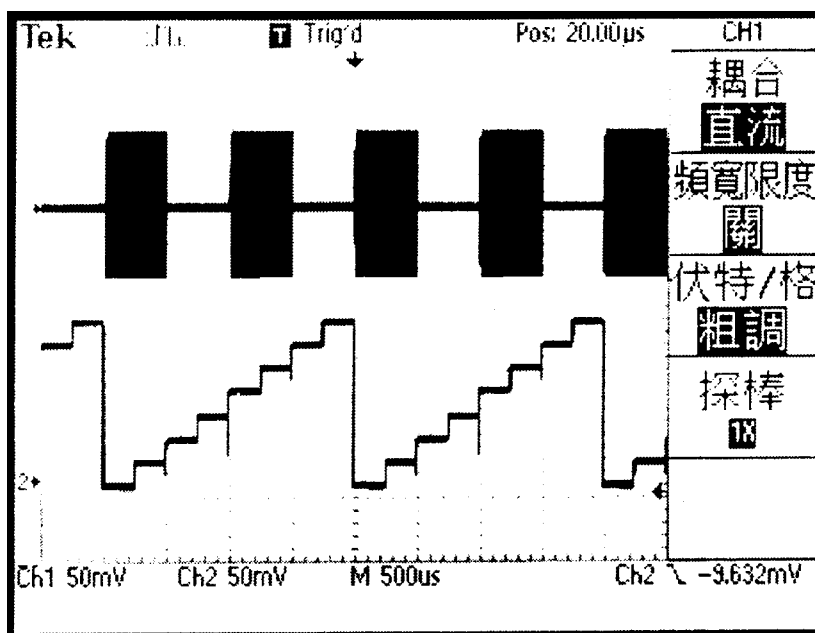


Obr. 1 – Osciloskop TDS 220

K proměřování napěťových intervalů jsou po ruce dva horizontální úsečkové kurzory. Časové intervaly změříme dvěma vertikálními úsečkovými kurzory. I v tak malých přístrojích, jako jsou osciloskopy TDS 210 a 220, je pohotově automatické měření periody, kmitočtu, efektivního napětí (true RMS - root mean square) a mezivrcholového napětí. Na požádání se na okraji obrazového pole objeví číselné hodnoty zvolených a změřených veličin.

Matematické operace, které můžeme provádět na kanálech 1 a 2 jsou součet, rozdíl a inverze. Pro uchování průběhů k pozdějšímu použití nebo porovnání jsou v osciloskopu 2 paměti po 2.500 bodech. Dalších 5 pamětí slouží k uložení pěti různých nastavení přístroje. Kalibrátor obdélníkového průběhu poslouží zejména pro nastavení správné kompenzace sond.

Pomocí tlačítka autoset nastaví osciloskop během velmi krátké doby odpovídající vertikální zesílení, časovou základnu a spouštění pro širokou škálu signálů. Možnost pořizování kopií displeje (hardcopy) umožňuje modul TDS 2 HM s paralelním rozhraním Centronix. V další nabídce je paralelní rozhraní Centronix pro ovládání přístroje přes rozhraní RS-232 nebo GPIB (IEE 488-1987),



Obr. 2 – Zprávy na displeji mohou být i v tradiční čínštině

které obsahuje modul TDS 2 CM. Obsah displeje lze vytisknout na tiskárnách Deskjet, Laserjet, Epson (9 nebo 24 jehel) a lze ho i exportovat do grafických počítačových formátů BMP, PCX, IMG a EPS.

Zprávy na obrazovce mohou být podle zákaznicka přání v angličtině, francouzštině, japonštině, korejštině, portugalštině, španělštině, tradiční čínštině (viz obr. 2) a zjednodušené čínštině – tedy celkem v deseti jazycích. Návodů k použití jsou připraveny v angličtině, němčině, francouzštině, španělštině a portugalštině včetně šablony s popisem předního panelu.

Osciloskop TDS 210/220 se ovládá 7 knoflíky a 22 tlačítky. Na předním panelu najdeme mimo to vstupní BNC konektory kanálů 1 a 2, vnějšího spouštění a výstup kalibrátoru. Ve standardním příslušenství jsou dvě odporové sondy P6112 (zeslabení 10x, do 100 MHz). Zákazníkům bychom k osciloskopu TDS 220 doporučili spíše sondy s větším kmitočtovým rozsahem, např. P6106A (10x, 250 MHz), s nimiž bude mít osciloskop výsledný kmitočtový

rozsah 93 MHz, zatímco se sondami P6112 pouze 70,7 MHz – podle vzorce

$$B_{\text{výsled}} = \frac{1}{\sqrt{1/B_{\text{osciloskopu}}^2 + 1/B_{\text{sondy}}^2}}$$

Trošku připlatit na sondy s větším kmitočtovým rozsahem se téměř vždy vyplatí, protože vlastnosti přístroje využijeme lépe.

Na osciloskopy TDS 210 a TDS 220 poskytuje firma Tektronix záruku 3 roky. Oba přístroje vzhledem ke svým rozměrům a hmotnosti mají vlastnosti, na jaké jsme zvyklí u osciloskopů vyšší třídy a za mnohem vyšší ceny.

– Hav –

# ...co vy na to?

## Reklamní plocha

# Navigační přístroje

Hned tři nové přístroje pro navigaci s využitím systému GPS (Global Positioning System – systém pro určení polohy na zemské kouli) uvádí na trh americká firma GARMIN. Nejjednodušší z nich je přístroj GPS-II, který umožňuje získávat data k určení polohy na kterémkoli místě zeměkoule vyhodnocením údajů z celkem osmi specializovaných družic. Vývojově navazuje na předchozí přenosná zařízení GPS 38 a GPS-45XL a je určen především pro dálkové výpravy a cestování mimo komunikace. Praktickou novinkou je konstrukční úprava přístroje, umožňující sklápět displej, který tak může být při provozu jak ve svislé, tak i vodorovné poloze (obr. 1).

Dalšími dvěma novinkami jsou rovněž přijímače družicových signálů,

spojené se specializovanými počítači k určení polohy. Mají typové označení GPS MAP 130 a GPS MAP 175. Vyhodnocováním údajů až ze dvanácti družic mohou každou sekundu nejen určit novou polohu na zemské kouli jejími zeměpisnými souřadnicemi, ale znázornit ji i na příslušné mapě. Oba přístroje totiž mají – i když se to zdá být neuvěřitelné – uloženu v paměti mapu celé zeměkoule, z níž na displeji zobrazují potřebnou oblast, jejíž velikost lze plynule měnit až na okruh asi třiceti kilometrů. K názornému zobrazení na



Obr. 1 – model GPS II

dobře čitelném displeji se využívají čtyři stupně šedé. Oba přístroje mohou pracovat i se specializovanou mapou uživatele, zadanou prostřednictvím paměťové karty. Příkladové funkce poskytují uživateli další praktické možnosti využití obou těchto navigačních pomůcek: s jejich pomocí lze například naplánovat trasu zamýšlené cesty, předem zjistit potřebné množství pohonných hmot a podobně. Zatímco typ GPS MAP 130 (obr. 2) je konstruován jako vestavný a vybaven pro použití na lodích nebo ve vozidlech (je dodáván s parabolickou anténou nebo aktivní autoanténou), typ GPS MAP 175 (obr. 3) je příruční přístroj a jako takový je označován za navigační zážrak. Pro získání představy o tom, jak jsou tyto přístroje nákladné, lze uvést např. ceny, které udává prodejce Hummel All-Towers z Mühlackeru v SNR: 648, 1599 a 1699 DM (platí pro jednotlivé typy podle pořadí, v jakém byly popisovány).

– Hav –



Obr. 2 – GPS MAP 130



Obr. 3 – GPS MAP 175

*Funkamateu, 1997 Január, č. 1, s. 11*

## Nové tiskárny Fujitsu



Kompaktní tepelné tiskárny Fujitsu jsou určeny pro použití v pokladnách, různých měřicích zařízeních a podobných aplikacích. Nové tiskárny série FTP 600 mají oproti svým předchůdcům mnohem lepší provozní vlastnosti, především podstatně větší rychlost záznamu, která dosahuje 100 mm/s. Současně byla snížena jejich spotřeba o plných 40 %.

Jednotky tiskáren jsou standardně napájeny napětím 24 V. Firma Fujitsu nabízí tiskárny se šířkou záznamu 56 mm (2 in), 80 mm (3 in) a 104 mm (4 in). Podle šířky záznamu je jejich rozlišení 480, 640 nebo 832 bodů na řádek.

– Hav –

*(What's New in Electronics Europe, November 1996, s. 47)*

## Zrušení cla na počítače

Spojené státy a Evropská unie se na společném zasedání dohodly na zrušení cel na počítače až do roku 2000. Očekává se, že se tím značně oživí světový trh výpočetní techniky. Podle odborníků bude přímým důsledkem tohoto kroku snížení cen počítačů o 10 až 12 %.

– Hav –

*Funkamateu, 1997 Január, č. 1, s. 12*

# Malá škola (2. část) praktické elektroniky

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 výhodou, 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 oživení 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 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 vztaženo 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.**

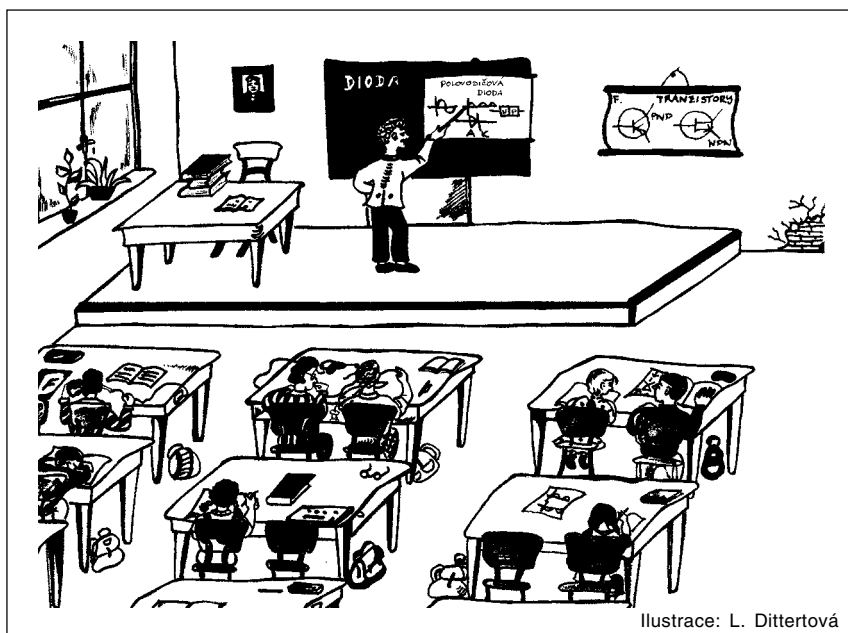
Otázky bezpečnosti jsou všeobecně podceňovány a opomíjeny. Přitom právě začátečníci a laici jsou ohroženi nejvíce. Proto se k tomuto tématu budeme vracet vždycky, když to bude vzhledem k náplni praktické části seriálu aktuální.

### 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 přístro-



je, 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 přístroj, 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**

### 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 hanbyře téměř stejně frekventované.

### 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:

$$U = I \cdot R$$

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 nahore, zvýrazněná příčka pod U má význam jako zlom-

ková 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.

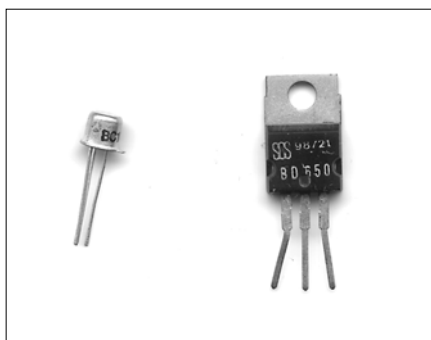
## A teď už konečně něco praktického

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.

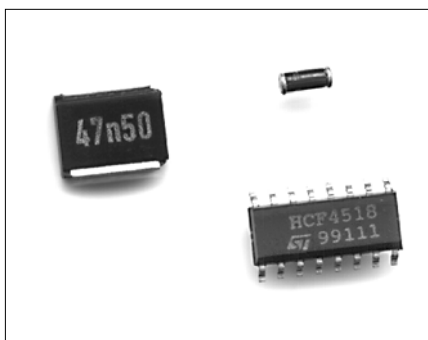
## Součástky a jejich třídění

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 součástky **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

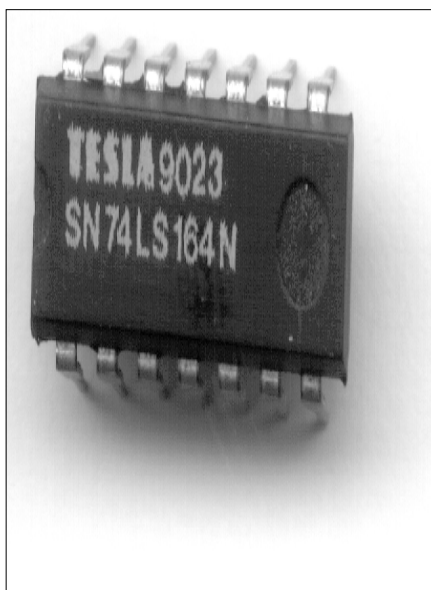
# Ukázky různých typů součástek



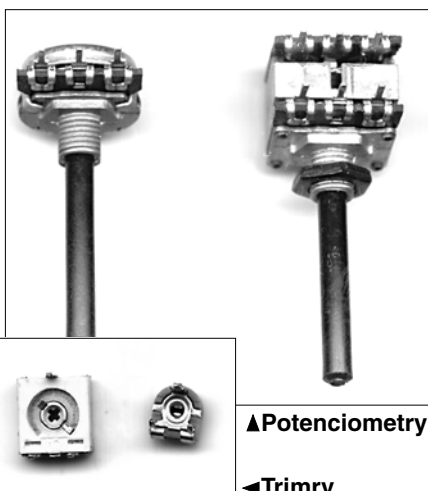
Tranzistory



SMD součástky jsou opravdu miniaturní (dvakrát zvětšeno)



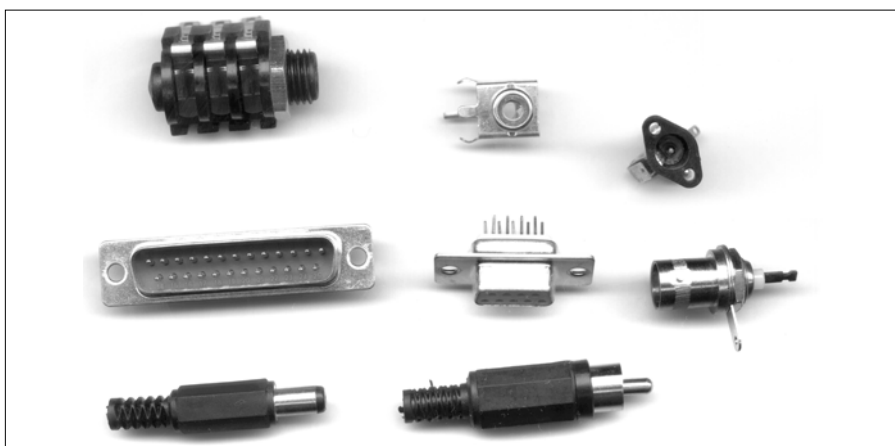
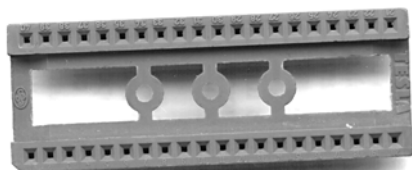
Integrované obvody



▲Potenciometry

◀Trimry

Patice



Konektorů existuje obrovské množství nejrůznějších druhů

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 kΩ (čteme deset kiloohmů), podobně místo 1 000 000 ohmů napíšeme jen 1 MΩ a čteme jeden megaohm.

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

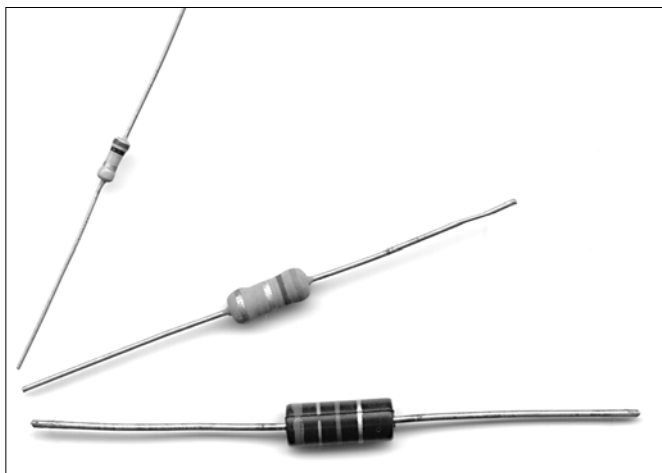
s označením 4k7 měl 4,7 kiloohmů). V současné době již všichni výrobci používají barevný kód, kde je velikost vyznačena na každém rezistoru sadou barevných proužků.

Kromě velikosti odporu je důležitým parametrem rezistoru také jeho výkonová zatížitelnost, která se udává ve wattech (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

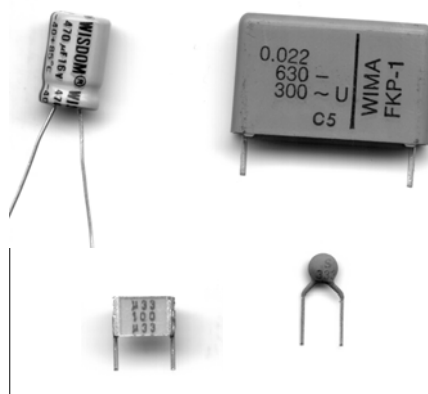
Vedle rezistorů patří kondenzátory k nejpoužívanějším pasivním součástkám. Požadavky elektronické praxe jsou takové, že rozsah velikosti kapacity vyráběných kondenzátorů je obrovský, je rozložen přes 10 řádů (dekád). Protože základní jednotka kapacity farad je pro praxi příliš velká, používají se pouze jednotky menší (milifarad, mikrofarad, nanofarad 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. Použité dielektrikum je zpravidla hlavním faktorem, jež určuje oblast použitelnosti daného typu kondenzátoru.

Velikost kapacity a provozního napětí bývá většinou na kondenzátorech



Ukázka rezistorů (ve skutečné velikosti)

vyznačena číselně-písmenovým kódem. Tak jako rezistory se i kondenzátory vyrábí z hlediska velikosti kapacity v řadě E12, kondenzátory elektrolytické v řadě E6. Elektrolytické



Různé typy kondenzátorů (skut. vel.)

kondenzátory mají na pouzdru 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.

