

Obsah

Konstrukce

| | |
|--|---------|
| Napájecí zdroj 230V/5,2–9V/2,5A (č. 412)..... | str. 5 |
| Digitální hodiny (soutěž)..... | str. 6 |
| Domácí zesilovač (č. 413 – 418, 421)..... | str. 14 |
| Laboratorní zdroj 2x 30V/1A (č. 423)..... | str. 15 |
| Předzesilovač s plynulou regulací zesílení (č. 415)..... | str. 24 |

Vybrali jsme pro vás

| | |
|--|---------|
| Zajímavé IO v katalogu GM Electronic: 3. Řídicí obvody pro páskové a bodové indikátory napětí II..... | str. 10 |
|--|---------|

Teorie

| | |
|--|---------|
| Osciloskopy, 12. část..... | str. 25 |
| Počítačová simulace obvodů, 7. část..... | str. 30 |

Začínáme

| | |
|--|---------|
| Malá škola praktické elektroniky, 30.část..... | str. 33 |
|--|---------|

Představujeme

| | |
|---|---------|
| Indelec – ochrana před bleskem (3. část)..... | str. 38 |
|---|---------|

| | |
|---------------------------------|---------|
| Bezplatná soukromá inzerce..... | str. 42 |
|---------------------------------|---------|

Vážení čtenáři,

ještě jednou Vám připomínáme, že starší časopisy **ročníky 1994 až 1998 vybavujeme v naší redakci, pouze čísla z ročníku 1999 si můžete doobjednat také u společnosti SEND předplatné**. Toto ovšem neplatí pro zákazníky ze Slovenska, kteří si starší časopisy mohou zakoupit (objednat) u společnosti GM Electronic Slovakia v Bratislavě. Předplatné Vám zajistí tamtéž, nebo se můžete rozhodnout pro distribuční společnosti – Abopress nebo PNS Bratislava. “Univerzální” objednávací lístek zůstává na stranách 40/41, kde je upravena i objednávková “dopisnice”, na níž si vypíšete adresu zvoleného dodavatele našich časopisů.

Připravujeme ukončení soutěžního kola naší dlouhodobé soutěže konstruktérů ke konci června tak, jak jsme Vás předběžně informovali v minulém čísle. Výsledky vyhlásíme v čísle 7/99. Nicméně naše soutěž bude plynule pokračovat dalším soutěžním kolem, a proto Vás chceme povzbudit, abyste nadále promýšleli, jaké konstrukce byste nám mohli zaslat a do soutěže přihlásit. Pokud budete chtít nejprve konzultovat své záměry či jakékoli podrobnosti, obraťte se na nás – písemně, telefonicky či e-mailem.

Omlouváme se za případy, kdy se nám nepodaří uhlídat našeho redakčního šotka a do článků se vloudí chyba. Stalo se tak i v minulém čísle – v seznamu součástek stavebnice číslo 420 chybí C1 (100 n) a P2 (2k5 PT6V). Prosíme Vás v tomto ohledu o pochopení a o případné doplnění údajů v časopisu.

Vaše redakce

Rádio plus - KTE, magazín elektroniky

6/1999 • Vydává: **Rádio plus, s.r.o.** • Redakce: Šaldova 17, 186 00 Praha 8; tel.: 02/2481 8885, tel./zázn./fax: 02/2481 8886 • E-mail: rplus@login.cz • URL: www.spinet.cz/radioplus • Šéfredaktor: Jan Pěnkava • Technický redaktor: Martin Trojan • Odborné konzultace: Vít Olmr, e-mail: volmr@iol.cz • Sekretariát: Markéta Pelichová • Stálí spolupracovníci: Ing. Ladislav Havlík, CSc., Ing. Jan Humlhans, Ladislav Havlíček, Ing. Hynek Střelka, Jiří Kadlec, Ing. Ivan Kunc • Layout & DTP: redakce • Fotografie: redakce (není-li uvedeno jinak) - digitální fotoaparát Olympus 1400 Camedia • Elektronická schémata: program LSD 2000 • Plošné spoje: SPOJ- J & V Kohoutovi, Nosická 16, Praha 10, tel.: 02/781 3823, 472 8263 • HTML editor: HE!32 • Internet: SpiNet, a.s., Pod Smetankou 12, 190 00 Praha 9, tel.: 02/663 15727 • Obrazové doplňky: Task Force Clip Art, © New Vision Technologies Inc. • Osvět: Studio Winter, s.r.o., Wenzigova 11, Praha 2; tel.: 02/2492 0232, tel./fax: 02/2491 4621 • Tisk: Mír, a.s., Přátelství 986, 104 00 Praha 10, tel.: 02/709 5118.

© 1999 Copyright Rádio plus, s.r.o. Všechna práva vyhrazena. Přetiskování článků možno jen s písemným svolením vydavatele.

Cena jednoho výtisku 25 Kč, roční předplatné 240 Kč. Objednávky inzerce přijímá redakce. Za původnost a věcnou správnost příspěvku odpovídá autor. Nevyžádané příspěvky redakce nevrací. Za informace v inzertech a nabídce zboží odpovídá zadavatel. ISSN 1212-3730; MK ČR 6413. Rozšiřuje: ÚDT, a.s.; MEDIAPRINT KAPA PRESSEGGROSSO, s.r.o.; Transpress, s.r.o.; 7 RX. Objednávky do zahraničí vyřizuje: ÚDT, a.s., Hvozdňanská 5 - 7, 148 31 Praha 4. Distribuci na Slovensku zajišťuje: PNS Bratislava, Pribinova 25, Bratislava; PressMedia s.r.o., Liběšická 1709, 155 00 Praha 5. Předplatné: v ČR: SEND Předplatné s.r.o., P.S. 141, A. Staška 80, 140 00 Praha 4, tel.: 02/61006272 - č. 12, fax: 02/61006563, e-mail: send@send.cz, http://www.send.cz. V SR: GM Electronic Slovakia s.r.o., Budovatelská 27, 821 08 Bratislava, tel.: 07/5260439, fax: 07/5260120; Abopress, s.r.o., Radlinského 27, 811 07 Bratislava, tel.: 07/354961.

ComNet Prague '99

Další ročník veletrhu v oboru komunikačních a informačních technologií se uskutečnil v areálu Výstaviště Praha ve dnech 11. až 13. května. Pražská výstava patří do série akcí, které se každoročně pořádají v deseti zemích světa. Ve středoevropském kontextu se stala místem setkávání výrobců a dodavatelů, analytiků, uživatelů a správců podnikových sítí. Neodmyslitelnou součástí ComNetu je odborná konference. Byla věnována elektronickému businessu a uskutečnila se v hotelu Diplomat. Přední osobnosti českého internetu zde diskutovaly o problematice virtuálních obchodů včetně veškerých právních a technických aspektů elektronického obchodování. Konferenci pořádalo vydavatelství IDG Czechoslovakia ve spolupráci s pořadatelem veletrhu IDG World Expo. Zaujaly nás především expozice firem Sitel Praha a 2N spolu se Software602. Společnost Sitel představila kromě přenosových systémů a sítí také zajímavý

doplňek televizoru WebSurfer Pro, jehož součástí je např. bezšňůrová klávesnice s vestavěným ovladačem s funkcí myši, který umožňuje pohodlně využívat služby internetu, firmy 2N a Software602 pak po telefonní ústředně, představené na brněnském Invexu, komunikační systém Ateus-Omega, jehož součástí je právě ona pobočková ústředna, dále však i messaging server (správa faxů, e-mailů a hlasových schránek pro jednotlivé uživatele), který systém povyšuje na kompletní komunikační zařízení pro firmu.



Několik obrázků z veletrhu ComNet Praha '99

Reklamní plocha

ELEKTRA v Ústí splnila očekávání

Síť veletrhů ELEKTRA, pořádaných agenturou Omnis Expo, se rozšířila o Ústí nad Labem. Svou premiéru si zde odbyla ELEKTRA ve dnech 20. až 22. dubna a dá se říci že splnila svůj cíl – vytvořit základ tradice pořádání tohoto veletrhu v severočeské metropoli. Vyprodaná plocha ústeckého Domu kultury, 64 vystavovatelů a 1 500 návštěvníků – to jsou parametry charakterizující první ročník. Jak však uvedl vedoucí projektu Mgr. Petr Nasadil z Omnis Expo, nejde jen o pouhá čísla. Rozhodující je spokojenost vystavovatelů. „Podle prvních dojmů soudím, že většina vystavujících firem byla s organizací veletrhu spokojena. Je jen škoda, že návštěvnost nebyla vyšší, ale Elektra si ke „svým“ návštěvníkům v Ústí cestu teprve hledá. Oslovili jsme v tomto průmyslovém regionu všechny důležité firmy, instituce a odborníky, přesto nebyla účast dle našeho očekávání. Na druhé straně je potřeba říci, že ti, kdo na veletrh přišli, byli většinou odborníci s potřebnou pravomocí k jednání.“ O tom, že odborníci na ústecku nechybí, svědčil i zájem o doprovodný program.

Největší stánky ústecké Elektry nesly loga firem HENSEL a HAGER ELEKTRO, zaujaly i expozice tradičních firem jako např. METRA Blansko, OBO BETTERMANN nebo SCHNEIDER ELECTRIC. V oblasti osvětlovací techniky vynikala expozice hranické firmy ELEKTRO LUMEN, která sklízela, podobně jako firma MANAG z Neratovic, úspěch s výrobky určenými do rizikových prostředí. Sympatické bylo, že se na veletrhu neztratily ani menší firmy jako např. ILH Ostopovice, SELPO Broumy, EPOS PRO Pardubice, A-UNIMER z Jaroměře a řada dalších firem, které se na velkých akcích typu Amper těžko prosazují. Jak už se stává tradicí, i tentokrát se na veletrhu objevila sdružená expozice – pod hlavičkou velkoobchodu ELEKTROUNIVERSAL PLUS se prezentovalo dvanáct dodavatelských firem této společnosti.

„Velmi nadějně se rozvíjí spolupráce se zdejší Okresní hospodářskou komorou a Severočeskou energetikou, jejíž ředitel se veletrhu osobně zúčastnil. A právě tato perspektiva příští spolupráce spolu s mírou spokojenosti vystavovatelů rozhodla o tom, že veletrh ELEKTRA v Ústí nad Labem bude mít pokračování,“ dodal na závěr Mgr. Nasadil. □

Reklamní plocha

Napájecí zdroje

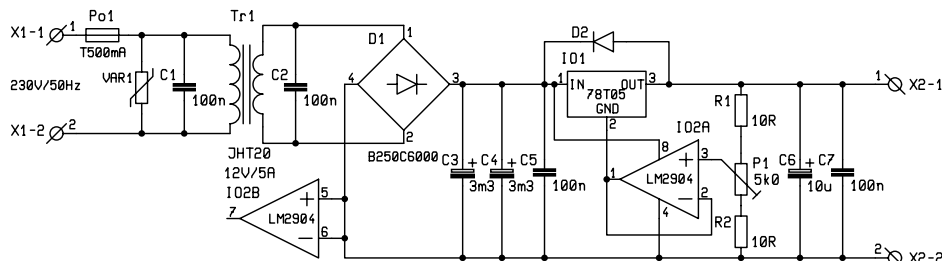
dokončení – stavebnice č. 412



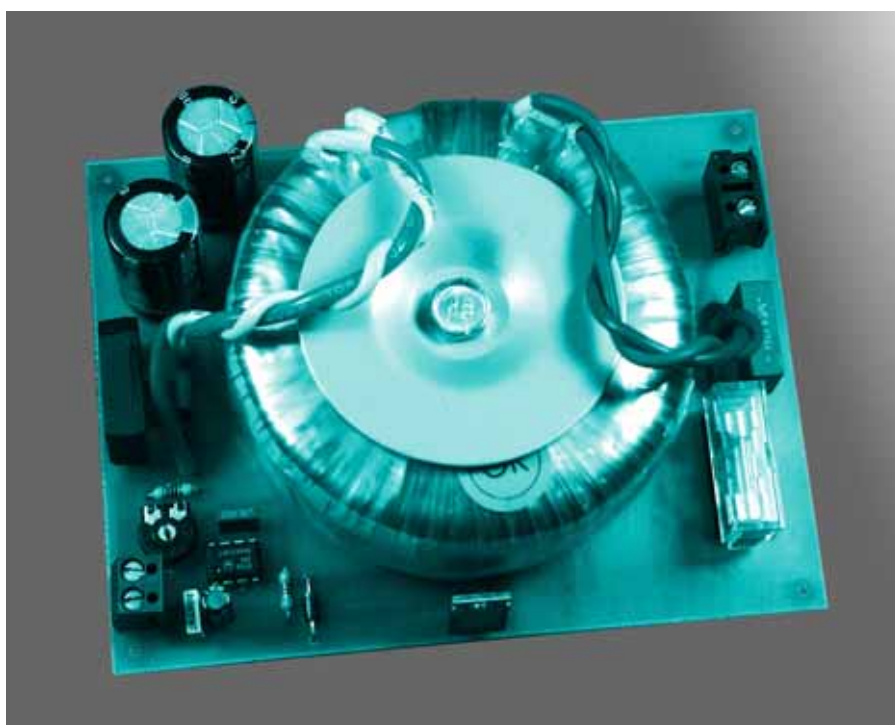
Pátá stavebnice z této série je stejnosměrný regulovatelný napájecí zdroj 230 V AC / 5,2 až 9 V DC s výstupním proudem až 3 A. Výstup zdroje lze nastavit v rozsahu 5,2 až 9 V trimrem P1, jak vidno na schématu.

Zapojení

Primární strana transformátoru je ošetřena pojistkou a varistorem, na sekundární straně je filtrační kondenzátor C2 a napětí je usměrněno diodovým můstkem D1. Filtrační člen za můstkem tvoří kondenzátory C3 až C5, stejnosměrné napětí je stabilizováno obvodem IO1, který je řízen operačním zesilovačem IO2. Dioda D2 chrání stabilizátor v případě,



Obr. 1 - Schéma zapojení stavebnice č. 412



zátor C1. Stejně jako u předešlých stavebnic dáváme pozor na izolační mezery. Pokračujeme osazením rezistorů R1 a R2, trimru P1, diod D1 a D2, kondenzátorů C2 až C7, integrovaného obvodu IO2 a šroubovacích svorek X1 a X2. Transformátor osadíme stejným způsobem jako u stavebnice KTE410 (proto také popis omezujeme na nutné minimum).

Stabilizátor je konstrukčně umístěn na okraji plošného spoje tak, aby byla možnost upevnit jej na chladič; není dodáván se stavebnicí. Stabilizátor musí být vždy chlazen.

Diodový můstek můžeme ponechat bez chlazení. Spoje sekundární strany pocínujeme.

Oživení provedeme tak, že za dodržení bezpečnostních podmínek (včetně vložené krytky na pojistkový držák) připojíme síťové napájení, na výstup připojíme voltmetr a trimrem P1 nastavíme požadované výstupní napětí. Následně provedeme kontrolu výstupního napětí při zatíženém zdroji.

Pokud by byl na vstupu následujícího zařízení filtrační kondenzátor velké kapacity. Mohlo by se totiž stát, že při vypnutí sítě by na výstupu bylo napětí vyšší než na vstupu, což by pro stabilizátor bylo nebezpečné.

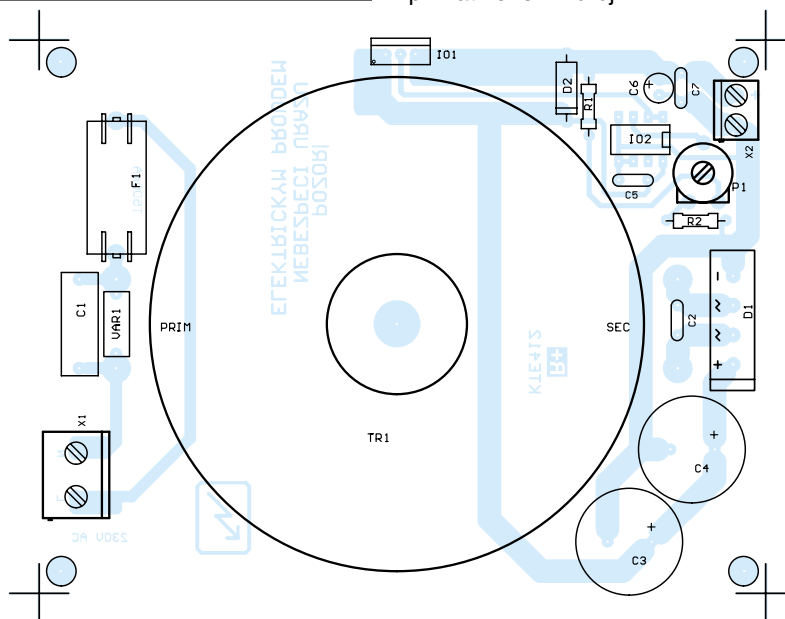
Rezistory R1 a R2 lze nahradit propojkami nebo jinými rezistory vhodných hodnot pro vymezení rozsahu regulace.

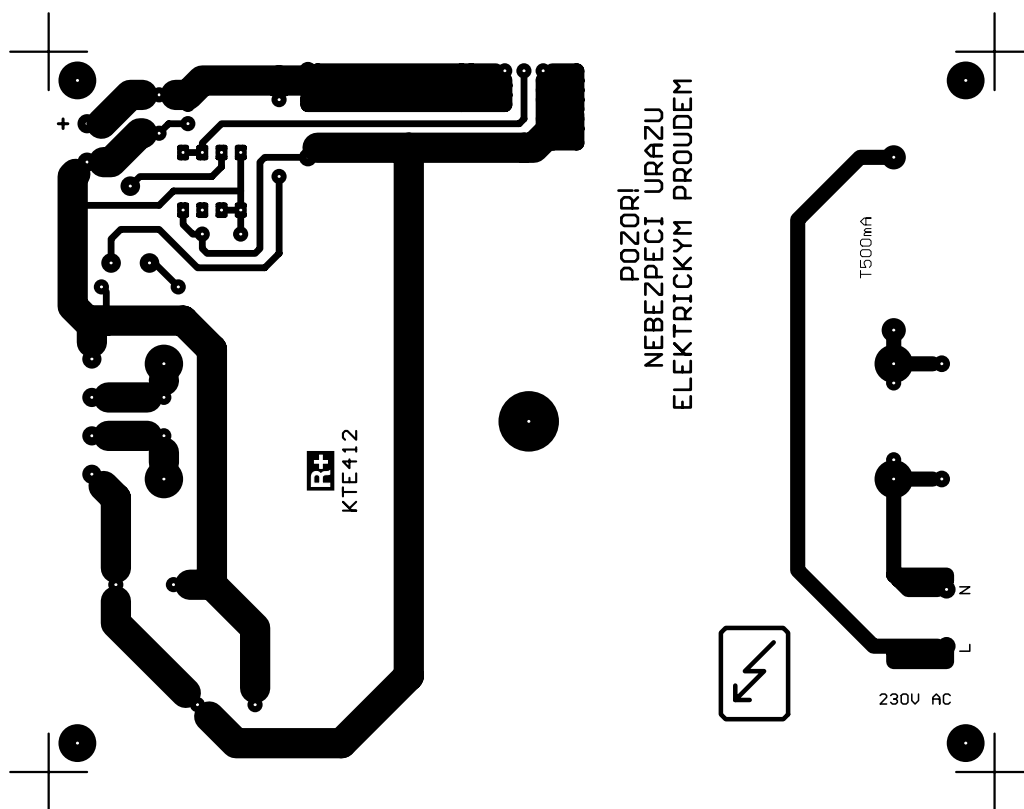
C6 a C7 jsou výstupní filtrační kondenzátory.

Stavba a oživení

Nahoře na obr. 2 je fotografie sestavené stavebnice, vpravo na obr. 3 je osazovací plán neboli rozmístění součástek a deska s plošnými spoji je na obr. 4 na další stránce.

Nejprve osadíme primární stranu – pojistkový držák F1, varistor a konden-





Obr. 4 - Plošné spoje č. 412

Seznam součástek

| | |
|----------------------------------|-------------------|
| R1, R2 | 10R |
| P1 | 5k PT10V |
| C1 | 100n CFAC |
| C2, C5, C7 | 100n CF2 |
| C3, C4 | 3300µ/25V |
| C6 | 10M/35V |
| D1 | B250C6000 (KBU6J) |
| D2 | 1N4007 |
| IO1 | 78T05 |
| IO2 | LM2904 |
| VAR1 | ERZC07DK391 |
| F1 | FST00.5 |
| TR1 | WLT060-12-1 |
| X1 | ARK110/2 |
| X2 | ARK210/2 |
| 1x KS20SW | |
| 1x KS20SW-H | |
| 1x deska s plošnými spoji KTE412 | |

Cena stavebnice stabilizovaného zdroje z naší série je 870 Kč. Objednat si ji můžete jako obvykle: tel./fax 02/24818886, písemně nebo e-mailem rplus@login.cz, případně prostřednictvím našich webovských stránek – již jsme je opět posunuli “směrem kupředu” a objednávání funguje.

Digitální hodiny

Ing. Václav Vacek a Ing. Jiří Vlček



Výrobek může najít uplatnění v každé domácnosti. Jedná se o hodiny se 4 místným displejem (hodiny, minuty), u kterých můžeme nastavit 2 vzájemně nezávislé časy buzení – výstup na piezoměnič nebo optotriak (možnost zapnout síťový spotřebič, např. rádio). Dále je můžeme využít k automatickému ovládní topení či jiných spotřebičů. Přístroj umí nastavit během dne dva časové intervaly sepnutí (termostat s denním programem, automatické zapnutí ráno před probuzením a odpoledne před příchodem ze zaměstnání).

Zapojení názorně ukazuje možnosti mikroprocesorové techniky. Ekvivalentní zapojení z klasických součástek by bylo ekonomicky nerealizovatelné, pro podobné účely se často používají zákaznické integrované obvody.