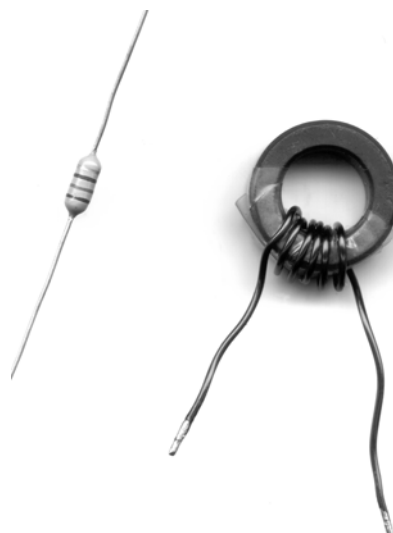
## 3. Induktory

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 spínačových zdrojích. Protože se k jejich využití zatím nechystáme a indukčnost jako elektrickou veličinu jsme též neprobírali,

vrátíme se k těmto součástkám později.

## 4. Diody

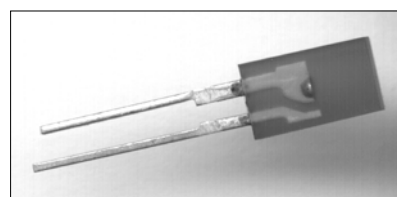
Jak už jsme uvedli v úvodu pojednání o součástkách, výrobci polovodičových součástek nabízí nepřeberné množství druhů diod pro různá použití.



Dva různé induktory

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 jejich základní vlast-



Svítivá dioda (dvakrát zvětšeno)

nost, 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. svítící, 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



**Diody (skutečná velikost)**

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. Sítící diody jsou dnes nepostradatelnou součástí prakticky ve všech oblastech elektroniky, od spotřební až po průmyslovou. Nejen že jako součást displejů založily celou novou oblast součástkové základny pro elektroniku, ale jako indikační prvek úplně vytlačily dříve používané žárovky a doutnavky. Různá zapojení se svítícími diodami vždy byla a patrně ještě nějakou dobu budou oblíbeným a vděčným námětem pro amatérskou tvořivost.

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 závěr-

ného napětí nebo propustného proudy, může dojít k nevratným změnám na polovodičovém přechodu diody, znemožňujícím její další použitelnost.

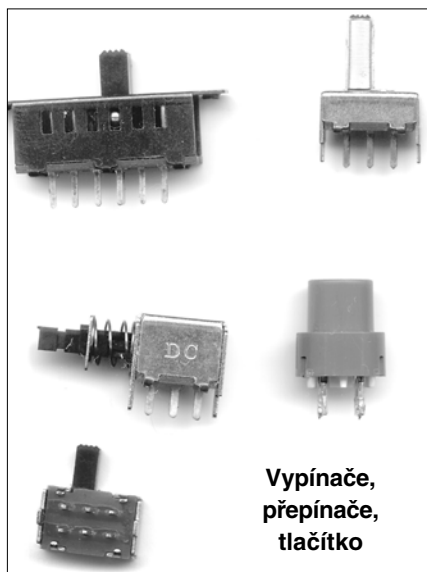
## 5. Vypínače a přepínače

Vypínačem (switch) můžeme propojit nebo naopak přerušit cestu (tok) elektrického proudy 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 vícenásobné. Konstrukce vypínače je vytvořena tak, aby snesl určité napětí mezi rozpojenými kontakty, aniž by došlo k nežádoucímu průchodu proudy (přeskokům). Tyto vlastnosti u vypínače musíme „hlídat“ zejména tehdy, použijeme-li jej v okruhu síťového rozvodu.

Přepínačem můžeme zvolit pro průchod elektrického proudy některou z několika možných cest. Používá se spíše 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 úkolem je chránit další součástky

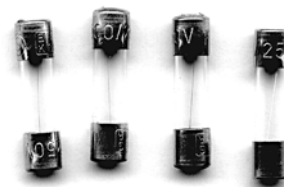


**Vypínače,  
přepínače,  
tlačítko**

v elektronickém obvodu nebo celé zařízení před zničením, pokud by došlo v důsledku jiné poruchy nebo naší chyby k přílišnému nárůstu protékajícího proudy. Pokud velikost proudy přestoupí hodnotu, na kterou je pojistka dimenzována, dojde k přepálení vodiče v pojistce a tok proudy 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 proudy. Velmi

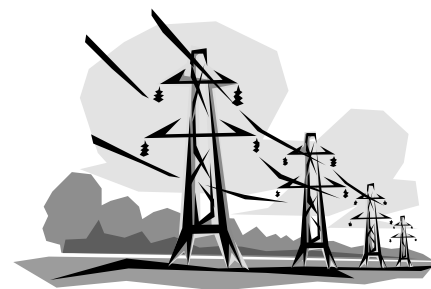


**Pojistky**

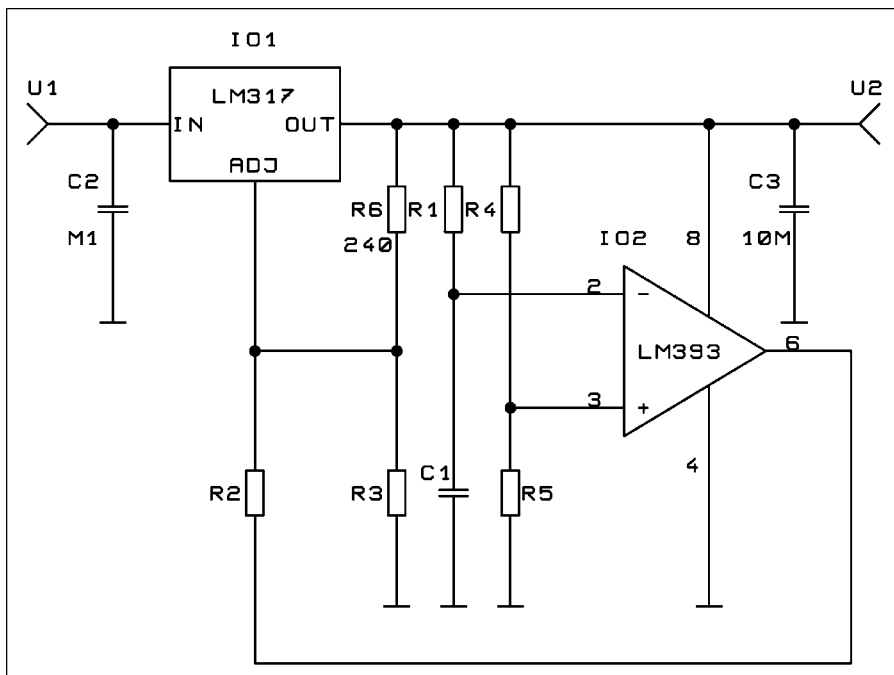
často je používáme u napájecích zdrojů, kde snižují napětí elektrovedné sítě z 220 V na velikost, potřebnou pro napájení elektronických obvodů, např. na 12 V. Významné je i to, že zároveň také oddělují napájené okruhy od síťového rozvodu, což je z hlediska bezpečnosti velmi důležité.

Připravil Jiří Zuska

– Pokračování příště –  
(očekávejte s **napětím**)



# Dvounapěťový zdroj



Obr. 1 – Zdroj napětí, které se v zadaném čase od zapnutí sníží na nastavenou hodnotu

U některých spotřebičů je z důvodu rychlého dosažení požadovaného stavu (často také z hlediska energetického) výhodné, jsou-li po zapnutí napájeny nejprve vyšším napětím než je jmenovitá hodnota a později

(po rozběhu motorů nebo po přitahu u elektromagnetů či relé) je napájecí napětí sníženo někdy i pod jmenovitou hodnotu.

Takový režim umožňuje obvod zapojený podle obr. 1. Základem obvo-

du je integrovaný třívývodový napěťový regulátor LM317, jehož vstupní napětí se může pohybovat v rozsahu 5 až 40 V, a výstupní od 2 do 36 V. Po přivedení vstupního napětí  $U_1$  se začne přes rezistor  $R_1$  nabíjet kondenzátor  $C_1$ . To znamená, že výstupní tranzistor v komparátoru  $IO_2$  je uzavřen do té doby, než napětí na kondenzátoru překročí napětí na rezistoru  $R_5$  a komparátor překloupí. Zpočátku je tedy výstupní napětí  $IO_1$  vyšší a dáno vztahem

$$U_{21} = 1,25 \cdot (1 + R_3 / 240)$$

Po překlopení komparátoru, ke kterému dojde po čase daném rovnicí

$$t = R_1 C_1 \ln[R_4 / (R_4 + R_5)]$$

se výstupní napětí sníží na hodnotu

$$U_{22} = 1,25 \cdot \{1 + [R_2 R_3 / 240(R_2 + R_3)]\}$$

Pokud se odpor rezistoru  $R_5$  zvolí jako  $1,72 \cdot R_4$ , platí pro čas změny jednoduše  $t = R_1 C_1$ .

– HH –

[1] C. Spearow: Get start-and-run voltages for motors. *Electronic Design* 37, 1989, 8. září, s. 111

## Signalizace přerušené pojistky

Velmi užitečný může být jednoduchý obvod zapojený podle obr. 1. Rozsvícením svítivé diody  $D_1$  nás upozorní na přerušenou tavnou pojistku  $Poj_1$  v zařízení napájeném malým napětím. Je-li pojistka v pořádku, je při zapnutí vypínači  $S_1$  na svítivé diodě napětí tvořené úbytky na pojistce a otevřené diodě  $D_2$ . To nestačí k rozsvícení  $D_1$ , k němuž je třeba v případě červené diody alespoň 1,5 V. Jakmile se však pojistka přeruší, dioda se rozsvítí.

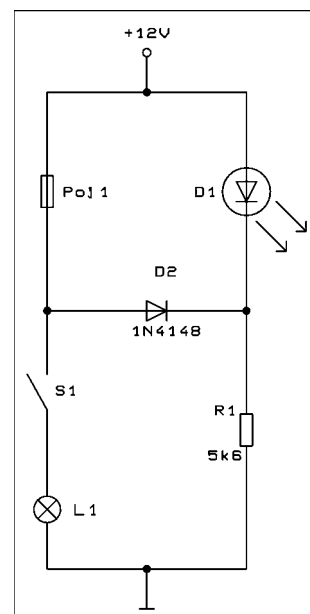


Průchodu proudu na spotřebič přes  $D_2$  při sepnutém vypínači  $S_1$  brání její polarizace.

Prvotní použití obvodu bylo v [1] situováno do běžného či obytného automobilu, kde umístění pojistek často ztěžuje identifikaci jejich stavu. Proud svítivou diodou je poměrně malý, asi 2 mA při napájecím napětí 12 V, proto je třeba použít nízkopříkonovou svítivou diodu. Obvod však může najít uplatnění i v různých jiných zařízeních a přístrojích, kdy obsluze pomůže identifikaci druhu vzniklé závady k rychlejší orientaci i zásahu. Pak by však bylo výhodnější přemístit spínač  $S_1$  do přívodu napájecího napětí, protože jinak by zůstal rezistor  $R_1$  i po vypnutí trvale připojen ke zdroji přes diodu  $D_2$ .

– HH –

[1] Sicherungs-Ausfallanzeige. *Elektor* 27, 1996, č. 7/8, s. 32



Obr. 1 – Obvod signalizující přerušení pojistky v nízkonapěťovém obvodu

## Přípravek pro výběr kondenzátorů podle kapacity

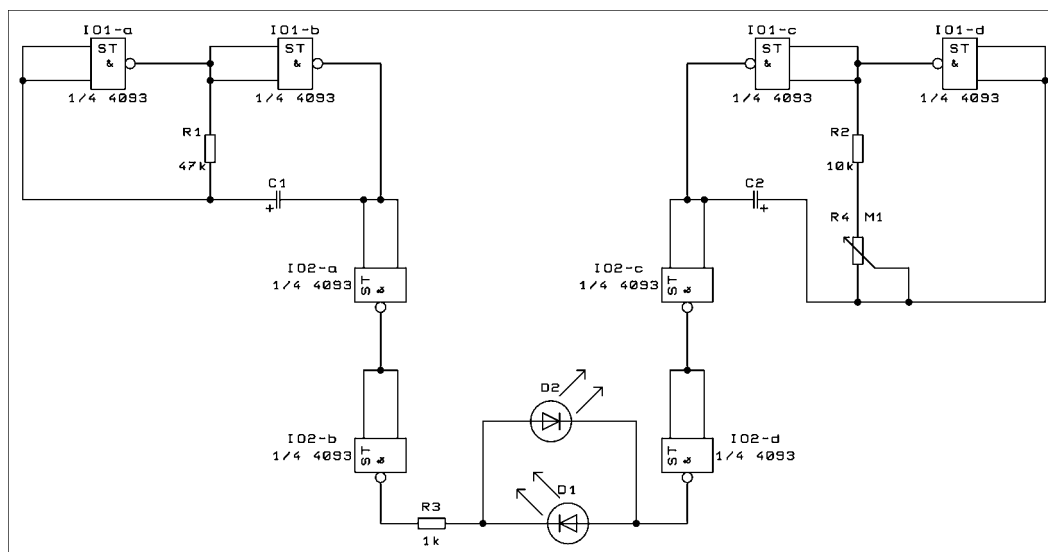
Jednoduchý přípravek zapojený podle obr. 1 umožňuje najít výběrem kondenzátory s velmi blízkou velikostí kapacity. Takovou pomůcku oceníme např. při výběru kondenzátorů pro aktivní filtr navržený v konfiguraci se shodnými kapacitami. Ze čtyř Schmittových klopných obvodů v pouzdře IO<sub>1</sub> jsou vytvořeny dva astabilní multivibrátory. Signály z jejich výstupů jsou tvarovány zbývajícími hradly obvodu a přes omezující rezistor budí dvě antiparalelně zapojené svítivé diody. Pokud budou oba oscilátory kmitat na stejném kmitočtu a soufázově, nebude svítit žádná z diod, což bude při shodných odporech rezistoru R<sub>1</sub> a kombinace R<sub>2</sub> + R<sub>4</sub> znamene-

nat shodu kapacit kondenzátorů. Před použitím je třeba přípravek nastavit – k tomu musíme mít dva kondenzátory se stejnou kapacitou. Ty se pak zapojí jako C<sub>1,2</sub> a R<sub>4</sub> se nastaví tak, aby diody zhasly – přitom označíme polohu trimru, ve které ke zhasnutí došlo. Pak již je možné začít s párováním. Jsou-li hodnoty kapacit hodně blízké, diody budou pomalu blikat,

přesná shoda se projeví, jak již bylo řečeno, jejich zhasnutím. Čím více musíme R<sub>4</sub> z označené polohy natočit, aby diody zhasly, tím více se kapacity porovnávaných kondenzátorů liší.

– HH –

*Capacitor comparator. Popular Electronics, srpen 1996, s. 14.*



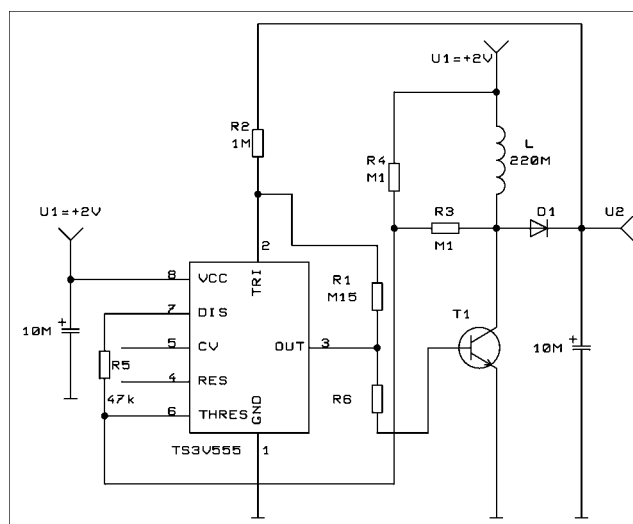
Obr. 1 – Zapojení přípravku pro párování kondenzátorů dle jejich kapacity

## Jednoduchý měnič napětí 2 V/5 V s malou vlastní spotřebou

S3V555 je CMOS verze známého časovače 555, která je schopná pracovat i při napájení pouhými 2 V. To umožnilo jeho použití v měniči zapojeném podle obr. 1, který při nízké vlastní spotřebě (100 μA bez zátěže) může pracovat již od vstupního napětí 2 V. Výstup obvodu může do zátěže dodat proud až 10 mA při 50% účinnosti. Jinak může vstupní napětí tohoto obvodu dosahovat až 16 V, velikost výstupního napětí závisí na použitém tranzistoru. Vhodná aplikace může být např. měnič 5 V / 12 V, použitý u přípravku na programování pamětí.

Výstupní napětí je určeno odpory rezistorů v děliči R<sub>1</sub> / R<sub>2</sub>, prahovou úrovní (U<sub>1</sub> / 3) interního komparátoru

IO<sub>1</sub> na spouštěcím vstupu 2 podle vztahu  $U_2 = U_1 \cdot (1 + R_2 / R_1) / 3$ . Neuvedený odpor rezistoru R<sub>6</sub> je třeba zvolit podle proudového zesílení použitého tranzistoru T<sub>1</sub>, tak, aby tranzistor byl právě nasycen, když je na výstupu časovače 3 úroveň H. Příliš nízká velikost rezistoru R<sub>6</sub> by zbytečně snižovala účinnost zapojení.



Obr. 1 – Zapojení měniče 5 V již z napětí 2 V

*G. Augustoni: A low cost 2 V to 5 V step up converter. Aplikační list AN850/0396 firmy SGS-Thomson Microelectronics.*

– HH –

# Nabíječka baterií s proudem 2,5 A a účinností 96 %

Nabíječ používá jako zdroj automobilový akumulátor. Obsahuje sestupný spínací regulátor se synchronním usměrňením typu MAX 797 (IC1). Kompletní schema zapojení nabíječky je nakresleno na obrázku 1. K řízení výstupního proudu je použito principu impulzní šířkové modulace. Výstupní signál obvodu IC1 spíná výkonový spínač T1 a synchronní usměrňovač T2. Oba spínače jsou výkonové tranzistory MOSFET s kanálem N. Jsou vhodnější než tranzistory s kanálem P, proti nimž mají menší odpor v sepnutém stavu. Nabíječ má velkou, až 96% účinnost a může nabíjet proudem až 2,5 A baterii od jednoho do šesti článků.

Nabíjecí proud vytvoří na rezistoru R2 = 0,025 Ω úbytek, který je třicetkrát zesílen invertujícím zesilovačem IC2 na asi 2,5 V. Zpětnovazební smyčka s rezistorem R2 a operačním

zesilovačem IC2 udržuje konstantní nabíjecí proud 2,5 A. Při nabíjení může zapojení napájet současně zátěž RZ až do proudu, jehož celkovou velikost určuje proudový transformátor Tr1 a snímací rezistor R1. Transformátor Tr1 zlepšuje účinnost spínacího regulátoru, protože snižuje výkonovou ztrátu rezistoru R1.

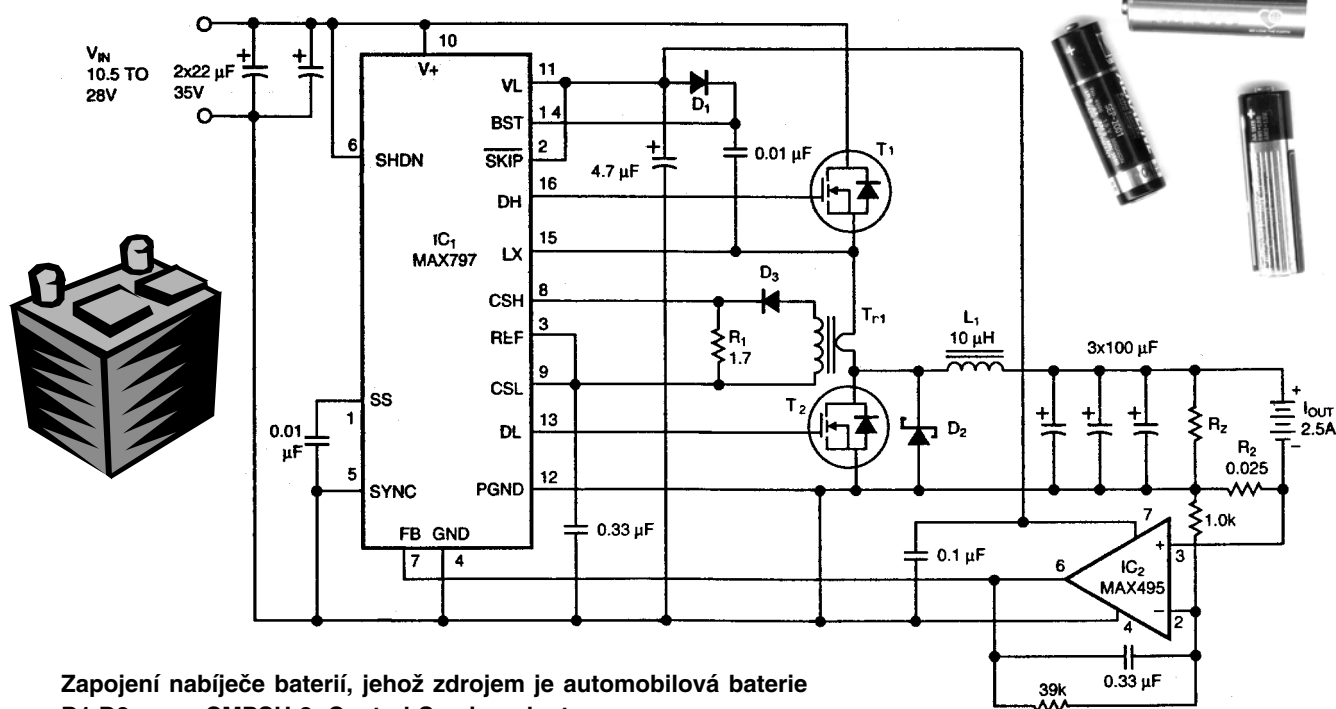
Transformátor má poměr závitů 1 : 70 a sníží proud do rezistoru R1 NA 1/70 nabíjecího proudu a proudu do zátěže. Tak je vytvořena zpětná vazba, působící jako elektronická pojistka, která omezuje maximální výstupní proud a chrání použité součástky.

Účinnost spínacího nabíječe přesahuje 96 % při výstupním napětí asi 9 V a více. Menší výstupní napětí dává nižší výstupní výkon, při kterém se více uplatní v podstatě konstantní výkonová ztráta, vznikající na tranzis-

torech T1 a T2 a v obvodu IC1. Při výstupním napětí 4 V se účinnost zapojení pohybuje mezi 87 až 92 % v závislosti na velikosti vstupního napájecího napětí. Při výstupním napětí 6 V je účinnost 91 až 96 %. Nechtěné odpojení baterie během nabíjení nezpůsobí zvýšení výstupního napětí nad vstupní napětí UI, neboť tomu zabrání vnitřní zapojení obvodu MAX 797. Vstupní napětí může být v rozmezí 10,5 až 28 V a podle něho dimenzujeme elektrolytické kondenzátory. Velikost nabíjecího proudu lze zmenšit úměrným zvětšením rezistoru R2 (například pro proud 1 A bude mít rezistor R1 odpor 0,0625 Ω).

– Hav –

(*Electronic Design News 1995, October 12, s 103*)



Zapojení nabíječky baterií, jehož zdrojem je automobilová baterie

- D1,D3 = CMPSH-3, Central Semiconductor
- D2 = Schottkyho usměrňovač EC 10 SO 2L, NIEC
- T1,T2 = MMSF5N03HD, Motorola
- L1 = IHSM-4825, 10 μH, 15 %, DALE
- Tr1 = LPE-3325-A 087 proud transformátor 1: 70, DALE

# MAX2003/2003A – použití obvodu pro rychlé nabíjení baterií NiCd a NiMH

Tento článek volně navazuje na práci „Použití obvodu MAX2003/2003A pro ...“. Je podrobným návodem, jak obvod MAX2003/2003A prakticky použít, jak správně nastavit jeho pracovní režim a vypočítat obvodové součástky. Výklad je doložen několika příklady nabíječů a souhrnou tabulkou činnosti zapojení od vložení baterie až po kapkové nabíjení. Číslování vztahů a obrázků je v obou článcích průběžné.

S využitím schematu na obrázku 1 provedeme příklad návrhu spínacího obvodu pro rychlé nabíjení šestičlánekové baterie NiMH s kapacitou 1700 mAh (Duracell DR17) proudem  $1C = 1,7\text{ A}$ .

Použijeme k tomu informace získané při popisu vlastností obvodů MAX2003/2003A. Náš návrh bude mít celkem 9 kroků:

## 1. Výběr ss zdroje

Neprve vybereme vhodný stejnosměrný napáječ, jaký se používá ve spojení s přenosnými přijímači nebo jiným elektronickým zařízením. Minimální výstupní napětí bude 2 V na článek +1 V na vnější obvody, celkem  $6 \cdot 2 + 1 = 13\text{ V}$ , neboť baterie je šestičláneková.

## 2. Určení nabíjecího proudu

Nabíjecí proud určuje kapacita baterie a doba nabíjení, které hodlá uživatel použít. Výrobce baterie doporučuje maximální nabíjecí proud  $I_F$ , který nesmíme překročit.

$$I_F = \frac{\text{kapacita baterie}}{\text{doba nabíjení}} \quad [\text{mA}, \text{mAh}, \text{h}] \quad (4)$$

V našem příkladě je možné k nabití 1700 mAh baterie použít proud  $1C = 1700\text{ mA}$ . Baterie vlivem neúčinnosti v ní probíhajících chemických pro-

cesů se nabije nikoliv za 1 hodinu, ale za dobu o 30 až 40 % delší, tedy za 80 až 90 minut.

## 3. Volba snímacího rezistoru $R_{SNS}$

Nastavíme jím nabíjecí proud baterie. Průměrná hodnota napětí na vývodu SNS je

$U_{SNS} = 235\text{ mV}$ . Velikost rezistoru určuje vztah

$$R_{SNS} = U_{SNS} / I_F = 0,235 / I_F$$

Protože jsme zvolili proud  $I_F = 1,7\text{ A}$ , bude snímací rezistor  $R_{SNS} \cong 0,14\ \Omega$ .

## 4. Nastavení vývodů TM1 a TM2

Nastavení vývodů TM1 a TM2 určuje námi již zvolený nabíjecí proud  $1C$  a požadavek na plné dobití. Podle tabulky 4 spojíme vývod TM1 se zemí a vývod TM2 připojíme na napájecí napětí  $U_{CC}$ . Tím je nastavena doba rychlého nabíjení na 90 minut, přídržná doba na 410 sekund a je aktivováno plné dobití.

## 5. Volba rezistorů $R_{B1}$ a $R_{B2}$

Počtem článků  $N$  nabíjené baterie se určí poměr rezistorů  $R_{B1}$  a  $R_{B2}$ , viz vztah (1). Celková hodnota děliče  $R_{B1} + R_{B2}$  může být v rozmezí 100 k $\Omega$  až 500 k $\Omega$  (viz Vlastnosti obvodů

MAX2003/2003A). Zvolíme rezistor  $R_{B1} = 100\text{ k}\Omega$  a pak vypočteme velikost rezistoru  $R_{B2}$  z upraveného vztahu (1):

$$R_{B2} = R_{B1} / (N - 1)$$

V našem případě je

$$R_{B2} = 100\text{ k}\Omega / (6 - 1) = 20\text{ k}\Omega.$$

## 6. Určení součástek na měření teploty

Mnohé z těsně uzavřených baterií obsahujících více článků mají v sobě vložený termistor, určený na měření teploty. Tak je odstraněn problém dobrého mechanického kontaktu termistoru s baterií. Od výrobce baterií se zjistí potřebné údaje o vlastnostech termistoru. Baterie má 3 kontakty: kladný pól, jeden vývod termistoru a záporný pól s připojeným druhým vývodem termistoru, jako je tomu na obr. 1 (zde jde o šestivoltovou baterii Duracell DR 17 s kapacitou 1700 mAh).

Třívývodová baterie může být zdrojem potíží vlivem společného vývodu záporného pólu a termistoru. Velké proudy rychlého nabíjení vytvářejí na společném vodiči záporného vývodu velké úbytky, které působí chyby při odečítání napětí  $U_{NTC}$  z termistoru. Tím může dojít k nesprávnému určení teploty baterie. Proto použijeme pro přívod k termistoru zvláštní vodič, připojený až v místě spoječného kontaktu baterie a termistoru. Použijeme-li vnější termistor, je nutné zajistit jeho těsný mechanický kontakt s baterií.

Jak baterie NiCd tak NiMH mohou být rychle nabíjeny mimo teplotní limit nízké nebo vysoké teploty. Některé aplikace vyžadují použití jako parametru pro vypnutí rychlého nabíjení přírůstek  $\Delta T/\Delta t$ . Rezistory  $R_{T1}$  a  $R_{T2}$  určují teplotní vypínací napětí  $U_{TCO}$  a velikost změny  $\Delta T/\Delta t$ . Tento způsob určení konce rychlého nabíjení nejde ze zapojení oddělit

nebo vypnout. Je použitelný pro baterie NiCd i NiMH.

U baterie Duracell DR 17 je doporučená nejnižší teplota (při níž lze rychle nabíjet) 10 °C a jí odpovídá chybové napětí nízké teploty  $U_{LTF}$ . Teplotní vypínací napětí  $U_{TCO}$  určuje maximální doporučená teplota baterie 50 °C. Této teploty baterie ve většině případů nikdy nedosáhne, je to pouze bezpečnostní pojistka pro baterii. Odpor termistoru baterie Duracell DR 17 je

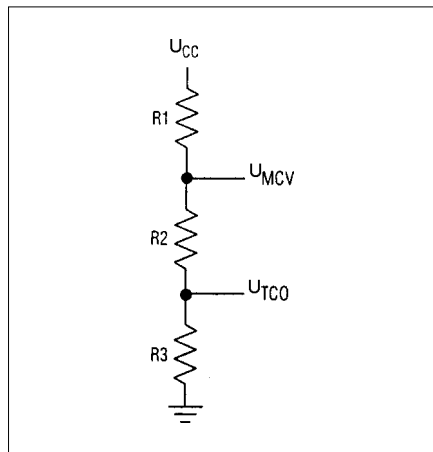
$R_{NTC10} = 17,96 \text{ k}\Omega$  při teplotě 10 °C a  $R_{NTC50} = 4,16 \text{ k}\Omega$  při teplotě 50 °C.

Navrhne obvod podle obr. 1 tak, aby přírůstek teploty byl 1 °C/1 min a nabíjení proběhlo při teplotách baterie od 10 °C do 50 °C za 40 minut. Jde o teoretickou dobu, jejíž pojistkou je maximální teplota baterie  $T_{CO}$ , které pravděpodobně nebude dosaženo. Všimněme si také, že v předešlých úvahách jsme předpokládali dobu nabíjení až 90 minut, která plněmu nabití baterie TR 17 proudem 1 C skutečně odpovídá.

Obvod MAX2003A měří napětí  $U_{TS}$  na vývodu každých 68 sec a porovnává ho s hodnotou před 136 sec. K vypnutí rychlého nabíjení dojde, když napětí  $U_{TS}$  je větší než 0,0032  $U_{CC}$  (16 mV pro  $U_{CC} = 5 \text{ V}$ ). Při změně napětí  $U_{TS}$  o 16 mV každých 136 sec se v intervalu 40 minut změní o 280 mV (40 min · 60 sec · 16 mV/136 sec).

Napětí  $U_{LTF}$  je nastaveno vnitřně na 0,4  $U_{CC} = 2 \text{ V}$  pro  $U_{CC} = 5 \text{ V}$ .

Vypínací napětí  $U_{TCO}$  je potom o 280 mV nižší než napětí  $U_{LTF}$ :



Obr. 9. Odporový dělič k nastavení napětí  $U_{MCV}$  a  $U_{TCO}$

$$U_{TCO} = U_{LTF} - 0,28 \text{ V} = 1,72 \text{ V}.$$

Podle obr. 6 je napětí  $U_{TS}$  při teplotě 10 °C rovno  $U_{TS10}$ :

$$U_{TS10} = \frac{U_{CC} (R_{T2} \parallel R_{NTC10})}{(R_{T2} \parallel R_{NTC10}) + R_{T1}} \quad (6)$$

a napětí  $U_{TS50}$

$$U_{TS50} = \frac{U_{CC} (R_{T2} \parallel R_{NTC50})}{(R_{T2} \parallel R_{NTC50}) + R_{T1}} \quad (7)$$

z těchto výrazů lze odvodit

$$R_{T2} = \frac{X \cdot R_{NTC10} - R_{NTC50}}{1 - X} \quad (8)$$

$$X = \frac{R_{NTC50} U_{TS10} (U_{CC} - U_{TS50})}{R_{NTC10} U_{TS50} (U_{CC} - U_{TS10})} \quad (9)$$

$$R_{T1} = \frac{R_{T2} R_{NTC10} (U_{CC} - U_{TC10})}{U_{TS10} (R_{T2} + R_{NTC10})} \quad (10)$$

Vezmeme-li hodnoty

$R_{NTC50} = 4,16 \text{ k}\Omega$ ,  $U_{TS50} = 1,72 \text{ V}$ ,  $R_{NTC10} = 17,96 \text{ k}\Omega$ ,  $U_{TS10} = 2 \text{ V}$ , vypočteme s použitím vztahů (8) až (10) velikost rezistorů  $R_{T1} = 2,191 \text{ k}\Omega$  a  $R_{T2} = 1,58 \text{ k}\Omega$ . Použijeme nejbližší hodnoty z řady:  $R_{T1} = 2,2 \text{ k}\Omega$  a  $R_{T2} = 1,6 \text{ k}\Omega$ . Z již známých hodnot rezistorů  $R_{T1} = 2 \text{ k}\Omega$ ,  $R_{T2} = 1,6 \text{ k}\Omega$ ,  $R_{NTC10} = 17,96 \text{ k}\Omega$ ,  $R_{NTC50} = 4,16 \text{ k}\Omega$  a napětí  $U_{CC} = 5 \text{ V}$ , můžeme zpětně vypočítat napětí  $U_{TS10}$  a  $U_{TS50}$  z výrazů (6) a (7).

## 7. Určení maximálního napětí článku $U_{MCV}$ a teplotního vypínacího napětí $U_{TCO}$

Napětí  $U_{MCV}$  a  $U_{TCO}$  nastavíme pomocí odporového děliče podle obrázku 9. Nejvyšší teplotě  $T_{CO} = 50 \text{ °C}$  odpovídá napětí  $U_{TCO} = 1,72 \text{ V}$  ( $= U_{TS}$ ). Napětí článku plně nabitě baterie nastavíme na  $U_{MCV} = 1,9 \text{ V}$ . Odpor rezistoru  $R_1$  zvolíme v rozmezí 20 k $\Omega$  až 200 k $\Omega$ , aby nebyl příliš zatížen zdroj  $U_{CC}$ . V našem příkladu vybereme rezistor  $R_1 = 60,4 \text{ k}\Omega$ . Velikost rezistorů  $R_2$  a  $R_3$  určují vztahy (11) a (12):

$$R_3 = \frac{U_{TCO} \cdot R_1}{R_2} \quad (11)$$

$$U_{CC} - U_{MCV}$$

$$R_2 = \frac{U_{MCV} \cdot R_1}{U_{CC} - U_{MCV}} - R_3 \quad (12)$$

z nichž vypočtené hodnoty rezistorů jsou  $R_3 = 33,5 \text{ k}\Omega$  a  $R_2 = 3,58 \text{ k}\Omega$ . Použijeme rezistory velikosti nejbližší v řadě E 48  $R_3 = 33,2 \text{ k}\Omega$

a  $R_2 = 3,48 \text{ k}\Omega$  a s přesností 1 %. Z výrazů (13) a (14) můžeme zpětně zkontrolovat nastavení napětí  $U_{TCO}$  a  $U_{MCV}$ :

$$U_{TCO} = U_{CC} \frac{R_3}{R_1 + R_2 + R_3} \quad (13)$$

$$U_{MCV} = U_{CC} \frac{R_2 + R_3}{R_1 + R_2 + R_3} \quad (14)$$

## 8. Výpočet rezistoru kapkového nabíjení $R_{TR}$

Rezistorem  $R_{TR}$  se nastaví kapkový proud  $I_{TR}$  v rozmezí C/16 až C/40. Velikost rezistoru  $R_{TR}$  určíme z výrazu (15):

$$R_{TR} = \frac{U_{SS} - U_{BAT}}{I_{TR}} \quad (15)$$

kde  $U_{SS}$  je ss napájecí napětí a  $U_{BAT}$  je napětí nabitě šestičlánekové baterie,  $U_{BAT} = 6 \cdot 1,2 = 7,2 \text{ V}$ . Proud kapkového nabíjení baterie NiMH zvolíme  $I_{RT} = C/40$ , jak doporučuje výrobce. Kapkový proud baterie Duracell DR 17 s kapacitou 1700 mAh bude  $I_{TR} = 1700/40 = 42,5 \text{ mA}$ . Rezistor  $R_{TR}$  bude podle výrazu (15)

$R_{TR} = (13 - 7,2)/42,5 \cdot 10^{-3} = 136,5 \Omega$ . Výkon  $P_{TR}$  rezistoru  $R_{TR}$  určíme ze vztahu (16):

$$P_{TR} = \frac{(U_{SS} - U_{BAT \text{ MIN}})^2}{R_{TR}} \quad (16)$$

Výkon  $P_{TR}$  musíme počítat pro nejhorší případ, když baterie bude zkratovaná, tedy  $U_{BAT \text{ MIN}} = 0$ :  $P_{TR} = 13^2/150 = 1,12 \text{ W}$ . Použijeme rezistor 150  $\Omega$  se ztrátou 2 W.