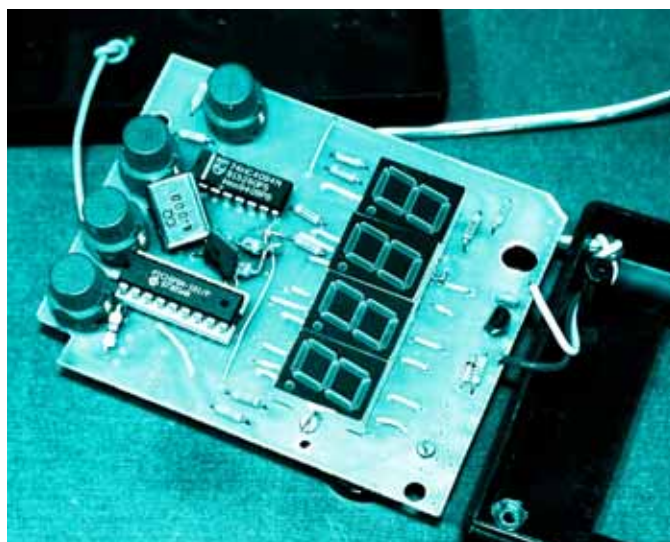
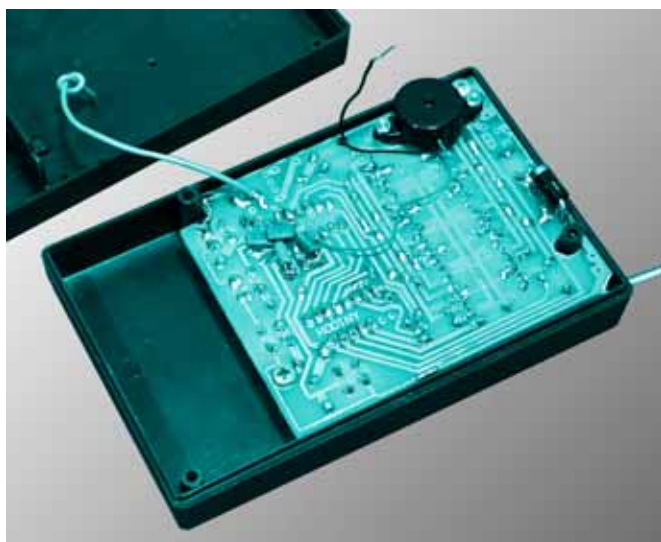
K naprogramování reálného času, časů zapnutí a vypnutí topení nám stačí 3 tlačítka (funkce, nastavení času). Další tlačítko potřebujeme pro vypnutí budíku. (Budík by bylo možné případně vypnout stisknutím kteréhokoli tlačítka, program by byl ale trochu složitější.) Zákmitky tlačítek ošetříme programem, ušetříme tak monostabilní klopné obvody. Použijeme-li obvod PIC16C84, máme k dispozici 9 – 11 vývodů pro ovládní 4 × 7 vývodů displeje. Aby bylo obvodové řešení jednoduché, bylo by možné zapojit displej v multiplexním provozu (7 vývodů paralelně na všechny číslice, 4 pro připojová-

ní napětí k jednotlivým číslicím). Každá číslice svítí čtvrtinu času, využívá se setrvačnosti lidského oka.

V našem zapojení jsme se rozhodli využít posuvný registr s paralelním výstupem dat a se střadačem (4094), do kterého posíláme data pro zobrazení číslic sériově. Data jsou platná při náběžné hraně hodinového impulsu. Přivedením úrovně H na vstup STL se data paralelně zapíše do střadače. Protože vstup OE je trvale v H, jsou data ihned přivedena na výstupy. Zobrazo-

vací jednotky jsou se společnou anodou. Použili jsme typ s nižší spotřebou, takže





k multiplexování můžeme použít přímo vývody mikroprocesoru (bez spínacích tranzistorů). Jako budík je použit piezoměnič, který můžeme připojit buď přímo mezi vývod 13 a zem (napětí 5 V), nebo pomocí tranzistoru zvýšit jeho napájecí napětí a tím i hlasitost.

Jako zdroj napětí je nejlepší použít síťový adaptor 9 – 12 V, pro jeho záloho-vání baterii 9 V, kterou přes R10 dobíjí trvale malý proud. Tím se prodlouží její životnost. Napětí +5 V vytváří monolitický stabilizátor napětí.

Při návrhu plošného spoje je výhodné si uvědomit, že k vývodům jednotli-

vých portů je možné připojovat vstupy a výstupy téměř libovolným způsobem. Pokud navrhne plošný spoj dříve než napíšeme program, můžeme schéma zapojení upravit tak, aby se jednotlivé spoje nekřížily. To samé platí o připojení displeje k jednotlivým vývodům posuvného registru. Potom nebude počet drátových propojek příliš velký, desku vyrobíme jednostrannou.

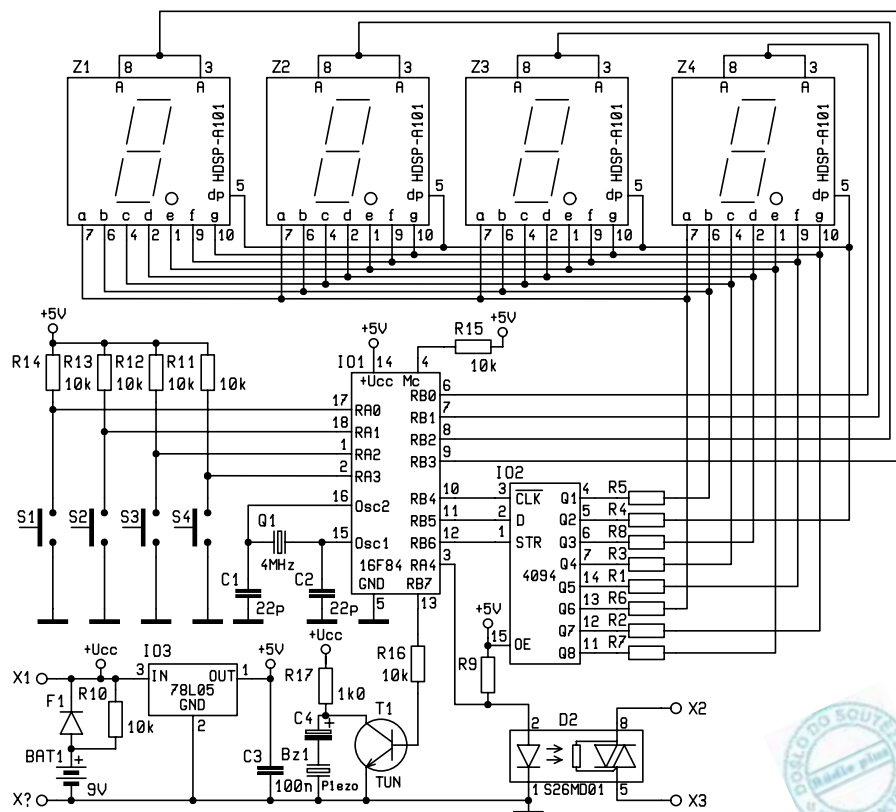
Deska s plošnými spoji je navržena tak, aby ji zvládli vyrobit a osadit i začátečníci. Spoje jsou dostatečně silné a nevedou mezi nožičkami integrovaných obvodů. Její rozměry jsou takové,

aby ji bylo možné umístit do krabičky KM 33 s vnitřními rozměry 114 × 69 × 25 mm, která má výřez pro displej a místo pro 9V baterii.

Kondenzátory C1 a C2 musí být připojeny krátkými spoji, jsou proto umístěny ze strany spojů. Z této strany je rovněž přišroubován piezoměnič. Při použití obvodu s T1 je rovněž nutné použít několik drátových propojek, místa pro něj bylo na desce již velmi málo.

Optotriak by z hlediska bezpečnosti bylo lepší umístit mimo tento přístroj do blízkosti spotřebiče, který bude spínat. Na desce je ale pro něj místo. Nižší uvedený typ může spínat proud maximálně 0,6 A (130 W), pro spínání větších proudů jej musíme doplnit dalším triakem nebo případně stykačem.

Desku doporučujeme ke krabičce připevnit dvěma šrouby (příslušné distanční sloupky zkrátit) a zbývající dva distanční sloupky použít pro připevnění zadního krytu (sloupky procházejí skrz desku s plošnými spoji, ve které pro ně musí být vyvrtány otvory Ø 5 mm.



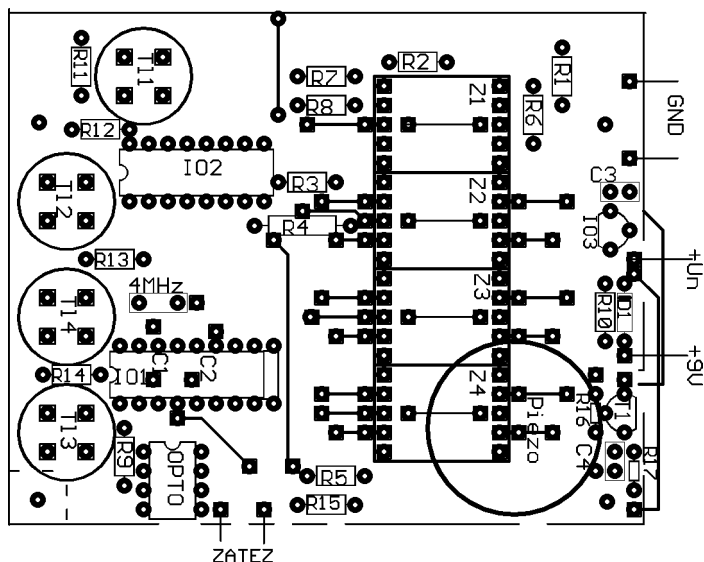
Obr. 1 - Schéma zapojení digitálních hodin

Seznam součástek

- R1 – R9 680 Ω
- R10 – R16 10 kΩ
- R17 1 kΩ
- C1, C2 22 pF
- C3 100 nF
- C4 10 μF
- IO1 (74HC)4094
- IO2 PIC 16F 84
- IO3 78L05
- T1 KC238 (libovolný NPN)
- Z1 – Z4 HDSP-H111
- krystal 4 MHz
- optotriak S26MD01

Nastavení hodin

Po zapnutí se objeví na displeji 00 00. Po stisknutí T1 2 (funkce) se na displeji objeví nápis "čas". Dalším stisknutím



Obr. 2 - Rozložení součástek digitálních hodin

tohoto tlačítka se rozblíká jednotky a desítky hodin, které nastavíme pomocí $T1_3$ (nahoru) a $T1_4$ (dolů). Po dalším stisknutí $T1_2$ se rozblíká jednotky a desítky minut, nastavíme je zase pomocí $T1_3$ a $T1_4$. Posledním stisknutím $T1_2$ nastavený údaj potvrdíme. Začne blikat desetinná tečka mezi desítkami minut a jednotkami hodin, displej ukazuje reálný čas.