## 9. Výpočet indukčnosti

Velikost indukčnosti  $L$  stanovíme ze vztahu

$$U_L = L \frac{di}{dt} \quad (17)$$

$U_L$  je největší napětí na indukčnosti,  $di$  je změna proudu indukčnosti za nejkratší možnou dobu zapnutí  $\delta t$ . Spínací obvod navrhujeme tak, aby proud indukčností  $L$  nikdy neklesl na nulu a zvlnění proudu  $di$  nebylo příliš velké (obr. 10). Střední proud indukčností je roven proudu rychlého nabíjení  $I_F = 1,7$  A. Zvolíme maximální proud  $I_{MAX} = 1,9$  A a změna proudu  $di = 0,4$  A.

Největší napětí na indukčnosti  $U_L$  bude při nenabitě baterii:

$$U_L = U_{SS} - U_{BAT MIN} \quad (18)$$

Počítáme-li napětí jednoho článku nenabitě batie 1 V, dostaneme z výrazu (18)  $U_L = 13 - 6 = 7$  V

Doba zapnutí spínače  $\delta t$  k periodě  $T$  je ve sterjním poměru jako poměr výstupního napětí  $U_o$  ke vstupnímu napětí na indukčnosti  $U_i$ :

$$\frac{\delta t}{T} = \frac{U_o}{U_i} \quad (19)$$

Nejkratší možnou periodu  $T$  určuje nejvyšší možný kmitočet  $f_{max}$  obvodu MAX2003/2003A na vývodu MOD, který je 100 kHz.

Perioda průběhu na indukčnosti je  $T = 1/f_{max} = 10$   $\mu$ s, vstupní napětí  $U_i = U_{SS} = 13$  V, výstupní napětí  $U_o = U_L = 7$  V. Z výrazu (19) vypočteme nejkratší dobu zapnutí  $\delta t = (7/13) \cdot 10 \cdot 10^{-6} = 4,62$   $\mu$ s a ze vztahu (17) najdeme velikost indukčnosti

$$L = U_L \cdot (\delta t/di) = 7 \cdot (4,62 \cdot 10^{-6}/0,4) = 81 \mu H.$$

Skutečný kmitočet spínání bude vlivem zpoždění v komparátoru obvodu MAX2003/2003A a rozptylových parametrů zapojení nižší nežli 100 kHz. Pro to můžeme použít indukčnost  $L$  poněkud vyšší hodnoty, a to asi 100  $\mu$ H. Navíc musíme dbát na to, aby maximální proud  $I_{MAX}$  nesnížil indukčnost  $L$  použité tlumivky a vybereme takovou, která je určena pro proud větší než  $I_{MAX}$  ( $= 1,9$  A), např. 2,5 A. Velikost indukčnosti  $L$  musí v každém případě zajistit, aby nebyl překročen maximální kmitočet  $f_{max} = 100$  kHz.

## Plynulé nastavení proudu $I_F$

V části Vlastnosti obvodu MAX 2003/2003A pro rychlé nabíjení baterií NiMH a NiCd jsme upozornili na možnost použití obvodů MAX 2003/2003A v lineárním (nеспináném) režimu – viz též obr. 8.

Takový nabíječ šestičlánekové baterie NiCd 800 mAh je na obr. 11. Především zde nenajdeme indukčnost  $L$  a k regulaci proudu  $I_F$  je použit levný výkonový tranzistor v Darlingtonově zapojení TIP 115. Stabilizátor napětí  $U_{CC} = 5$  V, MAX 667 má dovolené vstupní napětí  $U_{SS} = 16$  V, takže obvod může nabíjet až 7 článků v sérii. Pokud bychom potřebovali nabíjet ještě větší počet článků nežli 7, musel by se použít jiný stabilizátor 5 V s větším vstupním napětím  $U_{SS}$ , nežli je MAX 667. Výstupní napětí  $U_{SS}$  zdroje nabíjecího proudu musí být rovné alespoň dvojnásobnému počtu článků  $N + 2$  volty:

$$U_{SS} = 2N + 2 \quad (20)$$

Jakmile je zapnuto rychlé nabíjení, napětí na vstupu SNS komparátoru s hysterezí se mění mezi 220 a 250 mV. Je-li napětí na vývodu SNS menší než 220 mV, je výstup MOD ve stavu H, sepne tranzistor  $T_3$  i tranzistor  $T_1$  a baterie se nabíjí proudem  $I_F$ . Stoupne-li proud baterií tak, že úbytek na rezistoru  $R_{SNS}$  stoupne nad 250 mV, výstup MOD bude ve stavu L a přivře se tranzistor  $T_1$ . Proud  $I_F$  je tak udržován konstantní na hodnotě určené vztahem (2):

$$I_F = U_{SNS STR} / R_{SNS}$$

$U_{SNS STR}$  je střední hodnota z napětí

220 mV a 250 mV a je rovna 235 mV. Výrazem (2) určíme velikost rezistoru  $R_{SNS}$  ze známé hodnoty napětí  $U_{SNS STR} = 235$  mV a proudu  $I_F = 1$  C = 0,8 A (nabíjená baterie má kapacitu  $C = 800$  mAh).

$R_{SNS} = U_{SNS STR} / I_F = 0,235/0,8 = 0,294 \Omega$ . Maximální nabíjecí proud bude  $I_{FMAX} = U_{SNS MAX} / R_{SNS} = 0,25/0,294 = 0,85$  A. Darlingtonův tranzistor  $T_1$  musí být v pracovním bodě, který zajistí nejméně proud  $I_F$ , aby velikost nabíjecího proudu určoval rezistor  $R_{SNS}$  a nikoliv tranzistor  $T_1$ .

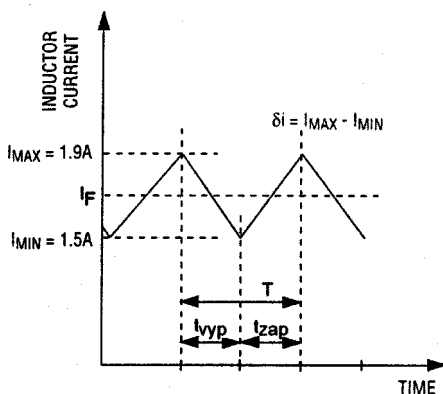
V našem příkladu na obr. 11 použitý tranzistor může dodat kolektorový proud až 1,8 A. Při typické hodnotě proudového zesilovacího činitele  $\beta = 1000$  je k tomu potřebný proud báze  $I_B = I_C / \beta = 1,8/1000 = 1,8$  mA. Protože na emitoru tranzistoru  $T_1$  je 14 V, bude napětí báze

$U_B = U_E - 2 \cdot U_{EB} = 14 - 2 \cdot 0,7 = 12,6$  V. Proud do báze tranzistoru  $T_1$  v případě, že vývod MOD je ve stavu H bude nastaven na 1,8 mA rezistorem  $R_b = U_B / I_B = 12,6/1,8 \cdot 10^{-3} = 6,8$  k $\Omega$ . Proud 1,8 A kolektoru tranzistoru nebude nikdy dosažen, neboť proud

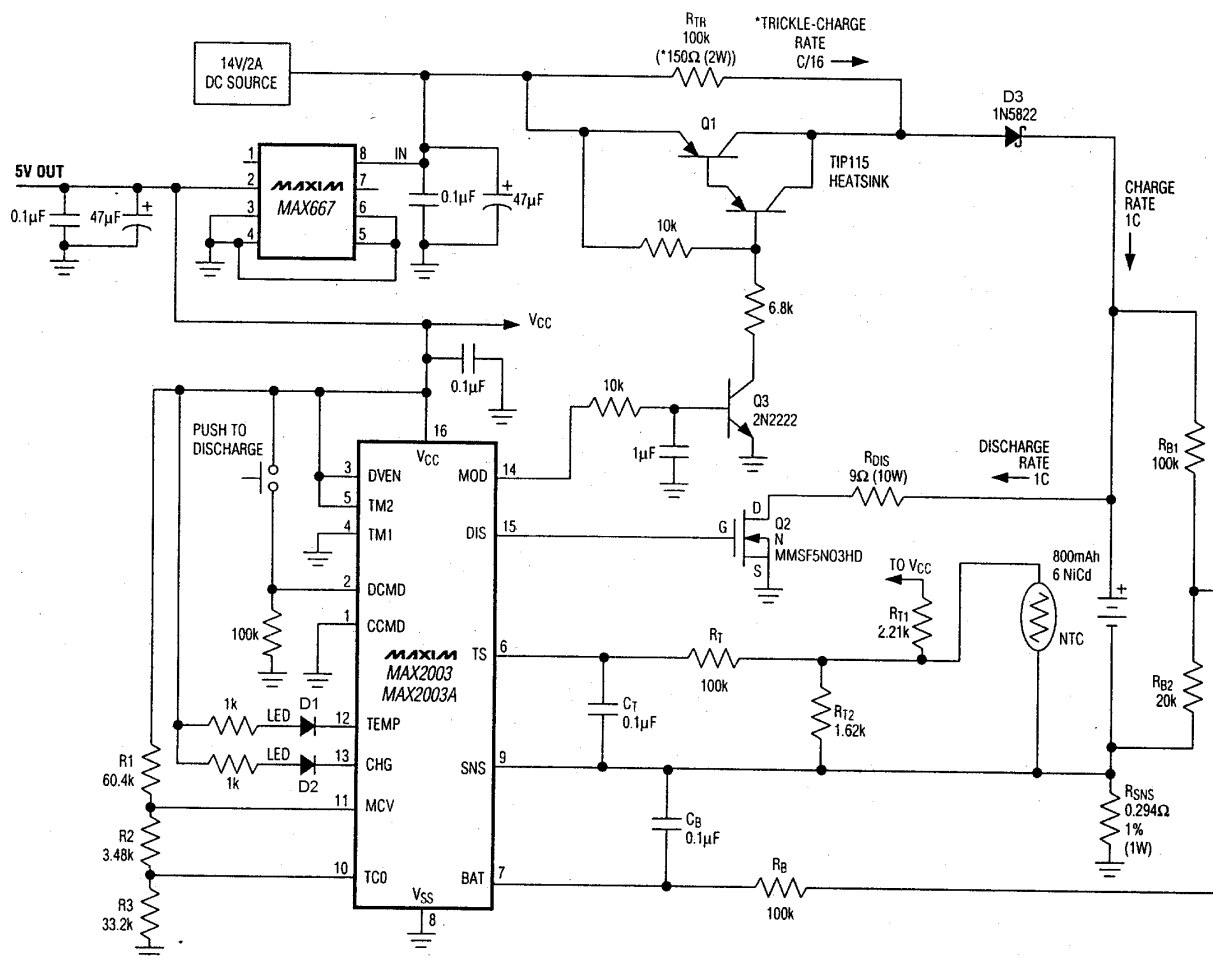
$I_C = I_F$  je nastaven rezistorem  $R_{SNS}$ .

## Napájení s proudovým omezením

Na obr. 12 je nabíječ baterie NiMH o 9 článcích s kapacitou 2600 mAh, který používá zdroje s proudovým omezením. To je nastavené na 2,6 A (přímo v použitém integrovaném obvodu firmy Advanced Power Solutions). Proto není na nastavení proudu  $I_F$  použit rezistor  $R_{SNS}$  a vývod SNS je spojen se zemí. Tím je vydán pro vývod MOD povel, aby pokud jsou splněny podmínky nabíjení, zůstal ve stavu H a je-li dosaženo některé z podmínek vypnutí rychlého nabíjení, přešel do stavu L. Je-li vývod MOD zapnut do stavu H, otevře tranzistor NPN  $T_2$ , který nastaví bázi tranzistoru MOSFET  $T_1$  na nízké napětí svým kolektorovým proudem (úbytek na rezistoru  $R_4 = 10$  k $\Omega$ ). Tranzistor  $T_1$  se otevře a baterie (Duracell DR 35) se začne nabíjet proudem  $I_F = 1$  C = 2,6A. Dvanácti-voltová Zenerova dioda  $D_3$  zajišťuje, aby napětí  $U_{SD}$  tranzistoru  $T_1$  nestouplo nad bezpečnou mez. Jakmile jsou splněny podmínky úplného nabití baterie,



Obr. 10. Průběh proudu indukčností  $L$



Obr. 11. Schéma zapojení nabíječe šestičlánekové baterie NiCd proudem 0,8 A v lineárním režimu s obvodem MAX2003/MAX2003A (\*...součástka, použita pro obvod MAX2003A)

přepne vývod MOD na úroveň L a tím dojde k uzavření tranzistoru  $T_1$  a vypnutí proudu  $I_F$ . Dioda  $D_4$  chrání baterii před vybíjením do obvodu napájení.

Tabulka 6 shrnuje činnost obvodu MAX2003/2003A v nabíjecím cyklu a způsob signalizace svítivky  $D_2$ .

## Závěr

Přenosná elektronická zařízení nás provázejí po celý den naší pracovní i mimopracovní činnosti. Jsou ovšem nenasytná, pokud jde o zdroje. Těmi se z mnoha praktických a ekonomických důvodů stávají nabíjecí baterie NiMH a NiCd. Abychom s jejich údržbou neztráceli čas, který nám elektronické pomůcky ušetří (nebo i zpříjemní), vymyslely polovodičové firmy celou, dnes již téměř nepřehlednou řadu nabíjecích integrovaných obvodů. Mezi ty zdařilé určitě patří MAXIM 2003/2003A, jehož aplikační možnosti jsme se pokusili čtenáři

v tomto textu přiblížit.

– Hav –

## Dodatek

k prvnímu článku o IO MAX2003/2003A, otištěnému v minulém čísle časopisu.

Termín „kapkové nabíjení“ není u nás zatím příliš vžitý a zasluhuje si proto bližší vysvětlení. Kapkové nabíjení se někdy v praxi označuje jako *konzervační* nebo ne zcela oprávněně jako *udržovací*. Správněji znamená udržovací nabíjení stálé nabíjení zálohových článků, které se někdy částečně vybíjí při zálohování síťového zdroje během jeho výpadku.

Kapkové nabíjení hradí náboj, který článek ztrácí samovybíjením. Pokud

není součástí nabíjecího cyklu plné dobití (TOP OF CHARGE), může kapkové nabíjení sloužit i k úplnému dobití článku po rychlém nebo normálním nabíjení. Kapkové nabíjení může být stejnosměrné (plynulé) proudem v rozsahu asi 0,02 C až 0,1 C, nebo impulzní se střídou zhruba 1 : 10 až 1 : 100. Proud v impulzu je asi C/5 až 4 C.

**Oprava k tab. 3:** Místo znaků „-“ a „Ž“ měly být znaky  $\uparrow$  a  $\downarrow$ .

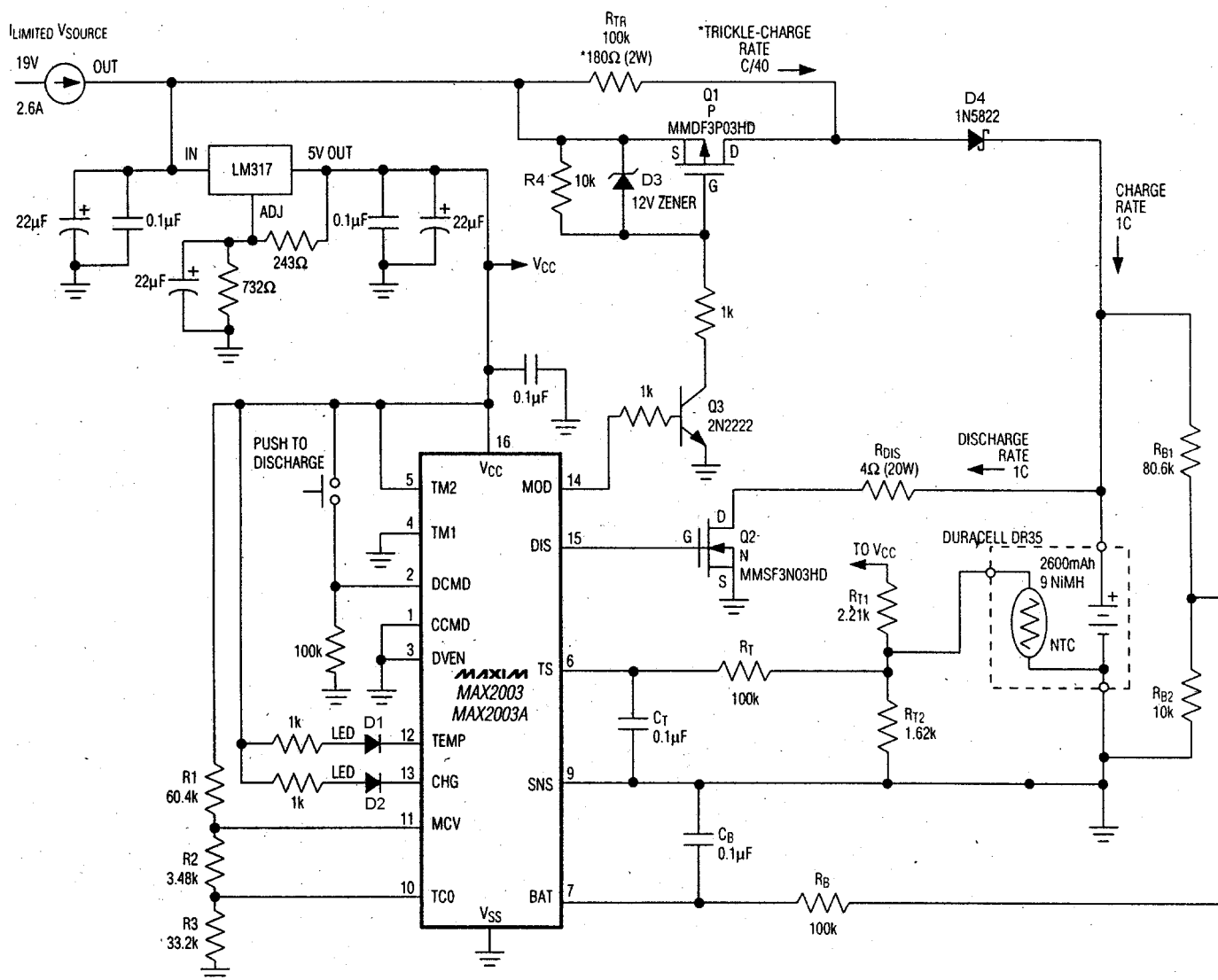
**Oprava k tab. 4:** Na začátku posledních dvou řádků tabulky mají být před typem IO (MAX...) uvedeny hvězdičky, vyznačující údaje, na něž jsou čtenáři odkazováni v šestém sloupci tabulky. Všechny údaje  $U_{CC}$  i  $U_{CC}$  v prvních dvou sloupcích tabulky mají být totožné a označují stejné připojení vývodů.

**Redakce se za chyby, vzniklé při sazbě textu, i za nesprávné řazení obrázků do textu všem čtenářům omlouvá.**

## Pro vaši jistotu

Jak jste si samozřejmě všimli, byly do článku převzaty původní obrázky z informačních publikací výrobce IO s textem v anglickém jazyce. Pro ty z vás, kteří si nejste jisti přesným významem použitých názvů, uvádíme český překlad nejdůležitějších výrazů:

|                    |                            |                   |                                     |
|--------------------|----------------------------|-------------------|-------------------------------------|
| DC source          | ss zdroj                   | LTF check         | kontrola nízké teploty              |
| discharge control  | řízení vybíjení            | MCV check         | kontrola maximálního napětí článku  |
| discharge rate 1 C | vybíjení proudem 1 C       | MOD control       | řízení modulace                     |
| EDV check          | kontrola vybíjecího napětí | push to discharge | stlačením se spouští vybíjení       |
| fast charge        | rychlé nabíjení            | TCO check         | kontrola teplotního vypínače napětí |
| heatsink           | chladič                    | temp LED status   | indikace teploty článku             |
| charge control     | procesor řízení napětí     | timing control    | řízení času                         |
| state machine      |                            | trickle charge    | kapkový proud $I_T = C/x$           |
| I limited source   | zdroj s omezením proudu    | rate C/x          |                                     |
| inductor current   | proud tlumivkou            |                   |                                     |



Obr. 12. Schéma zapojení nabíječe devítičlánkové baterie NiMH proudem 2,6 A, udržovaným napájecím zdrojem. Vypínání nabíjecího proudu je odvozováno od přírůstku  $DT/Dt$  (\*  $R_{TR} = 180$  pro obvod MAX2003A)

# Aplikace polovodičových relé II

V minulém čísle KTE magazínu jsme přinesli několik námětů na využití těchto elektronických prvků. Jejich používání je zcela jistě v souladu se současnými trendy rozvoje v oblasti spínání stejnosměrných i střídavých okruhů, a to ve velmi širokém rozsahu příkonů ovládaných zařízení. Podle ohlasu čtenářů jsme si uvědomili, že tyto součástky dosud nevešly do obecného povědomí technické veřejnosti. Proto jsme se rozhodli, že do úvodu tohoto pokračování zařadíme krátkou informaci o tom, co to vlastně polovodičová relé jsou a jaké jsou možnosti jejich využití.

## Co jsou to polovodičová relé?

Polovodičová relé (solid-state relay, zkratkou dále jen SSR) jsou součástky, které svou funkcí nahrazují dříve používaná relé elektromechanická. Obsahují obvykle několik polovodičových prvků, zapojených do elektronického obvodu, jenž plní požadovanou spínací funkci. Všechny vnitřní obvody SSR jsou zapouzdřeny do kompaktního modulu, který má jednak ovládací vstupy (tedy něco jako vývody cívky elektromagnetu u běžného relé elektromechanického) a dále výstupy, jimiž je ovládané zařízení (např. elektromotor, nebo topná či osvětlovací tělesa) připojováno k výkonovým napájecím okruhům, například ke střídavé jednofázové či třífázové síti. Výstupní svorky SSR tedy můžeme přirovnat k vlastním spínacím kontaktům elektromechanického relé nebo styka-

če. **Základní vlastností SSR je úplná elektrická izolace vstupních řídících obvodů od obvodů výstupních.**

Proto nesmíme zaměňovat pojem SSR s běžnými bezkontaktními spínači, jako jsou např. tranzistory, tyristory, triaky apod. Tyto prvky totiž mají galvanicky spojené vstupní (řídící) a výstupní (řízené) okruhy. Jedinou běžně dostupnou polovodičovou součástkou, která se svými vlastnostmi blíží vlastnostem SSR, je optotriak.

U elektromechanických relé se elektrické izolace dosahuje oddělením spínacích kontaktů mechanickou armaturou, která je uvedena do pohybu elektromagnetickým polem cívky relé. Prakticky všechna SSR využívají k přenosu řídicí informace ze vstupu do výkonového spínače optoelektrické vazební členy, které izolují vstupní okruhy od výstupních.

Tak jako obyčejná elektromechanická

relé, vyrábějí se SSR v různých kombinacích z hlediska jejich vstupů a výstupů. Znamená to, že mohou být ovládána proudem stejnosměrným nebo střídavým a že mohou svými výstupy spínat připojené zátěže jak ve stejnosměrných, tak i ve střídavých okruzích. Je na uživateli, aby si podle svých požadavků z nabídky vybral vhodný typ.

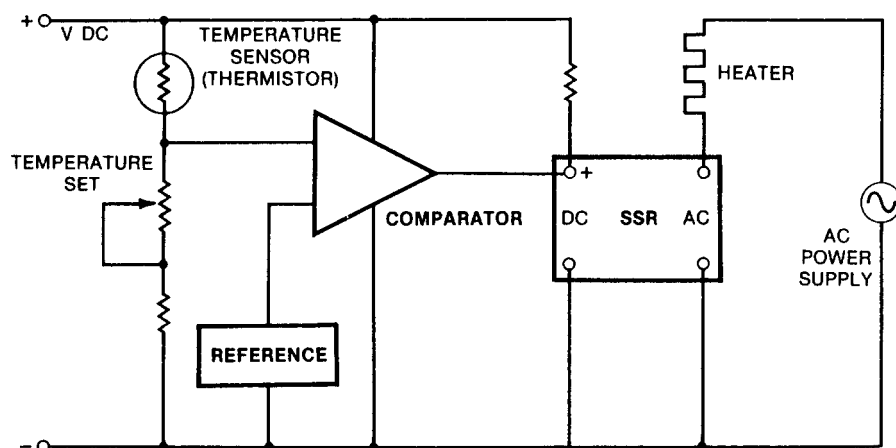
Důležitý kvalitativní faktor spínacích součástek je poměr mezi řídicím a řízeným výkonem. Právě u SSR je velmi příznivý. Zatímco vstupní řídicí výkon se zpravidla pohybuje v desetinách až desítkách miliwattů, můžeme si vybrat taková SSR, jež mohou spínat spotřebiče s příkonem i v desítkách kilowattů.

Měli bychom se zde ovšem zmínit nejen o dalších přednostech SSR (rychlost spínání, životnost, možnost spínání při průchodu proudu zátěží nulou, nehluknost apod.), ale také o některých nevýhodách. K nim patří určitý napěťový úbytek na sepnutém SSR, který je příčinou určité výkonové ztráty, způsobující jeho ohřívání. Dále si musíme uvědomit, že vypnutí SSR není ekvivalentní rozpojení kontaktů relé či stykače. Přes vypnutí spínací prvek uvnitř SSR (např. triak) totiž může téci určitý zbytkový proud. Proto můžeme tato relé používat k provoznímu řízení, ale nikdy k bezpečnostnímu vypínání spotřebičů. A konečně cena těchto konstrukčních prvků stále ještě převyšuje ceny klasických relé srovnatelných výstupních parametrů. Zůstane tedy na uživateli, aby rozhodl, zda mu využití výhod a kvalitativní přínos stojí za určité zvýšení nákladů.

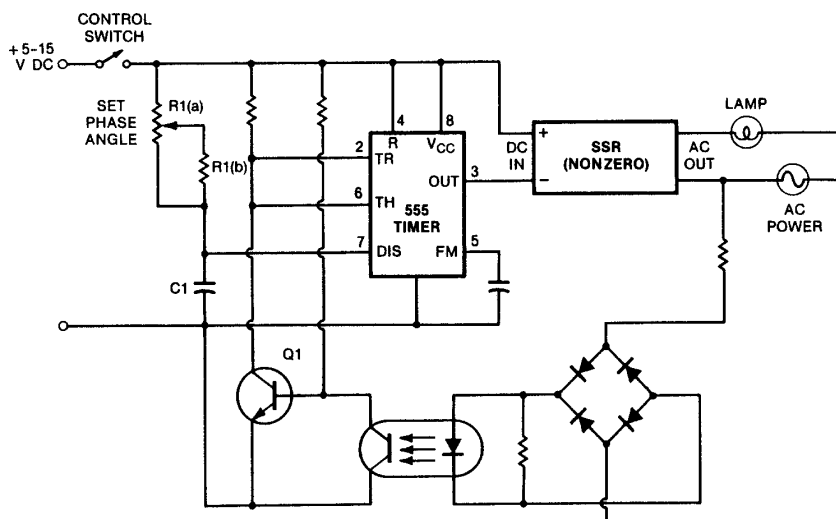
Nyní již pojďme k dalším aplikacím.

## Teplotní regulátor

Bezkontaktní polovodičová relé jsou ideální součástky pro použití v regulačních systémech a proto zde konvenční mechanické spínače nahrazují velmi úspěšně. Je to dáno především tím, že v těchto aplikacích dochází k častému spínání a rozpínání. Proto je zde samotný princip bezkontaktního spínání (větší životnost a spolehlivost)



Obr. 13 – Teplotní regulátor



Obr. 14 – Fázově řízené stmívání

i výhoda spínání v nule (menší rušení) zvláště vidět. Jednoduchý teplotní regulátor můžeme vytvořit s použitím citlivého SSR, na jehož řídicí vstup zapojíme můstek s termistorem. Větší přesnosti regulace dosáhneme, jestliže zapojení vybavíme vhodným zesilovačem nebo komparátorem, jak vidíme na obrázku 13.

## Fázově řízené stmívání

Zapojení obvodu pro plynulé řízení svitu výkonnějších žárovek je nakresleno na obrázku 14. Monostabilní klopný obvod, využívající známý časovač 555, je spouštěn negativními impulsy, odvozenými od okamžiku, kdy proud žárovkou klesne k nule. Tento okamžik je vyhodnocen obvodem, který tvoří diodový můstek, optocoupler a tranzistor Q1. Při nahození

monostabilního klopného obvodu dojde k vypnutí SSR a proud do zátěže neteče. Po skončení impulsu SSR zapíná proud do zátěže, který teče až do příštího průchodu nulou. Tento proces se opakuje při každé půlperiodě napětí, napájecího zátěže.

## Výkonový zpožďovací obvod

S použitím integrovaného časovače 555 a několika málo součástek můžeme vytvořit výkonový zpožděný spínač. Jeho zapojení je na obrázku 15. Při sepnutém spínači SW2 obvod pracuje tak, že výstup SSR sepne se zpožděním po sepnutí spínače SW1. Velikost časového zpoždění je dána velikostí R1 a C1. Pokud však je SW1 sepnut, dojde po sepnutí spínače SW2 a po odeznění stejně dlouhého

časového intervalu k vypnutí SSR. Mechanismus vypnutí je podobný, jako u předchozí aplikace. Funkci zpožděného spínače můžeme snadno obrátit, jestliže řídicí vstupy SSR zapojíme mezi svorky 3 a 1 časovače 555.

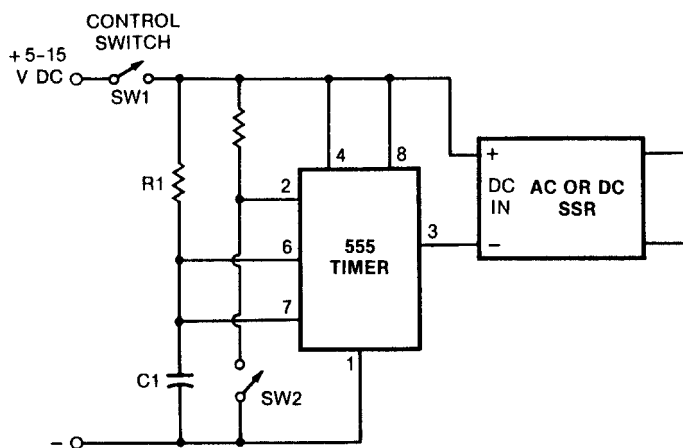
## Výkonový multivibrátor

Vytvoříme jej spojením SSR se známým zapojením multivibrátoru s časovačem 555, jak je to na obrázku 16. Dioda je použita v případě, že potřebujeme, aby střída byla menší, než 50 %. Stejného efektu dosáhneme (z pohledu zátěže SSR), jestliže řídicí vstupy relé připojíme k vývodům časovače 3 a 8. Jako typická aplikace se nabízí konstrukce výkonného blikače.

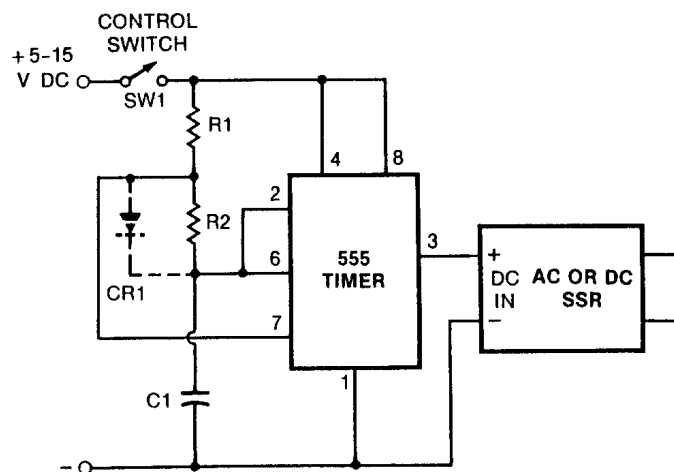
Záměrem článku bylo především upozornit technickou veřejnost na progresivní součástky a naznačit způsoby řešení typických úloh, které se v oblasti výkonového spínání častěji vyskytují. Další dotazy na vlastnosti SSR a jejich použitelnost pro konkrétní aplikace směřujte přímo na firmu Starmans electronics, s.r.o., která je autorizovaným distributorem výrobků firmy CRYDOM v České republice. Kontaktní adresu firmy a telefonní spojení naleznete v inzertní části tohoto čísla KTE.

Podle podkladů dodaných firmou Starmans electronics s.r.o. zpracoval

– ZJ –



Obr. 15 – Výkonový zpožďovací obvod



Obr. 16 – Výkonový multivibrátor

# Třináctipásmový ekvalizér

## pro korekci hudebního signálu pro domácí i poloprofesionální účely

### Základní technické údaje:

**Napájecí napětí:**  $\pm 15\text{ V}$   
**Proudový odběr:** 25 mA  
**Max. vstupní napětí:** 3 V  
**Vstupní impedance:** 100 k $\Omega$   
**Zdvih jednotlivých pásem:**  $\pm 15\text{ dB}$   
**Kmitočty jednotlivých pásem:**  
 35, 60, 100, 160, 270, 450, 750 Hz,  
 1.2, 2.1, 3.5, 5.8, 9.6, 16 kHz  
**Odstup signálu od šumu při poten-  
 ciometrech ve střední poloze:**  
 lepší než 80 dB



Ing. Jan Kuželka  
stavebnice č. 308

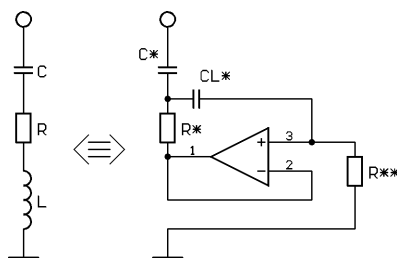
### Úvodem

Ekvalizérů této třídy pro frekvenční úpravy hudebního signálu již byla publikována celá řada. Velmi často se však stává, že pro běžné použití mají nevhodný počet pásem. Se třemi nebo pěti pásmy lze udělat jen běžné korekční úpravy. Naproti tomu třetinooktávový ekvalizér, který má pásem okolo třiceti, je jednak drahý pro velké množství součástek a jednak trvá dlouho, než se všechna pásma nastaví, což je pro běžný poslech nepříjemné. Proto jsem pro ekvalizér zvolil pásem 13, což je rozumný kompromis mezi možnostmi úpravy signálu, cenou, rozmístěním jednotlivých OZ do pouzder a jednoduchostí ovládání. Jejich kmitočty jsou logaritmičsky rozděleny mezi 35 Hz a 16 kHz.

### Popis zapojení

Schéma zapojení je na obr. 1. OZ U1A na vstupu je zapojený jako napěťový sledovač a odpor R14 určuje hodnotu vstupního odporu. Jako základní koncepci zapojení jsem zvolil neinvertující zesilovač se sériovými syntetickými rezonančními obvody

ve zpětné vazbě. Všechny použité zesilovače jsou nízkošumové OZ typu TL074 s tranzistory FET na vstupu. Kvůli odstranění vzájemného vlivu jednotlivých pásem mají sudá a lichá pásma vlastní operační zesilovač (U4C a U4D).



Obr. 2 – Syntetický rezonanční obvod

Syntetický sériový rezonanční obvod používá namísto klasické cívky zapojení s operačním zesilovačem, které se chová jako sériová kombinace cívky a odporu. Zapojení tohoto obvodu je na obr. 2 a pro hodnoty součástek platí následující přibližné vztahy:

$$C = C^*, R = R^*, L = C1^* \cdot R^* \cdot R'' \text{ pro } R'' \gg R^*$$

Rezananční obvody RLC jsou připojeny do zpětné vazby neinvertující-

ho zesilovače přes potenciometry, pomocí nichž lze regulovat zesílení OZ na rezonanční frekvenci každého RLC obvodu. Pro jednoduchost si lze představit, že RLC obvod na své rezonanční frekvenci „více vede“. Pokud ho tedy připojíme na neinvertující vstup OZ (potenciometr úplně vlevo), působí jako součást děliče napětí na vstupu OZ a tím na dané frekvenci snižuje amplitudu signálu. Pokud ho připojíme na invertující vstup OZ (potenciometr úplně vpravo), působí jako součást děliče napětí v záporné zpětné vazbě a tím vlastně na výstupu OZ dostáváme na dané frekvenci větší amplitudu signálu. Potenciometry pak umožní plynulou regulaci mezi těmito dvěma stavy. Vlivy všech RLC obvodů se sčítají, takže na výstupu ekvalizéru dostáváme signál na různých frekvencích různě zesílený podle polohy potenciometrů. Rezananční frekvence použitých RLC rezonátorů je dána vztahem:

$$f = 1/(2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C})$$

Hodnoty všech odporů jsou vy počteny s ohledem na co nejvyrovnanější charakteristiku při potencie-

metrech v krajní poloze a na zdvih jednotlivých pásem o 15 dB. Kondenzátory C14 a C15 působí jako ochrana proti rozkmitání celého systému na vysokých frekvencích.