Držíme-li zmáčknuté $T1_2$, můžeme pomocí $T1_3$ a $T1_4$ nastavit další časy - budík 1,2, topení 1 (první čas zapnutí), topení 2 (první čas vypnutí), topení 3 (druhý čas zapnutí), topení 4 (druhý čas vypnutí). K automatickému zapnutí a vypnutí topení může dojít pouze v nastaveném čase, nikoli uprostřed intervalu (aby program nebyl příliš složitý). K ručnímu ovládání topení stačí držet $T1_1$ a současným stisknutím $T1_3$ topení zapnout nebo stisknutím $T1_4$ vypnout.

Budík je možné vypnout tlačítkem $T1_1$. Pokud tak neučiníme, je v chodu půl

klidu kláves TmrWait. Tlačítko $T1_1$ můžeme rovněž využít pro návrat z režimu nastavení funkce (ESC).

Nastavené časy budík 1, 2 a topení 1 – 4 jsou uchovány v paměti EEPROM i po vypnutí napájecího napětí.

Přesnost hodin je dána tolerancí kmitočtu krystalu. Jejich případnou korekci nelze provést úpravou programu, ale pouze změnou kmitočtu oscilátoru. Pro zvýšení kmitočtu se do série s krystalem musí zapojit kondenzátor malé kapacity (jednotky pikofarádů). Pro jeho snížení musí být v sérii s krystalem cívka řádově $1\mu\text{H}$. Jinak by se hodiny mohly předbíhat nebo zpoždovat až o 4 minuty denně. Přesné nastavení si vyžádá asi několik pokusů.

Zobrazení znaků displeje

Chceme-li zobrazit např. číslo 3, musíme rozsvítit segmenty a, b, c, d, g přivedením úrovně log.0 na výstupy Q_1, Q_3, Q_4, Q_5, Q_6 . Na ostatních výstupech musí

být úroveň log.1. To odpovídá číslu 10010010 = 92H, které musíme bit po bitu poslat na vstup D (nejvyšší bit přijde do Q_8).

V hlavním programu je v bloku ProcDisp nejprve příslušná proměnná (DipDesHod, ... DispJedMin) uložena do střadače W.

Podprogramem TrfZnak se tento znak prepíše do vnitřní paměti IO_2 .

V tomto podprogramu je vnořen podprogram TabZnak, který podle hodnoty

registru W vytvoří tento znak - číslo odpovídající příslušné proměnné v hlavním programu. K hodnotě registru PC přičteme pomocí instrukce ADDWF proměnnou z registru W. Je-li např. $W = 3$, skočí program o 3 instrukce kupředu na instrukci RETLW 092H. Provedením této instrukce (návrat z podprogramu) se střadač W zaplní připravenou konstantou 92H a provede se návrat do podprogramu TrfZnak.

Toto číslo je v něm převedeno do pomocného registru Mem instrukcí MOVWF Mem a pomocí instrukce RLF MemF rotována vlevo přes bit C stavového registru. Protože tento bit nelze přímo přivést na port B5 a do datového vstupu IO_2 , jsou použity následující instrukce:

BTFCS STATUS,C Pro $C = 0$ je následující instrukce pøeskočena

BSF PORT B5 Pokud je bit C v log. 1, tato úroveň se zapíše na datový vstup IO_2 .

BSF PORT B4 Na hodinový vstup IO_2 se zapíše log.1 - zápisový impuls. Pokud byla pøedchozí instrukce pøeskočena, na datový vstup IO_2 se zapíše 0.

Takto se pomocí Z cykl zapíše všech 8 bitů.

Přepis znaku na výstup IO_2 z jeho vnitřní paměti se provádí na jiném místě programu (když je to vhodné) pomocí následujících instrukcí:

BSF PORT B6 Na vstup STROBE IO_2 log.1 - pøenos dat

BSF PORT B3 (B2, B1, B0) Rozsvícení pøislušného znaku pøivedením úrovně log. 1 na společnou anodu

BCF PORT B6 Ukončení zápisu, 0 na port B6

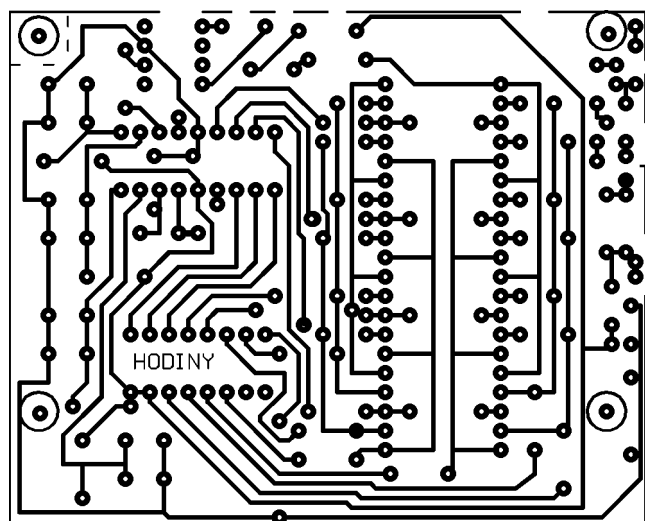
Činnost programu

Vzhledem k nedostatku místa v časopise není možné uveřejnit kompletní výpis programu. Domníváme se, že by nebyl zajímavý pro všechny čtenáře. Zájemce odkazujeme na naši publikaci **Praktické aplikace procesoru PIC**, která v nejbližší době vyjde. V ní čtenář rovněž najde základy mikroprocesorové techniky a popis instrukčního souboru procesoru PIC 16C84.

Zde chceme uveřejnit pouze důležité části programu, které jsou okomentovány. Doufáme, že tak každý zájemce získá představu o způsobu programování procesorů PIC.

Na začátku každého programu musí být inicializace proměnných. To znamená jejich nastavení na počáteční hodnoty (nejčastěji vynulování). Po zapnutí procesoru je totiž obsah většiny registrů nastaven náhodně.

Kmitočet krystalu 4 MHz je nejprve v oscilátoru vydělen 4 a potom přiveden do předděličky, která jej vydělí 64 krát. Dále je dělen $255 - 131 = 124$ krát. Tato hodnota je programem nastavena (viz. RTCC, reg. OPTION). Výstup předděličky generuje každých 8 ms impuls přerušeni, který je v hlavní smyčce programu počítán.



Obr. 3 - Destička s plošnými spoji

Po napačítání 125 impulzů se v programu započte 1 s. Po započtení 59 s je započtena do proměnné JedMin 1 minuta a je vynulováno počítadlo sekund. Po uplynutí 59 minut 59 s je následujícím impulsem započtena 1 hodina do proměnné JedHod a vynulováno počítadlo sekund a minut. Stejným způsobem jsou započteny i do proměnné DesHod desítky hodin. Pouze po 20 hodině musí být v programu změna, po započtení 23 hod 59 min a 59 s musí dojít k vynulování všech výše uvedených proměnných.

V každém cyklu je testován reálný čas jestli se náhodou neshoduje s některým z přednastavených časů (budík1 = B1DesHod,...B1JedMin, budík 2 = B2..., top. 1, 2, 3, 4). Pokud ano, provede se obsluha příslušné funkce (zapnutí budíku, zapnutí nebo vypnutí topení). Dále program testuje stisknutí kláves.

Hodnoty z proměnných JedMin, ...DesHod se v určitém okamžiku (MainTime) zapíší do proměnných displeje DispJedMin,... DispJedHod (aktualizace zobrazovaných hodnot). Pokud je stisknuto tlačítko funkce, program vyskočí z hlavní smyčky a přejde do režimu nastavení.

V bloku Set time, Set B1,...Set T 4 se nejprve na displeji nastaví příslušný nápis „cas, bud1,...“ Nyní nastavené hodnoty (např.B1JedMin) přejdou do pomocných proměnných (PomJedMin), aby je bylo v bloku ProcDisp možné zobrazit.

V bloku MakeSet, který je společný pro nastavování všech proměnných, jsou dva podprogramy IncNum a DecNum. Jejich prostřednictvím se pomocné proměnné (PomJedMin,...) zvětší nebo zmenší při stisknutí tlačítka TI₃ (nahoru) a TI₄ (dolů).

V bloku MakeTimeSet (MakeSetB1,...MakeSet4) jsou nové hodnoty z pomocných proměnných uloženy do proměnných JedMin,...B1JedMin, ..., zobrazeny na displeji, případně podprogramem WriteEpr uloženy do paměti.

Celý program by bylo prakticky nemožné znázornit jedním vývojovým diagramem. Pro jeho pochopení si raději představme, že se skládá z několika funkčních bloků, které řídí „správce programu.“ Tvoří jej funkční bloky ProcSet a Mproc. Ty získávají pomocí proměnných TypeSet a ProcOn informace o stavu přístroje (jestli bylo stisknuto tlačítko a jaké, jaká hodnota se právě nastavuje). Podle jejích hodnot se přepínají různé funkční bloky programu.

Nyní se seznámíme se základními operacemi, které v něm jsou použity.

Naplnění registru konstantou

MOVLW 24 (číslo 24 se uloží do akumulátoru)
 MOVWF cnt (obsah aku. se uloží do proměnné cnt)
 Instrukční soubor neumožňuje naplnit libovolného registru konstantou nebo přenos dat mezi dvěma libovolnými

mi registry. Za tím účelem musíme používat akumulátor W.
 Převod dat z jednoho registru do druhého

MOV F A, W (proměnná A do W)

MOVWF B (obsah akumulátoru do proměnné B)

Porovnání dvou čísel, větvení programu

MOV F A (hodnota proměnné A se uloží do registru W)

SUBWF B,W (od hodnoty proměnné B se odečte obsah registru W)

BTFSS STATUS,Z (předchozí operace nastavila bit Z (zero) registru STATUS do nuly, pokud B = W, čili A = B. Touto

instrukcí je bit Z testován. Je-li Z = 1, bude přeskožena následující instrukce a program pokračuje dále

GOTO návěští Pro Z = 0 program skočí na jiné místo označené návěští

Chceme-li zjistit, zda A (B, testujeme místo bitu Z bit C.

Podobným způsobem využíváme i příkaz BTFCS. K přeskožení následující instrukce dojde, je-li testovaný bit roven 1.

Test stisknutího tlačítka

BTFSS PORT A,0 (Je-li stisknuto tlačítko připojené mezi vývod portu A0 a zem, bude provedena instrukce A, jinak bude provedena instrukce B

PŘÍKAZ A

PŘÍKAZ B

Cykly slouží pro zápis sledu instrukcí, které se několikrát opakují. Program obsahuje proměnnou cnt, do které vložíme počet opakování cyklů (např. 8).

MOVLW 08H

MOVWF cnt

CYKL Instrukce uvnitř cyklu

DECFSZ cnt, F (Od proměnné cnt je odečtena jednička. Pokud je cnt = 0, následující instrukce se přeskočí a program dále pokračuje.

GOTO CYKL (Návrat k opakování cyklu)

Po definici proměnných následuje hlavní program.

Z paměti EEPROM je nutné po připojení napájecího napětí přečíst uložená data a uložit je v paměti RAM (ve výše definovaných proměnných B1DesHod, ...T4JedMin). To řešíme pomocí cyklu. Jeho parametrem je proměnná cnt, do které na začátku uložíme č. 24.