## Oživení

Pro kontrolu správného pájení doporučuji připojit ekvalizér k napájecímu napětí nejprve přes odpory cca 120  $\Omega$ , na kterých by neměl být úbytek napětí výrazně přes 4 V. Pokud je napětí vyšší, je třeba překontrolovat desku. Protože zařízení neobsahuje žádné nastavovací prvky, mělo by pracovat na první zapojení. Po odstranění odporů z napájení připojte ekvalizér do hudebního řetězce a stáhněte všechna pásma na minimum (doleva). Po zapnutí signálu zesilte každé pásmo na maximum a zpět. Pokud neuslyšíte zvýraznění příslušných frekvencí, je třeba zkontrolovat pájení okolo součástek nefunkčního pásma.

## Závěr

Tato stavebnice obsahuje pouze jeden signálový kanál. Pro stereofonní poslech je tedy třeba stavebnice dvě. Výhodou tohoto řešení je variabilita prostorového uspořádání stereofonního ekvalizéru (nejčastěji dvě desky nad sebou) a možnost různého nastavení pro oba kanály.

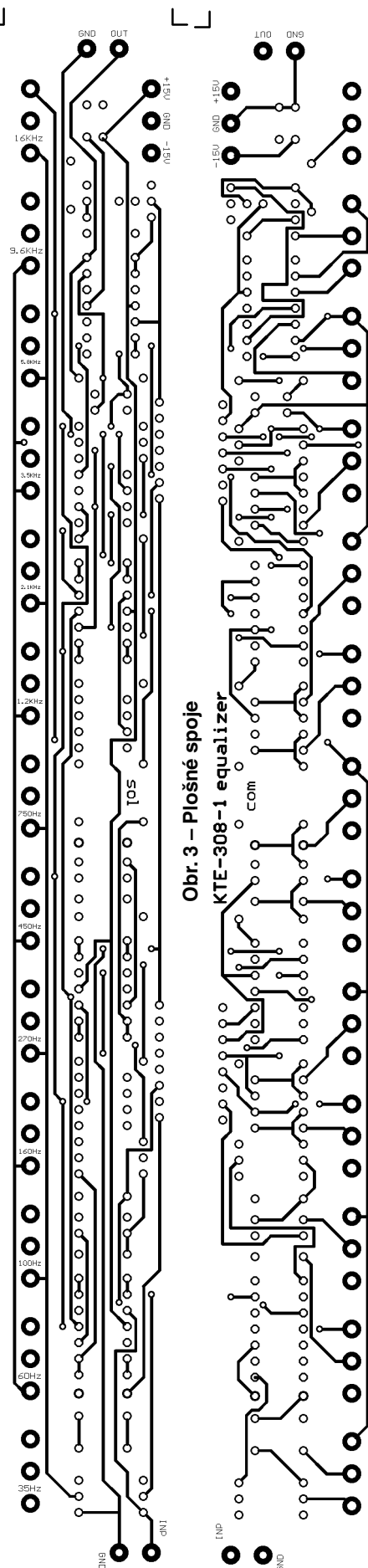
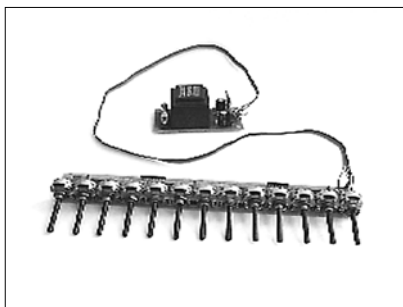
Tímto ekvalizérem lze již slušně korigovat nedostatky v reprodukční soustavě nebo nevyrovnané tlumení poslechové místnosti. Lze také dobře upravovat špatné nahrávky nebo „vytahovat“ jednotlivé zdroje signálu (například jednotlivé hudební nástroje) z celé nahrávky. Proto je tato stavebnice přínosem jak pro muzikanty, tak pro průměrné i náročnější posluchače hudby.

Cena stavebnice jednoho kanálu ekvalizéru včetně oboustranné desky plošných spojů je **670 Kč**, samotná deska plošných spojů stojí **190 Kč**.

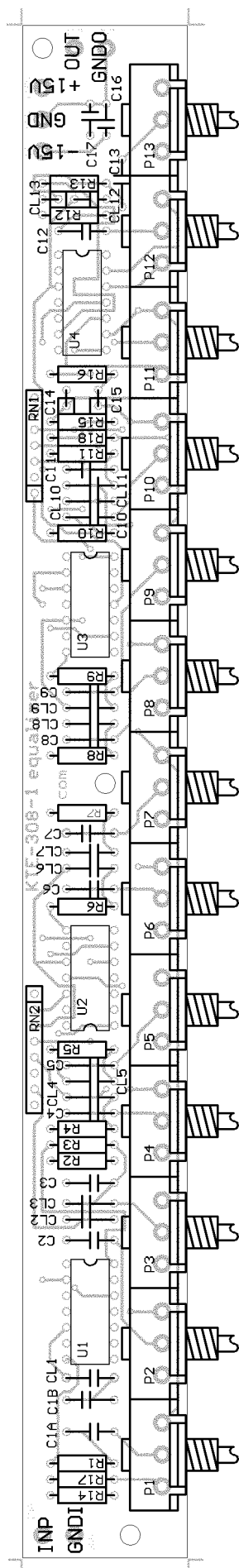
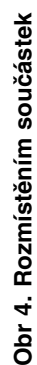
Při výrobě oboustranných plošných spojů pro KTE magazín spolupracujeme s firmou PRINTED s.r.o., Mělník – Mlázice, Českolipská 1449, tel.: 0206 / 670 137.

## Seznam součástek

|           |          |
|-----------|----------|
| C1A       | 680n     |
| C2        | 470n     |
| C3        | 270n     |
| Q1        | 180n     |
| Q4        | 150n     |
| Q2        | 120n     |
| C5        | 100n     |
| Q3        | 68n      |
| C6        | 56n      |
| Q4,C1B    | 39n      |
| C7        | 33n      |
| C8,Q5     | 22n      |
| Q6        | 15n      |
| C9        | 12n      |
| Q7        | 8n2      |
| C10       | 6n8      |
| Q8        | 5n6      |
| C11       | 4n7      |
| Q9        | 3n3      |
| C12       | 2n7      |
| Q10       | 1n8      |
| C13       | 1n5      |
| Q11       | 1n2      |
| Q12       | 680p     |
| Q13       | 390p     |
| C14,C15   | 470p     |
| C16,C17   | 100nKERO |
| P1 – P13  | 22k      |
| R1 – R13  | 1k2      |
| R14       | 100k     |
| R15 – R18 | 6k8      |
| RN1       | 120k     |
| RN2       | 120k     |
| U1 – U4   | TL074    |



Obr. 3 – Plošné spoje



Pro nízkopříkonová zařízení vyžadující symetrické napájení, pro zapojení s operačními zesilovači nebo pro laboratorní účely vám přijde vhod náš

# Stabilizovaný zdroj

Ing. Jan Kuželka  
stavebnice č. 307

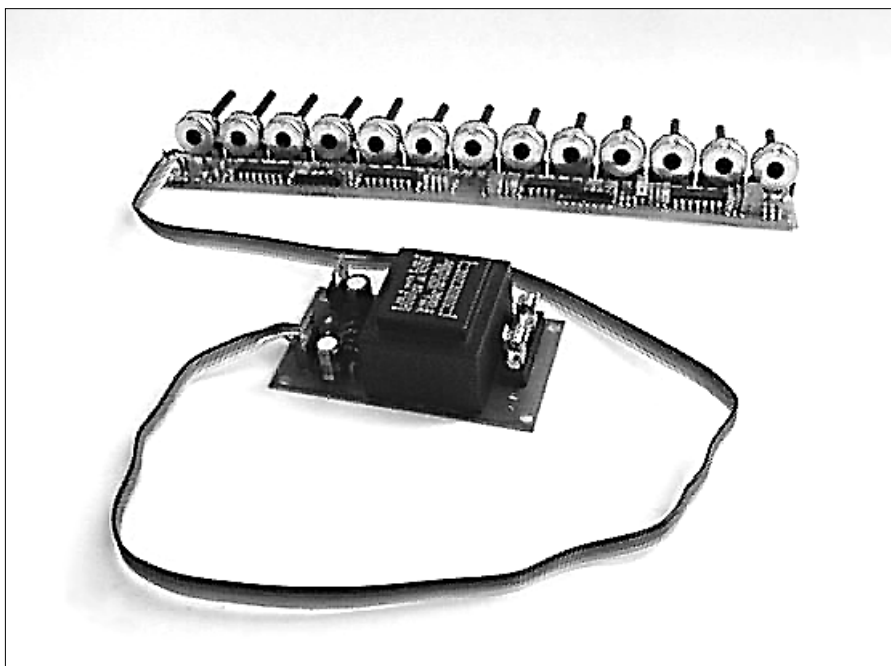


## Základní technické údaje:

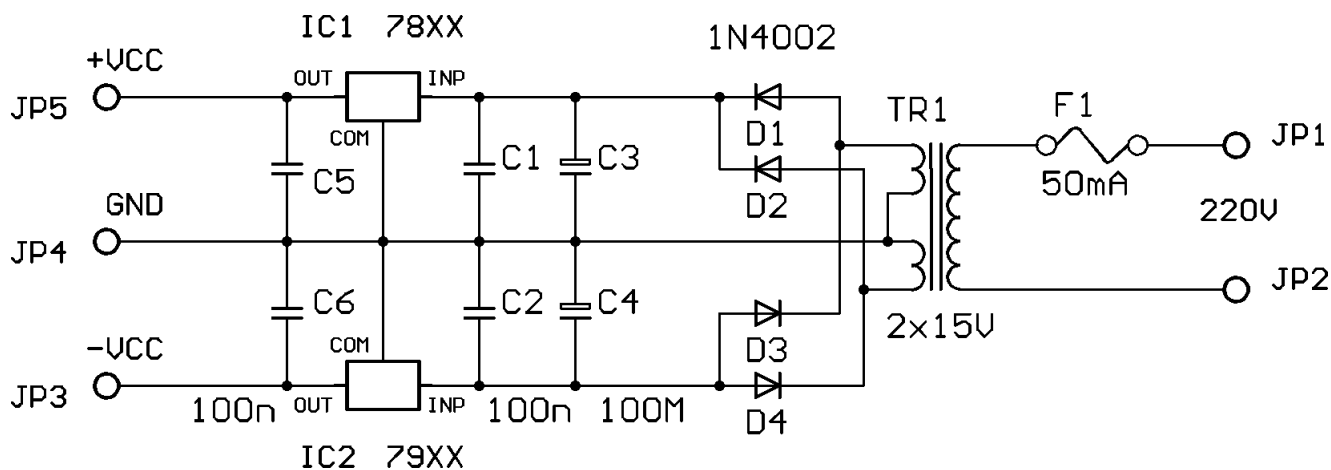
**Napájecí napětí:** 220 V~  
**Výstupní napětí:**  $\pm 15$  V  
**Max. výstupní proud:** 0,1 A

## Popis zapojení

Princip tohoto stabilizovaného zdroje je velmi jednoduchý. Přes ochrannou pojistku F1 je střídavé napětí 220 V přivedeno na primární vinutí transformátoru. Ten je převede na střídavé napětí  $2 \times 15$  V, jehož kladné půlvlny jsou vedeny diodami D1 a D2 a záporné diodami D3 a D4. Tím vznikne velmi zvlněné kladné a záporné napětí, které je „vyhlazené“ elektrolytickými kondenzátory C3 a C4. Protože má tento typ kondenzátorů na vysokých kmitočtech spíše indukční charakter, připojují se



Stabilizovaný zdroj lze použít například k napájení ekvalizéru (předchozí konstrukce)



Obr. 1 – Schéma zapojení

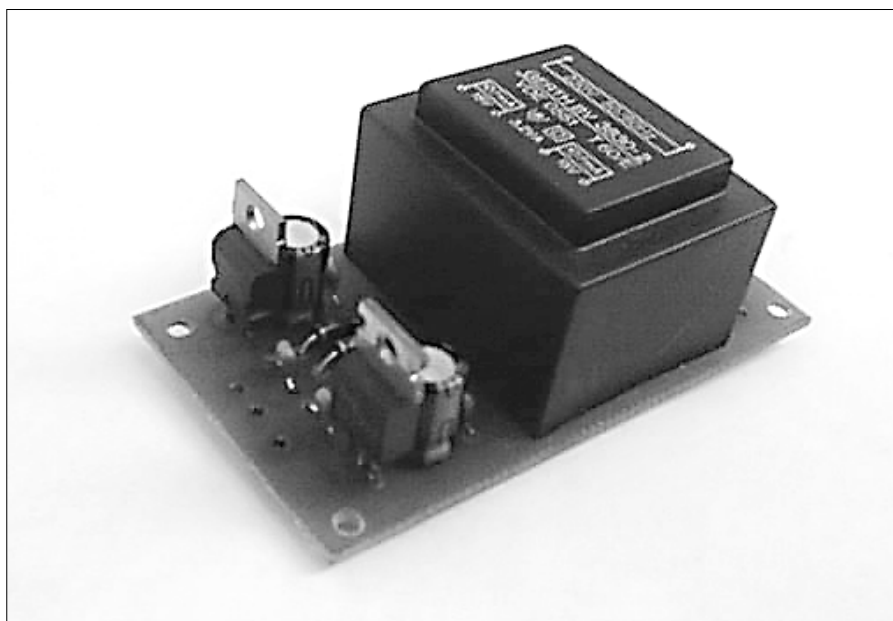
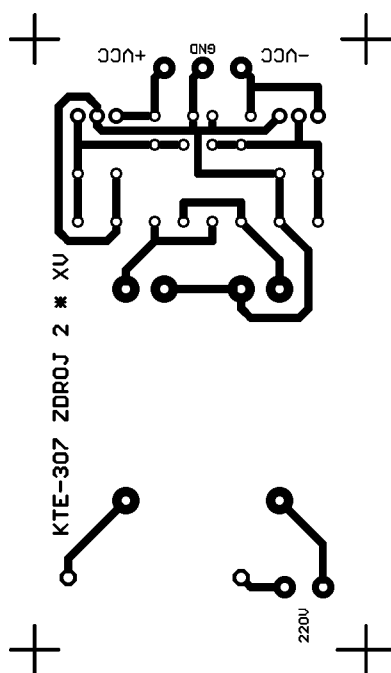
k nim paralelně ještě malé keramické kondenzátory (C1, C2), u kterých je i na vysokých kmitočtech indukčnost minimální.

Za těmito kondenzátory jsou kvůli zmenšení zvlnění napětí umístěné integrované stabilizátory 7815 pro kladné a 7915 pro záporné napětí. Tento typ stabilizátorů je zcela běžný a pro většinu aplikací jejich útlum zvlnění kolem 83 dB zcela postačí. Za stabilizátory jsou ještě další malé keramické blokovací kondenzátory (C5 a C6). Jejich kapacita musí být menší, než kapacita kondenzátorů na vstupu stabilizátorů. Při vypínání zdroje by se totiž nemělo na výstupu stabilizátorů objevit napětí větší, než na jejich vstupu.

## Popis připojení a oživení

Zdroj se připojuje přímo k 220 V přes svorky JP1 a JP2. Kladné stabilizované napětí je na svorce JP5, záporné na svorce JP3. Zem je pak na svorce JP4. Výstupní napětí zdroje je od vstupního galvanicky oddělené.

Zapojení by mělo fungovat na první pokus a není třeba žádného ožívování nebo nastavování.



Protože se integrované stabilizátory řady 78xx a 79xx vyrábějí pro napětí již od 3 V, je možné zdroj osadit i jinými hodnotami stabilizátorů a tím získat jiné hodnoty napětí. Například pro napětí +5 V a -12 V se zdroj osadí stabilizátory 7805 a 7912. Protože se napětí na vstupech stabilizátorů pohybuje okolo 20 V, nedoporučuji používat stabilizátory pro napětí větší, než  $\pm 15$  V.

## Závěrem

Tento zdroj můžete také použít namísto běžných síťových adaptérů, které většinou nemají stabilizované napětí. To se např. u zvukových zařízení projeví nepříjemným brumem. Je však nutno mít na paměti, že by zařízení nemělo mít proudový odběr větší než 100 mA.

Je samozřejmostí, že můžete ze zdroje použít jen jedno napětí a nemusíte pak na desce osazovat celou část pro napětí druhé.

## Seznam součástek

|                |                   |
|----------------|-------------------|
| C1, C2, C5, C6 | 100nKERO          |
| C3, C4         | 100M/25 RAD       |
| D1 – D4        | 1N4001            |
| IC1            | $\mu$ A7815       |
| IC2            | $\mu$ A7915       |
| TR1            | 3VA 220V/2x15V    |
| pojistka       |                   |
| F1             | MTR. 0,05A        |
| F1 pouzdro     | PL112000 RAD.EURO |
| svorkovnice    |                   |
| JP1, JP2       | ARK210-2 (1 ks)   |
| JP3, JP4, JP5  | ARK210-3 (1 ks)   |

Cena sady součástek uvedených v seznamu včetně desky plošných spojů je 340 Kč.

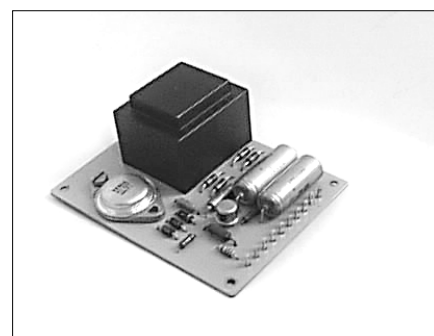
Obr. 2 – Plošný spoj s rozmístěním součástek



# Tester regulátoru nabíjení

Předmětem tohoto stavebního návodu je jednoduchý přípravek, který usnadní lokalizaci závady v nabíjecí soustavě automobilů. Zařízením ověříme funkčnost polovodičového regulátoru buzení alternátoru přímo ve vozidle. Tím odpadne jeho mnohdy zbytečná demontáž a zpětná montáž do vozidla, pokud se závada nachází v alternátoru, nebo jinde.