MainInit MOVLW 24 ; 24 cykly čtení EEPROM
 MOVWF cnt

Do registru FSR vložíme adresu místa v paměti, kde inicializace začne. Registr FSR nám bude sloužit k nepřímo adresování. To znamená, že nám bude udávat adresu registru, s kterým budeme pracovat.

MOVLW T4JedMin; offset ram dat, převod dat se vdy provádí přes registr W

MOVWF FSR

InitEpr MOVF cnt,W ; adresa EEPROM, ze které se data budou číst se nastaví

parametrem cnt, začátek cyklu

MOVWF EEADR ; jeho hodnota se uloží do registru EEADR

DEC F EEADR ; v každém cyklu se jeho obsah zmenší o jednu

BSF STATUS,RP0 ; nastaví se bit RP0 registru STATUS do 1, musíme nastavit přetížení z EEPROM

BSF EECON1,RD ; start čtení EEPROM

BCF STATUS,RP0 ; nastavení bitu RP0 v registru STATUS do nuly, banka 0, nutné pro zápis dat

MOV F EEDATA,W ; přenos dat do paměti RAM přes pomocný registr INDF, jeho adresu nám udává obsah registru FSR

MOVWF INDF

DEC F FSR ; FSF = FSR - 1 posun ukazatele na další paměťové místo

DECFSZ cnt,F ; cnt = cnt - 1, počítání počtu cyklů, pro cnt = 0 přeskožení

následující instrukce, ukončení cyklu

GOTO InitEpr ; skok na začátek cyklu

Ve výše uvedeném cyklu se nám měnily současně dvě proměnné. Cnt vybírala data z EEPROM, hodnota FSR zajišťovala jejich ukládání do RAM.

Dále následuje nulování (případně nastavení) všech potřebných proměnných, jejich uvedení do počátečního stavu.

Následující procedura vytvoří sedmi-segmentové vyjádření znaku pro displej

TabZnak ADDWF PCL ; přičtení offsetu znaku, obsah registru W se přičte k obsahu řádku instrukcí, tím dojde ke skoku na jednu z níže uvedených instrukcí, vybere se správný znak RETLW 42H ; návrat z podprogramu, v registru W zůstane číslo 42H (znak 0)

Další dva bloky slouží jako správce programu a přepínají jeho jednotlivé činnosti. Podle hodnot TypeSet a TypeMenu nastavených v jiných částech programu se zde zajistí skok na odpovídající návěští.

Bude-li mít např. proměnná TypeMenu nastavenou hodnotu 3, toto číslo se uloží do W a přičte se PC. Jeho hodnota se zvětší o 3+1 a program začne pracovat na návěští Set B2. □

Doporučujeme vaši pozornost publikaci **Praktické aplikace procesoru PIC**, která v nejbližší době bude k dispozici v síti prodejce BEN – technická literatura. Obsahuje podrobný popis programování, který nebylo možné publikovat v našem časopise.



Ceník:

| | |
|---|--------|
| Plošný spoj | 55 Kč |
| Sada součástek vč. naprogramovaného procesoru | 690 Kč |
| Programátor paměti s programem | 990 Kč |

Zboží zasílám na dobírku (cena + poštovné), nejsem plátcem DPH.

Adresa: Ing. Jiří Vlček, Tehov 122, 251 01 Říčany u Prahy

Prodej plošných spojů, stavebnic a vlastních publikací: Postavte si zesilovač, Doplnky ní zesilovače, Konstrukční návody, Kurz základů elektroniky, Základní el. obvody a zařízení, Aplikace moderních IO, Zapojení s analogovými obvody, Vlastnosti a užití CMOS obvodů, Elektronická měření, Aplikovaná elektronika, Elektronika pro hudebníky, Praktické použití procesoru PIC.

Publikace též v prodejnách nakladatelství BEN – technická literatura

Zajímavé integrované obvody v katalogu GM

Ing. Jan Humlhans

4. Řídící obvody pro páskové a bodové indikátory napětí II

V minulé části [1] byla poměrně podrobně probrána funkce prvního z členů "rodiny" integrovaných obvodů tvořené součástkami LM3914/15/16. Druhé dva se od LM3914 liší prakticky jen tím, že poloha svítícího bodu či délka pásku nezávisí na vstupním napětí lineárně (přímo úměrně), ale logaritmičticky. U LM3915, který je určen pro rozsah 30 dB, je krok, s nímž dochází ke změně, vždy 3 dB. Vytvořením kaskády lze rozsah rozšířit na 60 dB, nebo až 90 dB. LM3916 má rozsah -20 dB až +3 dB s částmi s krokem 1 dB, 2 dB, 3 dB a 10 dB. Kaskádou lze sestavit displej pokrývající rozsah 70 dB.

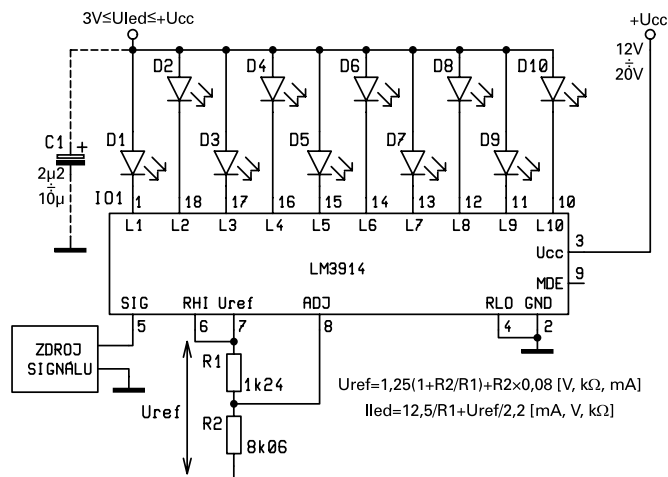
Indikátory vytvořené na základě těchto řídicích obvodů se hodí k zobrazení úrovně signálů s velkým dynamickým rozsahem, jakými jsou např. v případě tzv. VU metrů (indikátory úrovně signálu zaznamenávaného na magnetofon) signály nízkofrekvenční nebo u měřičů síly pole vysokofrekvenční. Náhrada

| Parametr | Podmínky (Pozn. 1) | Min. | Typ. | Max. | Jednotka |
|--|----------------------------|------|------|-------|----------|
| DĚLIČ NAPĚTÍ | | | | | |
| Odpor děliče | Celkový, mezi vývody 6 a 4 | 16 | 22 | 36 | kΩ |
| Přesnost (změna vstupu dvěma sousedními hladinami) | Pozn. 2 | 2 | 3 | 4 | dB |
| Přesnost prahových úrovní | Pozn. 2 | | | | |
| | $U_N = -3, -6$ dB | -0,5 | | +0,5 | dB |
| | $U_N = -9$ dB | -0,5 | | +0,65 | dB |
| | $U_N = -12, -15, -18$ dB | -0,5 | | +1,0 | dB |
| | $U_N = -21, -24, -27$ dB | -0,5 | | +1,5 | dB |

klasických ručkových měřidel v těchto, ale i jiných přístrojích přináší vedle rychlé odezvy na změny, lepší viditelnosti a čitelnosti a tím i snazší interpretace údaje, i mechanickou odolnost.

Blokové funkční schéma, základní vlastnosti, pouzdro, mezní hodnoty a elektrické parametry odpovídají, mimo těch, které bezprostředně souvisí s interním děličem z něhož jsou řízeny komparátory ovládající spínače indikačních diod, obvodu LM3914, který byl popsán v minulém pokračování [1]. Proto se

| Dioda | dB | Min. | Typ. | Max. | Dioda | dB | Min. | Typ. | Max. |
|-------|-----|-------|-------|-------|-------|-----|-------|-------|--------|
| | | V | | | | | V | | |
| 1 | -27 | 0,422 | 0,447 | 0,531 | 6 | -12 | 2,372 | 2,512 | 2,819 |
| 2 | -24 | 0,596 | 0,631 | 0,750 | 7 | -9 | 3,350 | 3,548 | 3,825 |
| 3 | -21 | 0,841 | 0,891 | 1,059 | 8 | -6 | 4,732 | 5,012 | 5,309 |
| 4 | -18 | 1,189 | 1,259 | 1,413 | 9 | -3 | 6,683 | 7,079 | 7,498 |
| 5 | -15 | 1,679 | 1,778 | 1,995 | 10 | 0 | 9,985 | 10 | 10,015 |



Obr. 1 – Zapojení typické aplikace logaritmičtý indikátor pro napětí 0 až 10 V

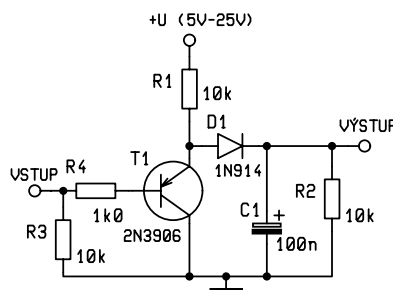
Pozn. 1: Kondenzátor C1 se použije, je-li přívod ke zdroji napájecímu svítivé diody delší než 15 cm

Pozn.:2: V uvedeném zapojení je zobrazení bodové, pro páskové je třeba spojit vývody 9 a 3. Přitom musí být $V_{LED} < 7$ V nebo použit srážecí rezistor

tentokrát, kdy bude předmětem našeho zájmu LM3915, soustředíme převážně na aplikace tohoto obvodu, a co se týče případně potřebných základních informací, odkazujeme zájemce na [1].

Řídící obvod LM3915

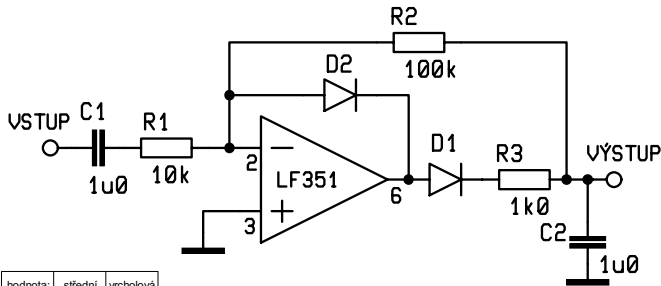
Část tabulky shrnující elektrické parametry LM3914 v [1] se pochopitelně vzhledem k logaritmičkému zobrazení liší v části týkající se napěťového děliče, a to následovně:



Obr. 2 – Půlvlnný vrcholový detektor s tranzistorem a diodou.

Pozn. 1: Není-li uvedeno jinak, platí uvedené hodnoty za následujících podmínek:

$3V \leq U_{CC} \leq 20V$ $U_{REF}, U_{RHI}, U_{RLO} \leq U_{CC} - 1,5V$
 $3V \leq U_{LED} \leq U^+$ $0V \leq U_{IN} \leq U_{CC} - 1,5V$
 $-0,015V \leq U_{RLO} \leq 12V$ $T_A = 25^\circ C, I_{L(REF)} = 0,2mA, U_{LED} = 3V$, vývody 9 a 3 spojeni (páskový provoz)



| | | |
|---|---------|-----------|
| hodnota: | střední | vrcholová |
| R2 | 1 k | 100 k |
| R3 | 100 k | 1 k |
| R1 = R2 pro A _v = 1 R1 = R2/10 pro A _v = 10 C1 = 10/R1 [µF; kΩ] | | |

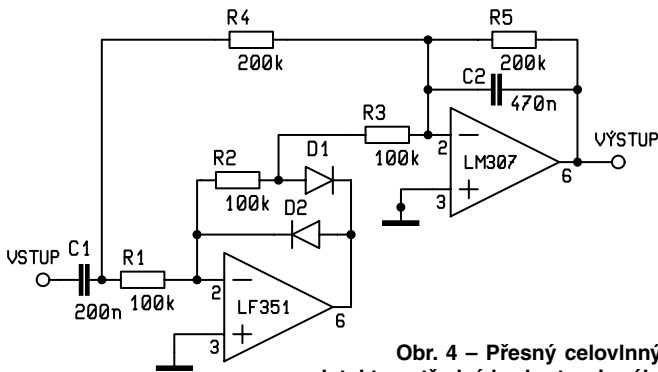
Obr. 3 – Přesný půlvlnný detektor s operačním zesilovačem

$$-0,015 \text{ V} \leq U_{RHI} \leq 12 \text{ V}$$

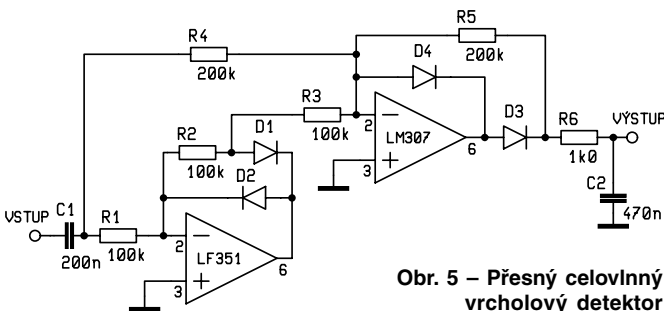
Při vyšším ztrátovém výkonu je užito impulzní měření. U_{IN} je vstupní napětí přiváděné na vstup SIG (5).

Pozn. 2: Měreno při +10 V na vývodu 6 a 0 V na vývodu 4. Při užším rozsahu roste chyba vyšším vlivem napětí posuvu oddělovacího zesilovače a komparátorů.

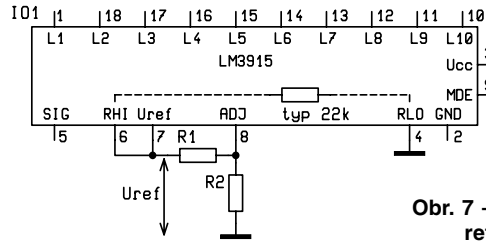
Představu o přesnosti displeje z hlediska napětí signálu poskytne tab. 2 s prahovými úrovněmi a jejich tolerancemi



Obr. 4 – Přesný celovlnný detektor střední hodnoty signálu



Obr. 5 – Přesný celovlnný vrcholový detektor



Obr. 7 – Pevné nastavení referenčního napětí a výstupního proudu

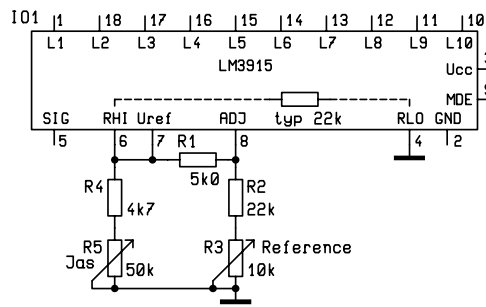
v případě referenčního napětí nastaveného na 10 V, jak je tomu i v zapojení na obr. 1.

Na obr. 1 je základní zapojení LM3915 pro logaritmickou indikaci napětí v rozsahu 0 - 10 V. Při použití páskového zobrazení je třeba, jak již známe z popisu LM3914, spojit vývody 9 a 3. Vzhledem k výkonové ztrátě je pak nutné, aby U_{LED} bylo menší než 7 V nebo ztrátu omezit zařazením rezistoru do přívodu napětí U_{LED} k anodám diod. Napětí na spojených anodách však nesmí klesnout při rozsvícení celého pásku pod 3 V.

Několik vhodných usměrňovačů

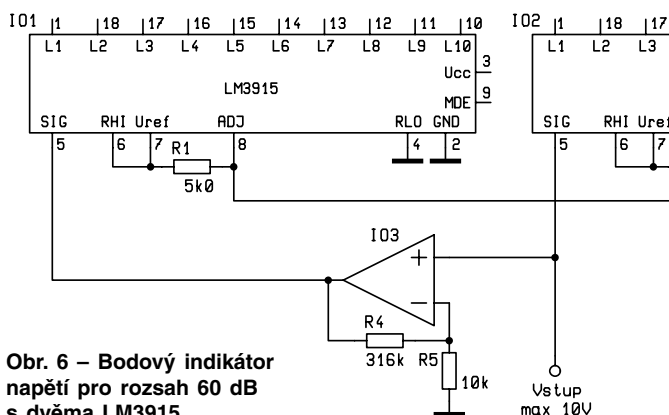
Již z určení součástky je zřejmé, že má zobrazit napětí střídavého signálu. Členy rodiny LM391x jsou však určeny pro zobrazení okamžité hodnoty napětí kladného, zpracují tedy při střídavém vstupu jen jeho kladnou půlvlnu, což může v řadě případů pro velmi orientační zhodnocení maximální a střední hodnoty signálu stačit. Doporučuje se použít přitom bodové zobrazení s proudem svítivou diodou až 30 mA.

Pokud má být vyjádřena skutečná střední nebo maximální hodnota, je třeba signál usměrnit. Protože při rozsahu vstupu 10 V je dle tab. 2 pro rozsvícení diody 1 třeba napětí okolo 450 mV, nepostačí vzhledem k propustnému napětí usměrňovací diody asi 600 mV jednoduchý jednocestný usměrňovač. Pro indikaci v rozsahu 30 dB s jedním LM3915 může být uspokoj-



| LED | hladina |
|-----|---------|
| 1 | 60 mV |
| 2 | 80 mV |
| 3 | 110 mV |
| 4 | 160 mV |
| 5 | 220 mV |
| 6 | 320 mV |
| 7 | 440 mV |
| 8 | 630 mV |
| 9 | 890 mV |
| 10 | 1,25 V |

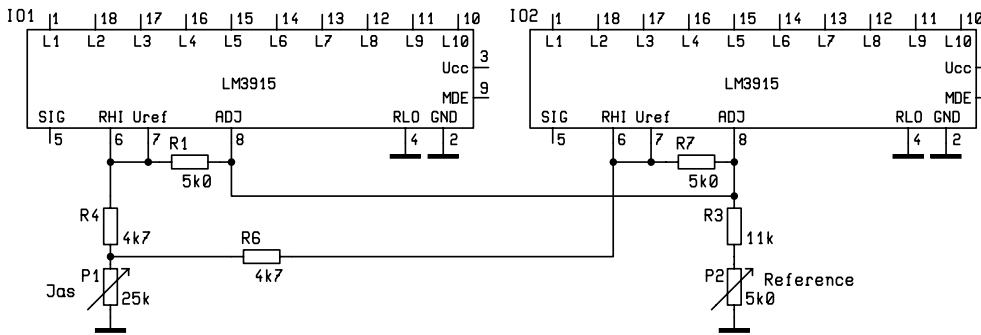
Obr. 8 – Zapojení umožňující nastavení jasu diod referenčního napětí



Obr. 6 – Bodový indikátor napětí pro rozsah 60 dB s dvěma LM3915

vým řešením *špičkový detektor* podle obr. 2, kterým je funkční práh snížen asi na 100 mV.

Pokud sestává displej ze dvou, případně více LM3915 a pokrývá tedy rozsah 60 dB a větší, je třeba použít přesný aktivní usměrňovač, v němž je propustné napětí diody redukováno faktorem daným zesílením otevřené smyčky operačního zesilovače, jako je tomu pro *jednocestný aktivní usměrňovač* na obr. 3. Filtrační kondenzátor se nabíjí přes rezistor R3 a vybíjí přes R2 a R3. Volbou odporů těchto



Obr. 9 – Nezávislé nastavení jasu a referenčního napětí pro kaskádu LM3915

rezistorů ve smyslu tabulky u obrázku lze volit mezi měřením střední a vrcholové hodnoty signálu. Přesný celovlnný aktivní usměrňovač pro měření střední hodnoty je na obr. 4, kde operační zesilovač LM307 je zapojen jako sčítací střídavý integrátor. Pokud je třeba získat vrcholovou hodnotu z obou polarit signálu, lze se inspirovat obvodem na obr. 5. Důležitá je kapacitní vazba usměr-

zovače a vést signál na druhý obvod po zeslabení o 30 dB.

Několik způsobů nastavení referenčního napětí a proudu svítivých diod

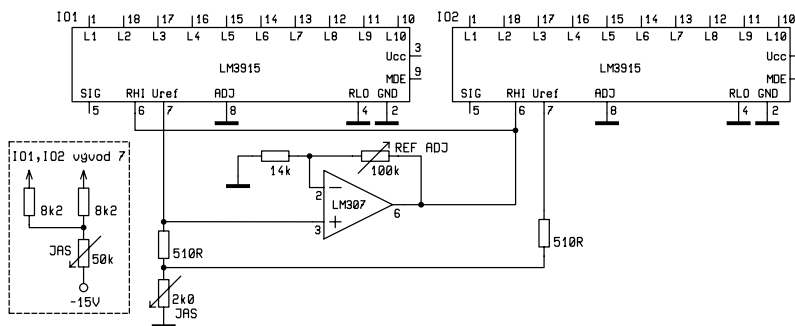
Podobně jako v případě LM3914 uvedeme několik způsobů, jak nastavit požadované hodnoty referenčního napětí a proud svítivými diodami. Na obr. 7 je základní zapojení, u kterého mohou být obě hodnoty sice v požadované velikosti, ale jejich dodatečná změna znamená náhradu rezistorů R1 a R2. Všeobecně lze říci, že vhodná hodnota proudu svítivou diodou je mezi 10 a 20 mA a rozsah a tedy napájení vnitřního děliče 10 V zaručí svou velikostí vůči napěťové nesymetrii interních komparátorů dostatečnou přesnost. Podle požadovaných hodnot U_{REF} a I_{LED} nalezneme nejprve hodnotu R1 a poté R2 z následujících vztahů:

$$R1 = \frac{12,5}{I_{LED} - U_{REF}/2,2} \quad [\text{k}\Omega; \text{mA}, \text{V}]$$

$$R2 = \frac{(U_{REF} - 1,25)}{1,25/R1 + 0,08} \quad [\text{k}\Omega; \text{V}]$$

Zapojení z obr. 8 umožní nastavit pomocí R5 proud I_{LED} mezi 9 a 28 mA a trimrem R3 napětí U_{REF} na 10 V (mezi 8,5 V až 11,8 V). Nastavení referenčního napětí má určitý vliv na I_{LED} , opačně tomu tak není.