Jiří Zuska  
stavebnice č. 313



## Úvodem

Přípravek může být velmi užitečným pomocníkem nejen pro profesionální opraváře automobilů. Stále je mezi námi početná skupina motoristů, kteří si drobné závady na svých automobilech nejen dovedou, ale hlavně chtějí opravit sami. Polovodičové regulátory buzení alternátorů se v automobilech domácí výroby začaly používat při výrobě modelů Škoda 105/120 někdy kolem roku 1979. Od té doby až do etapy výroby Favoritů bylo tedy u nás vyrobeno mnoho set tisíců vozidel, vybavených v podstatě stejnou nabíjecí soustavou akumulátoru (stejnou z hlediska způsobu regulace výstupního proudu použitého alternátoru). Prostor pro využití tohoto jednoduchého přípravku je tedy opravdu široký. Navíc můžeme vzít v úvahu skutečnost, že z funkčního hlediska jsou praktic-

ky stejné regulátory používány i v automobilech zahraniční výroby srovnatelné třídy.

## Funkce zařízení

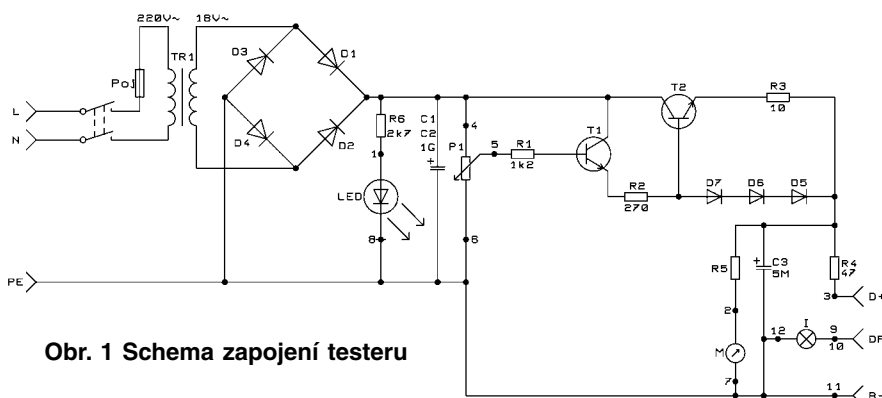
Především si připomeňme úlohu, kterou plní regulátor nabíjení v soustavě alternátor – akumulátor. Mluvíme zde o elektrických soustavách běžných osobních automobilů, které bývají vybaveny akumulátory s napětím 12 V a kapacitou kolem 40 až 50 ampérhodin (Ah). Je známo, že při nabíjení normálním proudem dosahuje napětí plně nabitého olověného akumulátoru velikosti něco přes 14 V. Aby tedy nedošlo k přebíjení akumulátoru (které by vedlo ke zkrácení jeho životnosti), musí být při dosažení tohoto napětí další nabíjení omezeno. K tomu právě slouží regulátor nabíjení. Ten sleduje velikost napětí na akumulátoru a podle něho

řídí (prostřednictvím buzení) výstupní proud alternátoru.

Díváme-li se na regulátor jako na elektronický obvod, pak se jedná o tranzistorový spínač, přerušující proud od kladné svorky do jednoho ze svých vývodů, pokud napětí dosáhne určité velikosti. Pokud potom napětí opět poklesne, proud do tohoto vývodu je opět zapnut. Mezi oběma hodnotami napětí je určitý rozdíl (definovaný obvody vlastního regulátoru), běžně označovaný hystereze.

## Činnost zapojení

Schema zapojení přípravku je na obrázku 1. Jak je na první pohled patrné, jde o velmi jednoduchý nastavitelný zdroj napětí, jehož výstupní napětí je měřeno obyčejným ručkovým měřidlem. Napětí sekundárního vinutí síťového transformátoru je dvoucestně usměrněno můstkovým usměrňovačem s diodami D1 až D4 a vyhlazeno filtračním kondenzátorem C1. Velikost výstupního napětí nastavujeme pomocí potenciometru P1. Napětí z jeho běžce přivádíme přes ochranný rezistor R1 na bázi



Obr. 1 Schema zapojení testeru

tranzistoru T1, zapojeného jako emitorový sledovač. Přes rezistor R2 se budí báze tranzistoru T2, zapojeného také jako sledovač. Rezistor R3 spolu s diodami D5 až D7 způsobují (nepříliš ostré) omezení výstupního proudu. Zvýšená výkonová ztráta při zkratu na výstupu se tím natolik zmenší, že tranzistor T2 ani nepotřebuje chladič. Výstupní svorky se připojují přímo k jednotlivým vývodům testovaného regulátoru pomocí kablíků, opatřených na konci svorkami typu „FASTON“. Svorka regulátoru, jejíž označení je D+, se připojuje (přes rezistor R4) ke kladnému pólu regulovatelného zdroje, záporný pól (kostravozu) se připojuje ke svorce označované jako B-. Svorka, označovaná jako M nebo DF (ze které teče do alternátoru budící proud) se připojí k zápornému pólu přes běžnou žárovku pro napětí 12 V/1,2 W.

Vlastní proces otestování regulátoru je velmi jednoduchý: nejdříve se přesvědčíme, že výstupní napětí (po zapnutí testeru) je nastaveno na nulu (ukáže nám to ručka měřidla). Potom propojíme svorky testeru a regulátoru (pozorně podle předchozího popisu) a pomocí potenciometru pomalu zvětšujeme výstupní napětí, přitom sledujeme údaj měřidla a žárovku. Její svit by se měl objevit při napětí asi 6 V a měl by se s rostoucím napětím plynule zvyšovat. Při napětí kolem 14 V dojde při zkoušce správně fungujícího regulátoru ke zhasnutí žárovky a současně ručka měřidla „poskočí“ o několik voltů výše, bude ukazovat napětí kolem 20 V. Pokud nyní budeme znovu napětí potenciometrem snižovat, dojde opět v oblasti kolem 14 V k rozsvícení žárovky



**Pro odzkoušení byla použita jednoduchá plechová skříňka**



a výchylka ručky měřidla se skokem vrátí na hodnotu asi 10 V. Tímto postupem jsme ověřili, že regulátor při zvýšení napětí v palubní síti automobilu nad 14 V přeruší buzení alternátoru a že při poklesu pod napětí asi 14 V (je zde ovšem již zmíněná hystereze) buzení obnoví.

## Poznámky ke stavbě, součástky

Zapojení testeru je velmi jednoduché a nemá zásludnosti. Celý obvod je zapojen na jedné destičce s plošnými spoji, která je upevněna do plastové krabičky. Rozložení součástek a vodičů je záměrně velmi volné (viz obr. 3), takže stavbu zvládneme i v tom případě, že nejsme příliš vybaveni zkušenostmi či nářadím. Dokonce ani není při stavbě bezpodmínečně nutné použít daný plošný spoj a součástky podle připojené specifikace. Díky tomu můžeme využít starší zásoby a tím snížit materiálové náklady na minimum. Předpoklad k takovým změnám je ovšem schopnost správně vyhodnotit funkci zapojení a provést případné změny, pokud si to vyžádají jiné parametry použitých součástek.

Při vývoji a zkouškách zapojení byl první vzorek přístroje realizován v plechové typizované skříňce, používané dříve tuzemským výrobcem měřicí techniky na různé přístroje (viz obrázky). Zapojení je provedeno letmou montáží, bez použití plošných

spojů. Teprve po zkouškách bylo zapojení přípravku převedeno na destičku s plošnými spoji, jejich motiv je nakreslen na obr. 2. Postavili jsme dále dva kusy, kde jsme ověřili funkčnost konečného zapojení. Krabičky pro oba vzorky přístroje jsme vybrali podle použitých ručkových měřidel. Větší krabička byla použita pro vzorek s měřidlem typu DHR 5, druhý vzorek, umístěný do menší krabičky používá měřidlo DHR 3. Výběr tohoto prvku zapojení ponecháváme záměrně na čtenářích, protože je to věc poněkud choulostivá. Jak je všeobecně známo, ručková měřidla téměř zmizela z prodejen, pokud jsou někde nabízena měřidla dovážena, jejich cena je příliš velká, až několik set korun. Jistě budete souhlasit, že použití číslicového panelového měřidla je pro tento účel zcela nevhodné. Proto doporučujeme čtenářům, aby v tomto případě využili nabídky různých výprodejů, kde se stále nabízí měřidla bývalého tuzemského výrobce Metry za poměrně slušné ceny. Na parametrech měřidla příliš nezáleží, jeho základní citlivost by však neměla být horší než 10 mA. Domníváme se, že si každý bude umět přizpůsobit rozsah měřidla výběrem seriového odporu. Přitom by bylo vhodné, abychom vzali v úvahu jeho stupnici. Máme-li tu možnost, koupíme měřidlo, které má rozsah stupnice do 20 nebo do 25, to jsou pro daný účel rozsahy ideální. Pokud dostaneme měřidlo

s jinou stupnicí, musíme se rozhodnout, zda budeme údaje přepočítávat, nebo zda se pokusíme číslice na měřidle přepsat. Druhá možnost je vhodná jen pro měřidla, která se dají snadno rozebrat. Na příklad u měřidel z řad MP je to operace poněkud riskantní. Podle použitého měřidla zvolíme skříňku, do které celé zařízení postavíme. Na štěstí je dnes na trhu skřínek tak velký sortiment, že si snad každý vybere.

Všechny obvody přípravku kromě ovládacích prvků a měřidla jsou zapojeny na jedné destičce s plošnými spoji. Jejich rozložení je nakresleno na obrázku 3, kde je také vyznačeno propojení obvodů na destičce s prvky, umístěnými na čelním panelu. Spojový obrazec je navržen tak, aby umožnil použití různých typů součástek. Tak např. můžeme použít filtrační kondenzátory s radiálními i axiálními vývody, dále výkonový tranzistor v plastovém nebo kovovém pouzdru. Tím je umožněno využití starších zásob nebo levných výprodejních součástek.

Síťový transformátor zasluhuje zvláštní pozornost. Je vlastně nejnákladnějším dílem konstrukce, ale to ještě není to nejdůležitější. Má především rozhodující vliv na bezpečnost přístroje, protože izoluje jeho obvody od síťového rozvodu. Proto jsme použili transformátor, který je homologován pro prodej v ČR na zá-

kladě osvědčení autorizované zkušebny. Výrobce je německá firma Hahn, která má v této oblasti významné postavení. Použili jsme trafo typu BV EI 422 0132, jehož sekundární vinutí 18 V je dimenzováno pro proud až 250 mA.

Obvody testeru jsou vybaveny dvojím jištěním. První je skleněná tavná pojistka v okruhu primárního vinutí. O druhém jištění jsme se již zmínili. Je jím elektronická pojistka (proudové omezení) samotného nastavitelného zdroje napětí, která chrání transformátor a případně další součástky před zničením, pokud dojde ke zkratování svorek D+ a B-.

## Důležité upozornění:

**Připojení k síťovému rozvodu je nutné z bezpečnostních důvodů provést pomocí třížilového pohyblivého přívodu (tak zvané flexošňury), ochranný vodič spojíme se společnou zemnicí svorkou zdroje B-. Při eventuální poruše izolace mezi primárním a sekundárním vinutím síťového transformátoru, při které by se na výstupních svorkách mohlo objevit nebezpečné napětí pak poteče směrem do ochranného vodiče proud, který přepálí síťovou pojistku a tak odpojí tester od sítě. Při použití pouze dvou vodičového síťového přívodu ovšem tento ochranný mechanismus fungovat nemůže.**

## Seznam součástek:

### Polovodiče:

|          |                         |
|----------|-------------------------|
| T1       | KC, BC, KF508 apod.     |
| T2       | KD501, KD605, BD apod.  |
| D1 až D7 | KY 130/80, 1N4001 apod. |
| LD1      | indikační LED           |

### Rezistory:

|    |          |
|----|----------|
| R1 | 1,2 kΩ   |
| R2 | 270 Ω    |
| R3 | 10 Ω/1W  |
| R4 | 47 Ω/2W  |
| R5 | viz text |
| R6 | 2,2 kΩ   |

### Kondenzátory:

|        |            |
|--------|------------|
| C1, C2 | 470 μF/35V |
| C3     | 5 μF/35V   |

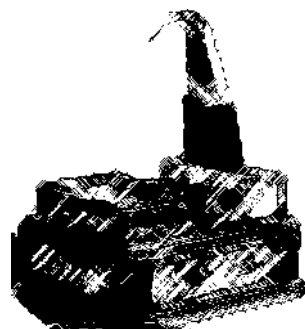
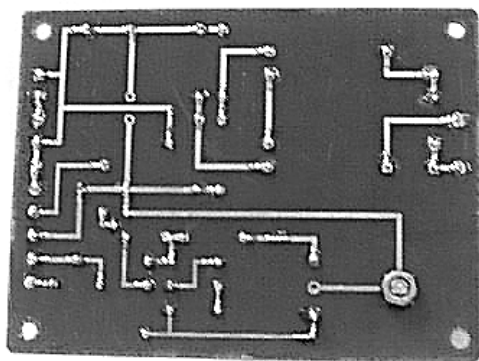
### Ostatní:

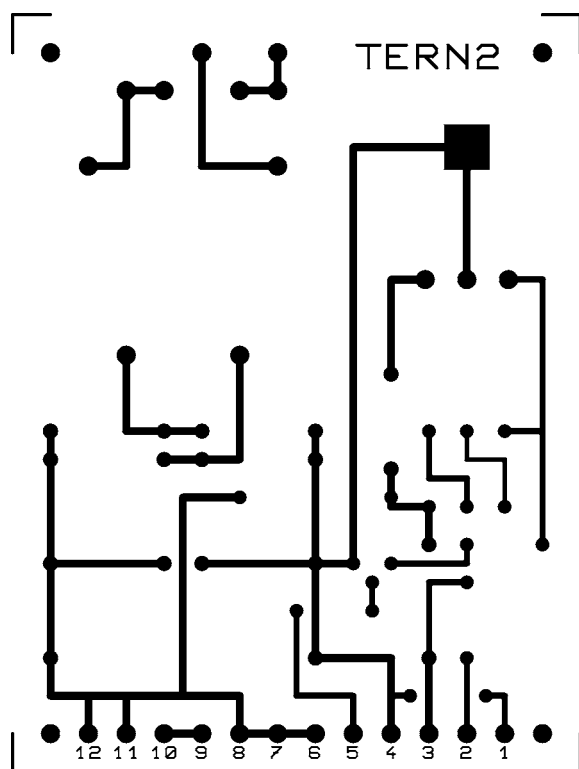
Držák pojistky  
Síťový transformátor TR1 – viz text  
P1 lineární potenciometr 5 až 50 kΩ  
Ručkové měřidlo M – viz text  
Síťový vypínač, kontrolní žárovka 12V/1,2W s pouzdrem,  
svorky přístrojové, krabička – viz text

Pro zájemce o stavbu testeru připravila firma KTE stavebnici v několika variantách.

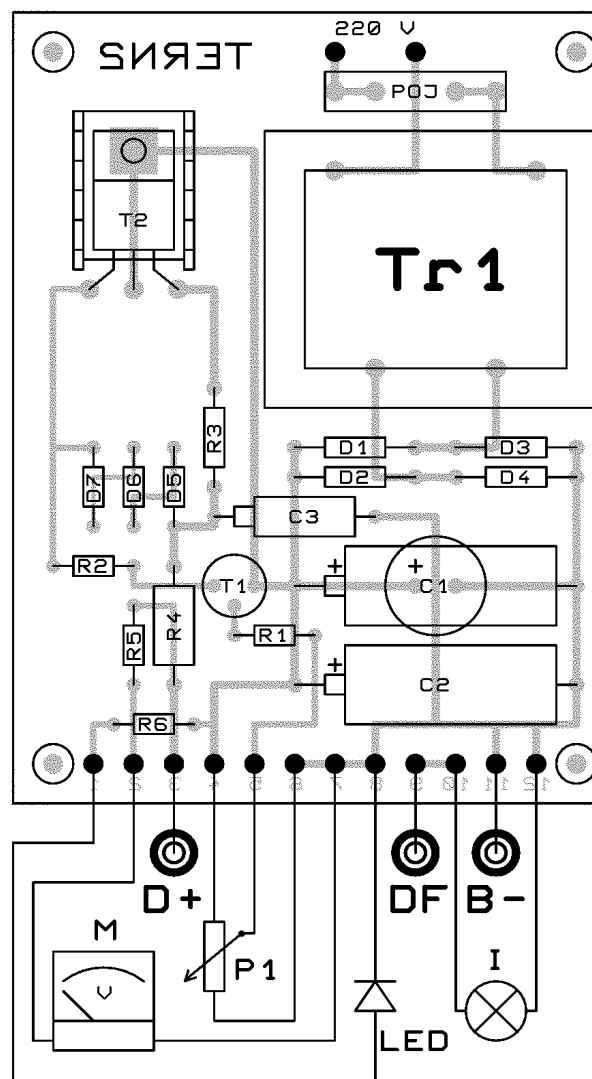
Základní sada obsahuje všechny součástky umístěné na destičce plošného spoje kromě rezistoru R5, plošný spoj a potenciometr.