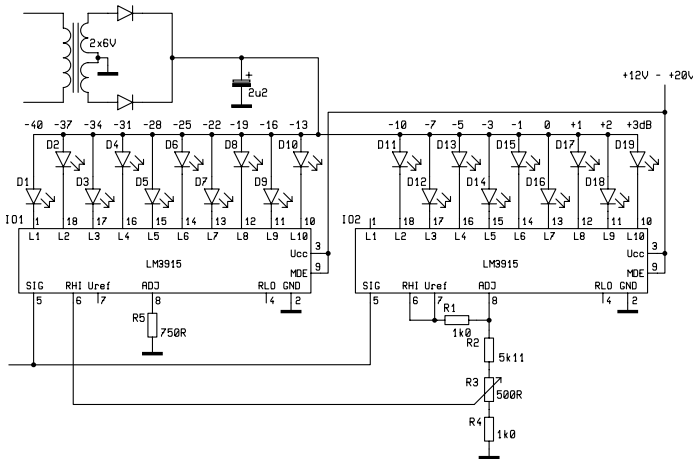
Na obr. 9 vidíme, jak lze nastavit jas diod a referenční napětí pro dva řídicí obvody, které mohou buď tvořit kaskádu, nebo pracovat nezávisle jako zobrazovače vybuzení kanálů stereo-zesilovače. Referenční napětí je nastavitelné mezi 7,4 a 11,8 V. Proud I_{LED} je při $U_{REF} = 10 \text{ V}$ možno nastavit od 9 mA do 28 mA. Při dalším zvýšení počtu řízených obvodů je třeba úměrně zmenšit odpory R1, R2 a R3.



Obr. 10 – Tento obvod umožní nastavení v širokém rozsahu

řovací obvodů se zdrojem signálu, který může mít stejnosměrnou složku.

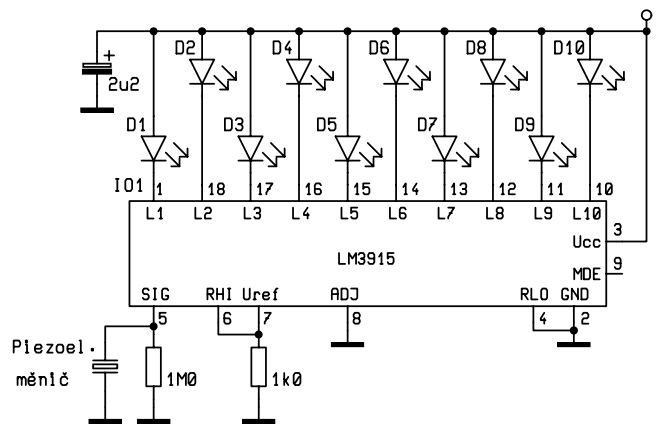
Pozn.: v některých případech může být potřebné vyrovnat vstupní napěťovou nesymetrii operačních zesilovačů. Pro věrné zachycení rychlých změn signálu je třeba použít rychlých operačních zesilovačů.



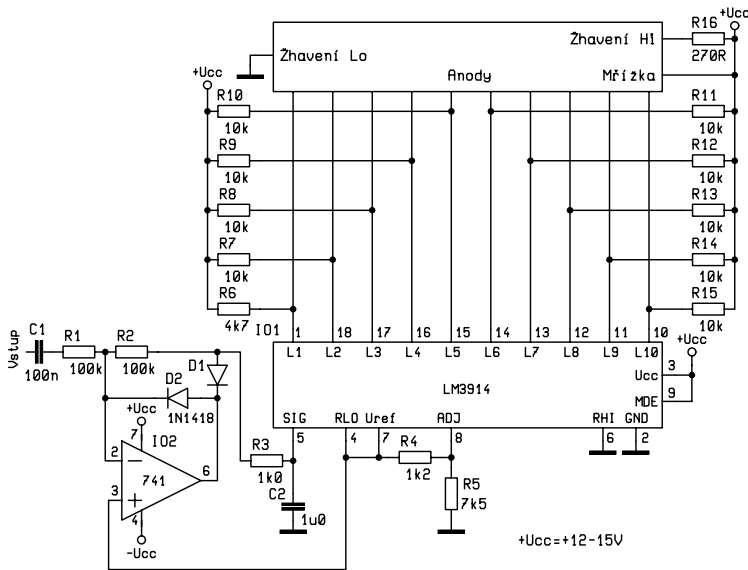
Obr. 11 – VU metr rozšířeným rozsahem s kombinací LM3915 a LM3916

Indikátor úrovně signálu v rozsahu 60 dB

Výhodou řešení na obr. 6 je použití stejného referenčního napětí 10 V pro oba obvody kaskády. Za tím účelem je však nutno vstupní signál pro citlivější část zobrazovače, funkční pro signály v rozsahu -60 dB až -30 dB zesílit o 30 dB tedy 31,6-



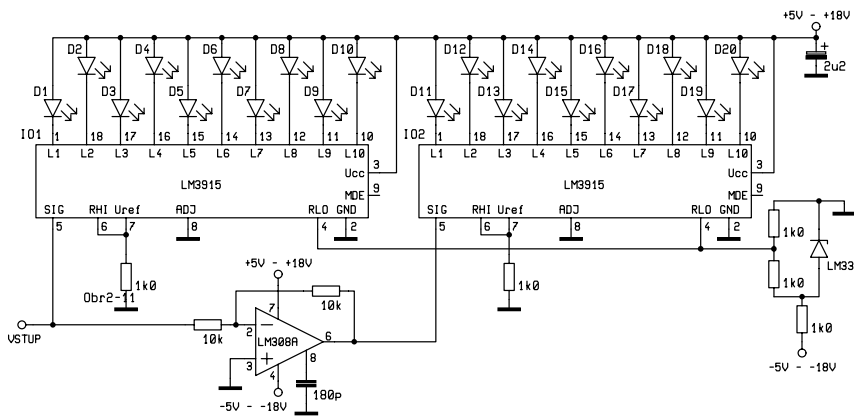
Obr. 12 – Zobrazovač pro monitor mechanického kmitání



Obr. 13 – Řídicí obvody LM391x mohou budit i fluorescenční displeje

Někdy je požadována možnost nastavení proudu I_{LED} v širším rozsahu a v dosud předvedených obvodech byl i minimální proud již několik mA (při $U_{REF} = 10V$ typicky 4,5 mA). Příčinou je zatížení zdroje referenčního napětí vnitřním děličem. V obvodu zapojeném podle obr. 10 jsou proto od sebe odděleny neinvertujícím zesilovačem. Trimrem ve zpětné vazbě lze nastavit

bývá na začátku „za rohem“ a není jasné, kterým směrem je třeba vyvažovacím prvkem otáčet. Tento problém prakticky odpadá u *indikátoru vyvážení s logaritmickým průběhem* na obr. 14, který pro každou polaritu signálu používá jeden LM3915. Okolo nulové úrovně vstupního signálu je rozlišení 10 mV, dosáhne-li signál $\pm 1,25V$ klesne na 500 mV.



Obr. 14 – Přesný nulový indikátor nevyžaduje přepínání rozsahů měřícího zesilovače

napětí referenčního zdroje mezi 1,25 V až 10,2 V a nezávisle na tom proud svítivými diodami mezi 2,7 mA a 24 mA. Při malých proudech může být patrný rozdíl mezi svítivostí diod v obou LM3915 následkem tolerance napětí jejich interních referenčních zdrojů a malých odporů rezistorů mezi vývody 7 a nastavovacím rezistorem. Pomůže úprava zapojení naznačená v čárkovaném ohraničení

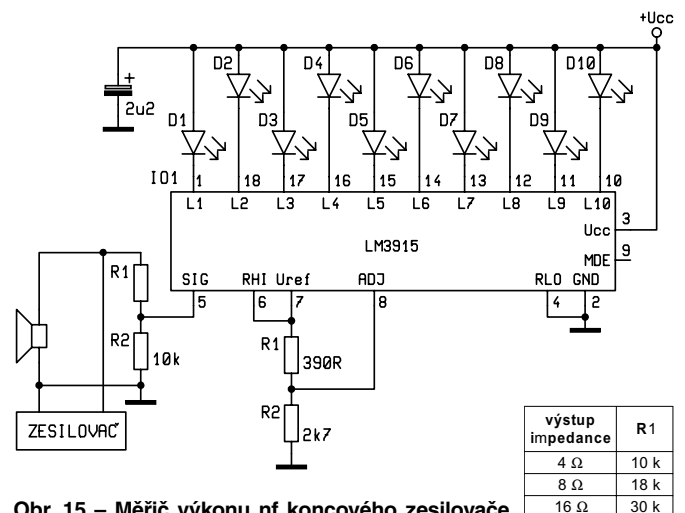
VU metr s rozšířeným rozsahem -40 dB do +3 dB pracující v páskovém režimu může být zapojen podle obr. 11. Maximum vstupního rozsahu je 10 V. V tomto zapojení je pro zobrazení horní části rozsahu použit obvod LM3916. Referenční napětí pro LM3915 je třeba nastavit tak, aby rozdíl mezi rozsvícením 10. a 11. odpovídal 3 dB. Před vstup lze zapojit některý z detektorů střední nebo špičkové hodnoty popsaných výše a zapojených podle obr. 2, 3, 4 a 5.

Pro amatérského elektronika je možná neobvyklá aplikace na obr. 12, představující *indikátor zrychlení mechanického*

Zajímavou a efektní aplikací je *indikátor výstupního výkonu* koncového zesilovače zapojený podle obr. 15. Pokud by se jednalo o přesnější vyjádření výkonu, bylo by účelné předřazení detektoru vrcholové nebo střední hodnoty. Na doplňkové tabulce je uveden i odpor rezistoru R1 v snímacím děliči pro různou impedanci reproduktorové soustavy.

Prameny:

- [1] Řídicí obvody pro páskové a bodové indikátory napětí. KTE Rádio plus 1999, č. 5.
- [2] LM3915 Dot/Bar Display Driver. Katalogový list. National Semiconductor, únor 1995.



Obr. 15 – Měřič výkonu nf koncového zesilovače

Domácí zesilovač

stavebnice č. 413 – 418 a 421

Zesilovače patří mezi vděčná konstruktérská témata. V následujících číslech Vám nabídneme modulovou stavebnici zesilovače pro domácí použití. Jednotlivé bloky jsou určeny pro vzájemnou spolupráci, avšak je možno každý blok použít samostatně, nebo jako součást jiných zařízení.

Dříve, než přistoupíme k popisu celého zesilovače a jeho jednotlivých bloků, je vhodné říci si něco z obecných informací, které mají na správnou činnost zesilovače jako celku důležitý vliv.

Signálová cesta začíná zdrojem signálu, jako jsou mikrofony, magnetofony, televizní a rozhlasové přijímače, CD přehrávače nebo dnes již do pozadí ustupující gramofony, a končí reproduktory a sluchátky.