K této základní sadě v ceně **198 Kč** je možné přibýt další doplňky:  
vypínač + zdířky **93,50 Kč**,  
transformátor 4218-1 **162 Kč**  
panelové měřidlo **140 Kč**  
(varianta s měřidlem nebude zasílána poštou)

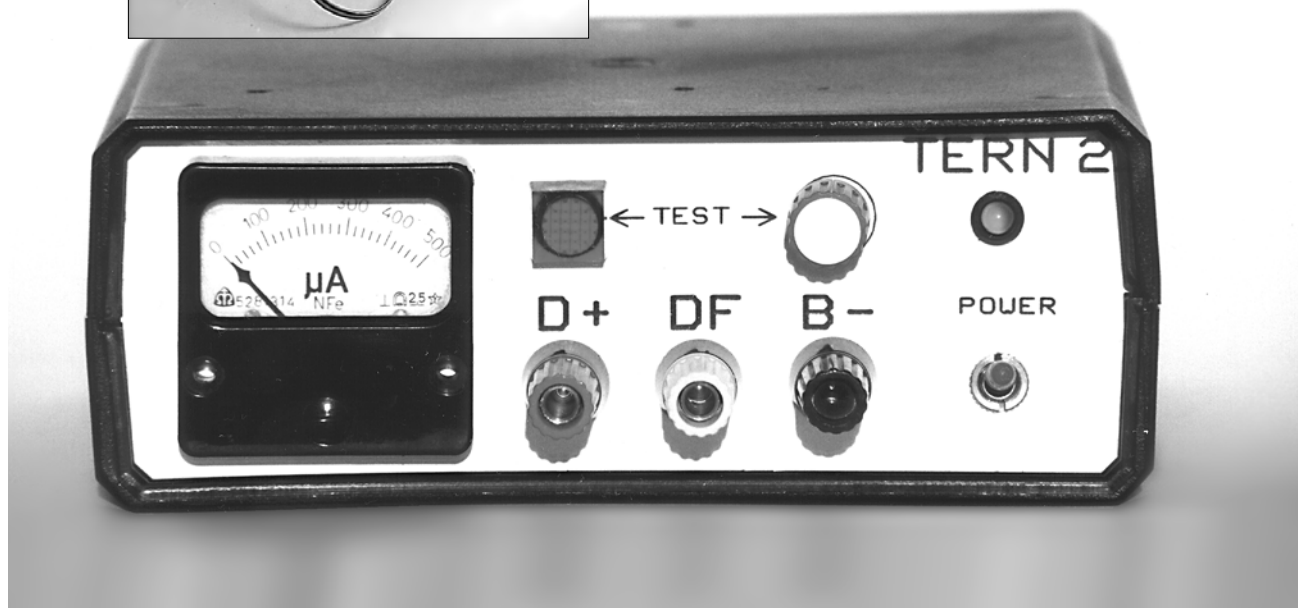
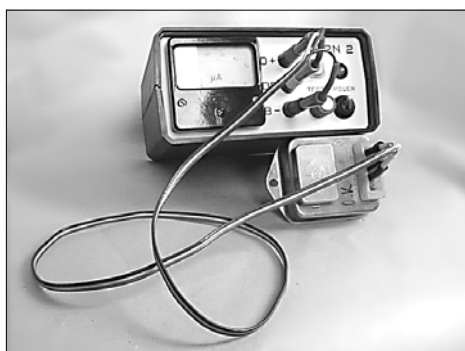




Obr. 2 Obrazec plošného spoje



Obr. 3 Rozložení součástek



# Ionizátor vzduchu

Ing. Pavel Mašika  
stavebnice č. 312



Každý už jistě slyšel pojem pračka vzduchu. Za současného stavu životního prostředí je přirozené, že se zařízení tohoto druhu uplatňují ve stále větší míře, většina čtenářů se asi s tímto přístrojem už setkala nebo denně setkává v praxi. Součástí téměř všech praček vzduchu je i ionizátor, který vyčištěný vzduch obohacuje o záporné ionty. Tento efekt je možné využít i samostatně, bez filtrů a bez větráků, tedy naprosto bezhlučně, v mnohem menším provedení a za méně peněz.

Po důkladném průzkumu tuzemského předvánočního trhu (se záměrem věnovat praktický a zároveň zdravý prospěšný dárek) jsem zjistil, že ceny praček vzduchu se pohybují v příliš vysokých sférách a že ionizátor jako takový vyhynul. Poslední exemplář byl viděn asi před dvěma roky v dnes již neexistující prodejně za cca 1200 Kč.

## Proč ionizátor

Jakýkoli obytný prostor obsahuje několik stěn, podlahu a strop. Tyto jsou vyrobeny z materiálů, o kterých tvrdit, že to jsou vodiče, by bylo dost odvážné. Ještě odvážnější by ale bylo tvrdit, že to jsou izolanty. Elektrické časové konstanty našich bytů a pracovišť nejsou moc velké, rozhodně nemůžeme čekat, že by se elektrický náboj udržel v našich zdech déle než několik sekund (vlhkost v cihlách nebo rovnou ocel v panelech). Můžeme tedy v klidu (?) prohlásit, že dnešní Homo Citizen tráví většinu svého života ve Faradayově kleci (alespoň z hlediska statické elektřiny).

Homo Sapiens ale trávil svůj život ve volné přírodě. Na nebi mraky nabitě obrovskými náboji, občas bouřka, vítr přenášející náboj ze stromu na strom, z písku do vody, z ebonitu na lišku atd. Není moc obtížné zjistit a dokázat, že vzduch ve volné přírodě obsahuje určitou koncentraci

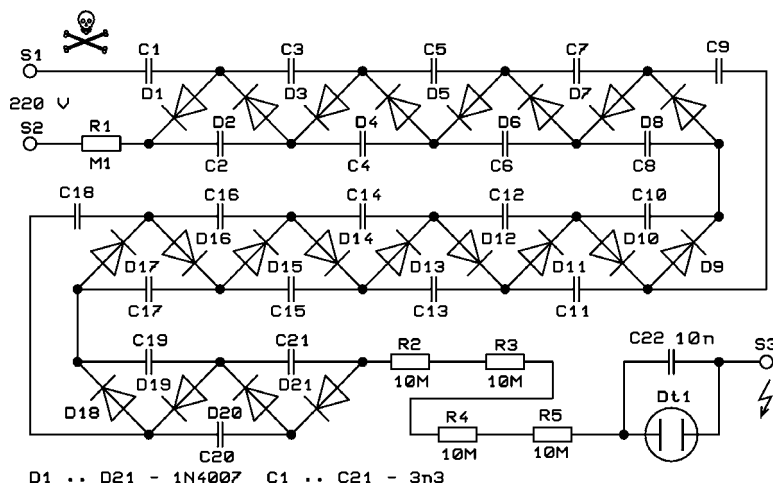
záporně nabitých částic. V naší Faradayově kleci jsme o tyto částice ochuzeni, ale někteří z nás (třeba všichni čtenáři KTE magazínu) mají možnost se o ně postarat s pomocí jednoduchého ionizátoru.

Zájemce o podrobnější vysvětlení problematiky atmosférické elektřiny odkazují na článek **Atmosférická elektřina a živé organismy** [2], založený na vědecké práci, mnoha praktických zkušenostech a obsahující i výsledky testů, ověřujících blahodárné účinky ionizátorů na lidský organismus.

## Popis zapojení

Princip ionizátoru je velice jednoduchý – je to zdroj vysokého napětí

zakořeněný ostrým hrotem, ze kterého vyletuje řádově bilion elektronů za sekundu. Schema zapojení je na obr. 1. Jedná se o kaskádní Delonův násobič, který svými 21 stupni vyrobí ze střídavého síťového napětí 21násobek amplitudy – tedy naprázdno asi 6500 V. (Toto napětí je mezi výstupem násobiče a vstupem. Vzhledem k relativně malému napětí mezi vstupními svorkami není podstatné, na kterou ze vstupních svorek připojíme fázový vodič.) Nulový vodič síťového rozvodu je vodivě spojen např. s vodovodním potrubím a je tudíž na stejném potenciálu jako náš dům a zbytek zeměkoule, o které předpokládáme, že nese stejně velký kladný i záporný elektrický náboj. Hustota elektronů na hrotu je proto tak velká,



Obr. 1 – Schema zapojení ionizátoru

že opouští hrot vzduchem, což je pro ně za jiných okolností cesta značně neschůdná. Tímto způsobem jsme elektrony donutili dostat se do vzduchu, kde se již dále pohybují podle sil na ně působících dle přírodních zákonů a nachytávají se na molekuly vzduchu a na ostatní částice ve vzduchu obsažené – vytvářejí záporné ionty.

Princip Delonova kaskádního násobiče je následující. Při kladné půlvlně na svorce S2 se otevře dioda D1 a C1 se nabije na hodnotu amplitudy vstupního napětí (asi 310 V). Při opačné půlvlně se otevře D2 a C2 se nabije na amplitudu plus napětí na C1 (z předchozí půlvlny) tedy 620 V. Při další půlvlně se otevře D3 a C3 se nabije na amplitudu plus napětí na C2 mínus napětí na C1, celkem opět 620 V. Takto můžeme pokračovat až do konce kaskády a zjistíme, že na všech kondenzátorech C2 až C21 je 620 V. Tyto kondenzátory jsou zapojeny v sérii, na konci kaskády je tedy součet těchto napětí. Rezistor R1 na vstupu omezuje proudové špičky při případném zkratu v násobiči, na normální funkci násobiče nemá žádný vliv.

Paralelní kombinace doutnavky D11 a kondenzátoru C22 na výstupu ionizátoru plní funkci přibližného měřiče výstupního proudu a tím i ionizačního výkonu. Kondenzátor se výstupním proudem nabíjí, při dosažení zápalného napětí doutnavka blikne a napětí klesne na úroveň zhášecího napětí. Tento cyklus se stále opakuje a z kmitočtu blikání doutnavky můžeme vypočítat proud podle vzorce

$$I = \Delta U \cdot C \cdot f,$$

kde  $\Delta U$  je rozdíl mezi zápalným a zhášecím napětím doutnavky, C kapacita kondenzátoru C22 a  $f$  kmitočet blikání. Doutnavky použité ve zkušebních vzorcích měly  $\Delta U$  mezi 14 a 15 V, kapacita C22 je 6,8 nF. V tomto případě tedy můžeme výstupní proud v mikroampérech přibližně spočítat podle vztahu

$$I = 0,1 \cdot f.$$

Počet elektronů, které vyletí z hrotu za sekundu, dostaneme vydělením proudu nábojem elektronu  $1,6 \cdot 10^{-19}$  C, takže pro tento případ počet elektronů za sekundu je roven  $0,625 \cdot 10^{12} \cdot f$ .



Rezistory R2 až R5 omezují výstupní proud násobiče při náhodném dotyku např. rukou. Násobič je sice sám o sobě příliš měkký na to, aby ohrozil zdraví člověka, ale náboj nahromaděný v kondenzátorech (přibližně 2  $\mu$ C) již může způsobit citelné škuhnutí ve svalech. Podobné mikroskoky znají dobře majitelé dlouhých vlasů nebo svetrů z umělých vláken. Díky sériové kombinaci R2 až R5 (celkem 40 M $\Omega$ ) je jakýkoliv kontakt s hrotem ionizátoru z elektrického hlediska naprosto neškodný, protože proudová špička může dosáhnout hodnoty maximálně 0,16 mA. Přitom úbytek napětí na odporu 40 M $\Omega$  v normálním stavu při proudu např. 0,1  $\mu$ A je pouze 4 V.

Jedinou možností, jak si *na vlastní kůži* ověřit, že napětí na hrotu je skutečně vysoké, je nabít sám sebe na napětí hrotu a náboj tohoto kondenzátoru (tvořeného tělem člověka a podlahou) náraz vybití dotykem s uzemněným předmětem. Při tom je přirozeně nutné být dobře odizolován od země, např. gumovou podrážkou nebo povrchem podlahy z PVC – tzn. tvořit jakostní kondenzátor s co nejmenším svodem.

Při těchto experimentech je zajímavé pozorovat vliv vlastního elektrického potenciálu na proud hrotu. Pokud jsme dobře odizolováni a při-

blížíme-li dlaň před hrot ionizátoru, kmitočet blikání doutnavky nejdříve vzroste, protože dlaň na nulovém potenciálu zvýší intenzitu elektrického pole před hrotem a odčerpává elektrony z blízkosti hrotu. Postupným nabíjením ale vzrůstá potenciál našeho těla, elektrické pole před hrotem slábne a nakonec má dlaň opačný účinek, než na začátku a doutnavka bliká pomaleji, než za normálního stavu. Pokud přiblížíme dlaň před hrot a druhou rukou se „uzemňujeme“, kmitočet blikání doutnavky vzroste a následuje jen malý pokles, způsobený částečným vybitím kondenzátorů násobiče, tedy měkkostí zdroje.

## Konstrukce přístroje

Plán rozmístění součástek na plošném spoji je na obr. 2. Celá konstrukce je velmi stísněná, při pájení dáváme dobrý pozor na možné zkraty mezi pájenými ploškami. Při připojování k síti je třeba mít stále na paměti, že pracujeme s nebezpečným napětím. Bylo by velice nebezpečné podlehnout klamnému dojmu, že 220 V na vstupu je k smíchu v porovnání s 6 kV na výstupu. Měkkých 6 kV ani neucítíme, zatímco tvrdých 220 V může člověka spolehlivě usmrtit. Při návrhu mechanické konstrukce je třeba dbát všech bezpečnostních předpisů a zároveň musí být přístroj schopen odolat i takovým nepříznivým vlivům jako je lidská



hloupost či nešikovnost. Je vhodné např. umístit plošný spoj do pevné plastové trubky, resp. tuby, se síťovou šňůrou dobře zajištěnou proti vytrhnutí a s hrotem v podobě několik centimetrů dlouhého tenkého drátku vyčnívajícím ze zátky na opačném konci trubky. Takovéto provedení je vhodné zejména chceme-li ionizátor zavěsit u stropu hrotem dolů. Pokud hodláme znemožnit jakýkoliv kontakt s hrotem, musíme

a) umožnit proudění vzduchu okolo hrotu,

b) nechat v co největším úhlu před hrotem volný prostor.

Předměty před hrotem nepříznivě ovlivňují vyzařování elektronů z hrotu. Podle [1] je velmi důležité, jak je hrot ostrý, pro zvýšení výkonu se doporučuje ostrý hrot např. z ocelové jehly ještě přibrousit a přeleštit.

## Zkušenosti s provozem

Vyrobené vzorky ionizátorů byly opatřeny hroty z tenkých drátků:

a) CuS 0,15 mm,

b) drátkem z omotávky kytarové struny G 0,022".

V obou případech pracoval hrot spolehlivě, s proudem cca 0,05  $\mu$ A, zvyšovat výkon nebylo zapotřebí. Drátek má tu výhodu, že po delší době provozu, je-li hrot znečištěn, nemusíme nic montovat a brousit, stačí 1 mm drátku odštípnout a na špičce drátku máme ostrý hrot z čistého kovu. Kromě blikající doutnavky se můžeme o funkci přesvědčit např. přiblížením ruky ze strany k drátku. Elektrostatické přitažlivé síly ohýbají drátek viditelně směrem k ruce a při vzdálenosti pod 1 mm přeskakují mezi drátkem a rukou jiskry. Také lze ve tmě vidět na hrotu pouhým okem malý světelný bod - koronu, která se při přiblížení dlaně před hrot díky většímu proudu stane viditelnější.

Při nevhodném zakrytí hrotu mohou vznikat vlivem ionizace ve vzduchu oxidy dusíku, zdraví velmi škodlivé plyny. Dokonce ani oblíbený ozón, který také může vznikat na hrotu, není pro naše dýchací ústrojí tím pravým plynem. Můžeme ho ale využít právě ke kontrole správné funkce hrotu, protože vůni ozónu každý

snadno rozpozná. Pokud je v blízkosti hrotu (10 cm) ozón cítit, není hrot v pořádku.

V blízkosti ionizátoru, v prostoru s vysokou koncentrací iontů, dochází ke zvýšenému usazování nečistot na povrchu předmětů. Záporně nabitě prachové částice jsou přitahovány ke zdem a ostatním předmětům na nulovém potenciálu. Ionizátor nám vlastně plní funkci miniaturního elektrostatischeho odlučovače prachu. Pokud nemůžeme ionizátor umístit v dostatečné vzdálenosti od okolních předmětů, je alespoň vhodné exponovaná místa pokrýt snadno omyvatelným nebo odstranitelným povrchem. Tento nepříjemný jev se nejvýrazněji projevuje v místech se silně znečištěným ovzduším, v zakouřených místnostech apod. Vždy je ale vhodné uvědomit si, že je lepší mít tutéž špinu na ubrusu než na plících.

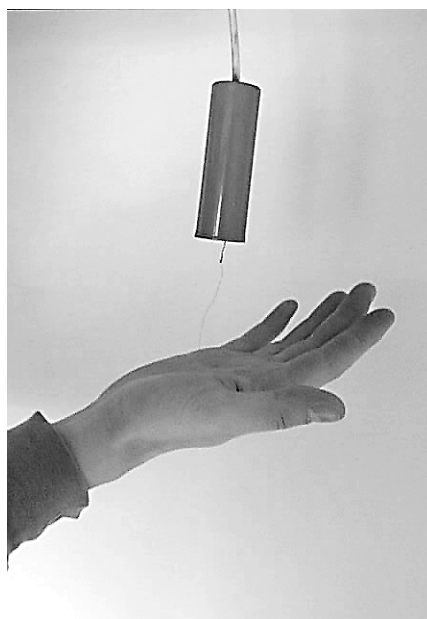
## Literatura:

[1] *Amatérské radio A6/79*

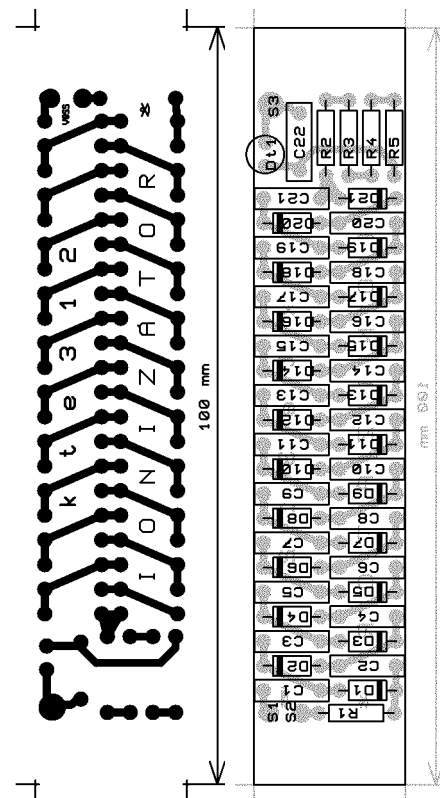
MUDr. H.Tichá: Připomínky k článku „Cukřenka s dobrou náladou“ z AR-A č. 3/1979

[2] *Amatérské radio A5/80*

MUDr. H.Tichá, Ing. M.Tichý: Atmosférická elektřina a živé organismy



**Proud elektronů z hrotu je na dlaní cítit jako jemný chladný vánek**



**Obr. 2 – Obrazec plošných spojů a rozmístění součástek na desce**



**POZOR ! NEBEZPEČNÉ NAPĚTÍ**

## Seznam součástek

### Rezistory:

|          |     |
|----------|-----|
| R1       | M1  |
| R2 až R5 | 10M |

### Kondenzátory:

|           |         |
|-----------|---------|
| C1 až C21 | 3n3/630 |
| C22       | 6n8/400 |

### Diody:

|           |        |
|-----------|--------|
| D1 až D21 | 1N4007 |
|-----------|--------|

### Doutnavka:

|    |              |
|----|--------------|
| D1 | H-56512/30SB |
|----|--------------|

|             |        |
|-------------|--------|
| plošný spoj | kte312 |
|-------------|--------|

Cena sady součástek včetně desky s plošnými spoji je **160 Kč**.