Na počátku signálové cesty v zesilovači stojí vždy vstupní předzesilovače (případně s pevnými kmitočtovými korekcemi), které jsou zpravidla nejkritičtějšími místy v signálovém řetězci, protože obvykle pracují s velmi malou, a tedy i snadno zranitelnou úrovní signálu při vysokém zesílení. Zesílení u předzesilovačů většinou bývá pevně nastavené. Vstupní zesilovače musí mít velkou vstupní impedanci, aby zdroj signálu příliš nezatěžovaly a nedocházelo tak ke zkreslení hned na počátku signálové cesty. Naopak malý výstupní odpor zajišťuje dostatek nezkráceného signálu pro následující stupně zesilovačů a zároveň zabraňuje průniku rušivých vlivů po vedení. Citlivost vstupních zesilovačů se liší podle zdroje signálu, ke kterému bude připojen. Nejjednodušší situace bývá u mikrofonů a gramofonů, kde je zpravidla úroveň signálu dána konstrukcí snímače. Většina dnes používaných zařízení, jako jsou CD přehrávače a magnetofony, je však vybavena vlastním předzesilovačem umístěným co nejbližší snímači signálu. Tyto předzesilovače nemají vždy stejnou výstupní úroveň. Nejčastěji se vyskytují úrovně 300 mV_{ef}, 0,707 V_{ef} (standard) a 1,5 V_{ef}. Výstupní úrovně předzesilovačů se liší podle potřeby následných zesilovacích a korekčních stupňů. Další, často kritickou vlastností vstupních zesilovačů je vlastní šum, protože ten je zesilován stejným poměrem jako signál. Tento parametr, nazývaný odstup signálu od šumu, by měl být u kvalitních zesilovačů větší než 60 dB. Dnes se již předzesilovače dělají téměř výhradně pomocí nízkosumových operačních zesilovačů, protože jejich kvalita je srovnatelná s tranzistorovými obvody a konstrukce je výrazně jednodušší. Některé přístroje jsou vybaveny jedním nebo dvěma vstupy s možností proměnného zesílení pro

možnost připojení nestandardních zdrojů signálu.

Dalším prvkem v signálové cestě dnes bývají omezovače šumu. Prakticky všechny kazetové mechaniky od střední třídy obsahují některý ze systémů snížení šumu – buď systém Dolby B, nebo Dolby C. Několik málo výrobků používá systém “dbx” či “Hi-Com”. Jedním z hlavních důvodů, proč však systém Dolby B získal převahu na trhu, je právě jeho nabízené omezení šumu – i když jde o pouhých 10 dB. I tato poměrně malá hodnota stačí ke snížení šumu páska v kazetě na úroveň přijatelnou v jakostních (Hi-Fi) přístrojích. Princip činnosti komandérů je ve své podstatě velmi jednoduchý, protože úroveň šumu je stálá a je závislá jen na kvalitě zařízení. U zdroje signálu (převážně v nahrávacích studiích) se na velmi kvalitních zařízeních zesílí tiché části signálu tak, že vlastní šum má relativně nižší úroveň. Na straně posluchače je potom umístěn speciální obvod, který uvádí signál do původního stavu. Zeslabením takto uměle zesílených pasáží dojde současně i k zeslabení šumu, který se tak stane téměř zanedbatelným. V hlasitých pasážích není již šum příliš na závadu. Navíc se dnes používají systémy, které jsou doplněny o další rozšíření tohoto principu a jejich signály jsou kódovány.

Pro řadu současných zdrojů akustických signálů však nejsou komandéry vhodným řešením pro zmenšení šumu. Jestliže totiž zdrojový signál není nijak zakódován a obsahuje vnímatelný šum, není komplementární snížení šumu možné. Tento problém se týká rozhlasového a televizního vysílání, většiny videokazet, jakož i samozřejmě starších nahrávek na pásku či na disku. Speciálně pro zmenšení šumu takovýchto zdrojů byl vyvinut jednostranný (“single-ended”) systém DNR. Jednostranný systém, schopný zmenšit šum se vyhýbá omezením, daných sluchitelností i záznamových norem, se tak stává velmi atraktivní. Nabízené DNR obvody umožňují snížit šum stereo programu o 10 až 14 dB. Využívají se dva základní principy. Prvním je úměra úrovně šumu k šířce pásma systému a druhým, že požadovaný program je schopen “maskovat” šum v okamžicích, kdy je poměr signálu k šumu dostatečně vel-

ký. Systém DNR automaticky nepřetržitě mění šířku pásma systému podle amplitudy a kmitočtu složek signálu. Omezení šířky pásma na méně než 1 kHz zmenšuje slyšitelný šum a speciální spektrálně “váhovaný” filtr v ovládací cestě zaručuje, že je akustická šířka pásma signálové cesty vždy dostatečně velká, aby jí prošly všechny hudební složky, které mohou být v signálu obsaženy.

Za omezovači šumu následují v signálové cestě korekční obvody. Ty slouží k subjektivní úpravě frekvenčního spektra signálu, a tedy ke zdůraznění nebo potlačení některých kmitočtů, a většinou se jedná o některou z variací aktivních filtrů. V současné době se používají korekční obvody s operačními zesilovači nebo monolitickými obvody. Korekce s operačními zesilovači jsou populární především díky nízké ceně, ale mají i svá úskalí. Je třeba používat velmi kvalitní a často i drahé potenciometry, protože právě přes tyto součástky je signál veden. Navíc je návrh plošného spoje náročný díky složitosti zapojení, ve kterém nesmí docházet ke zkreslování signálu nebo přeslechům. Dnes se více začíná pro korekce signálu využívat dražších monolitických integrovaných obvodů, při jejichž použití sice nelze tak snadno vybrat hranice regulovaného kmitočtového pásma jako u zapojení s operačními zesilovači, avšak výsledná konstrukce je výrazně jednodušší. V těchto obvodech jsou integrované filtry ovládané stejným napětím, a použité potenciometry nemusí být tedy tak kvalitní a stíněné. Při návrhu plošného spoje pak lze zařadit integrovaný obvod přímo do signálové cesty, bez ohledu na umístění regulačních potenciometrů. Zvláštním případem korekčních obvodů jsou ekvalizéry. Jde o kaskádu aktivních filtrů, z nichž každý je určen pro jiné, poměrně úzké kmitočtové pásmo. S ekvalizérem lze dosáhnout mnohem lepší kvality poslechu než s jednoduchými korekčními obvody, ale pořizovací cena je mnohem vyšší.

Dále je již signál pouze podle potřeby zesílen nebo zeslaben a odváděn do koncových zesilovacích stupňů. Koncové stupně mají vždy pevně nastavené zesílení. K jejich konstrukci se používají buď monolitické integrované obvody nebo výkonové tranzistory (v současné době se opět začínají objevovat i koncové stupně s elektronkami). Tranzistorové koncové stupně jsou zpravidla vysoce kvalitní, ale bohužel také dražší a náročnější na konstrukci. Použití integrovaných zesilovačů se vyznačuje jednoduchostí zapojení, protože odpadá nutnost složitého návrhu plošného spoje a při ožívování nastavování pracovních bodů tranzistorů. Integrované výkonové zesilovače jsou zejména u malých a středních výkonů velmi levné a hojně se používají

i v jakostních přístrojích. V některých případech jsou pro udržení nízké ceny zapojení "posilovány" dvojicí výkonových tranzistorů. Výstupní zesilovače jsou zpravidla určeny pro buzení reproduktorových systémů s impedancí 4 Ω nebo 8 Ω. Výstupní výkon zesilovačů je jedním z rozhodujících parametrů koncových stupňů a také velmi často diskutovaným tématem, to ale přesahuje rámec tohoto pojednání. Sluchátkové zesilovače jsou většinou určeny pro vyšší impedance, okolo 32 Ω, a jejich výkon jen zřídka přesahuje 2 W.

Mezi koncové stupně a reproduktory se někdy zařazují výhybky. V takovém případě jde o pasivní výhybky tvořené LC členy. Výhybky mají za úkol rozdělit kmitočtové spektrum mezi více reproduktorů v rámci jedné reproduktorové soustavy podle jejich kmitočtové charakteristiky (hloubkové, středové a výškové reproduktory) při udržení jmenovité zátěžovací impedance. Většinou se používají dvou nebo třípásmové soustavy (tedy se dvěma nebo třemi reproduktory). Tento systém má však svá úskalí v podobě úbytků přenášeného výkonu na vodičích a výhybkách. Proto se stále více využívá aktivních výhybek. V takovém případě je signál aktivními filtry rozdělován podle kmitočtu do jednotlivých pásem ještě před koncovými zesilovači. Většinou se pro snížení ztrát zabudovávají aktivní výhybky přímo do reproduktorových soustav, signál je k nim přiváděn na nízké úrovni a jejich součástí je i zdroj. Toto velmi populární řešení je ale bohužel dražší než při použití pasivních výhybek, protože každý reproduktor má vlastní výkonový zesilovač a každá soustava vlastní síťový zdroj s transformátorem.

Mezi často používané doplňkové obvody zesilovačů patří indikátory vybuze-

ní. Obvykle se používají ručkové měřicí přístroje nebo sloupcové zobrazovače tvořené skupinou LED (bargrafy). Zařazují se před nebo za regulátor hlasitosti podle toho, jaký stav chceme indikovat (úroveň vstupního nebo výstupního signálu). Zvláštním případem jsou indikátory vybuzení odvislé od kmitočtu. V takovém případě jde o sadu převážně LED indikátorů, z nichž každý zobrazuje jiné frekvenční pásmo signálu.

Napájecí zdroje zesilovačů bývají ve směs symetrické s velmi kvalitní filtrací. K napájení předzesilovačů a korekčních zesilovačů je vhodné používat raději stabilizované napětí, aby kolísání napětí nebo napěťové špičky či brum nepronikaly do signálu užitečného signálu. Pro koncové stupně se většinou stabilizované napětí nepoužívá, ale velké filtrační kapacity jsou zde zcela namístě, především pro krytí odběru proudových špiček při velkých změnách dynamiky zpracovávaného signálu (úder bubnu apod.). S transformátory bývají často problémy pro jejich rozptylové magnetické pole, které se obtížně stíní. Také spínané zdroje zatím nenalezly širší uplatnění rovněž pro potíže s potlačením rušivého vyzařování, a dále pro pomalejší reakci na skokové změny odběru. Prozatím se jeví jako optimální kompromis toroidní transformátor, který má menší rušivé pole, konstrukčně vychází menší, ovšem za vyšší cenu.

Popis stavebnice domácího zesilovače

Blokové schéma zapojení je na obr. 1. Stavebnici KTE413 tvoří deska vstupních zesilovačů. Šest nezávislých vstupů je určeno pro zpracování signálů z různých zdrojů. Jeden vstup je určen pro stereofonní dynamický mikrofon, další pro dynamickou gramofonovou přenos-

ku (korekce RIAA) a zbývající čtyři linkové pro další zařízení. Linkové vstupy mají vstupní citlivost nastavenou na hodnotu 0,707 V_{ef}, což představuje jakýsi standard. Změnou hodnot odporového děliče jej lze upravit i pro napětí 1,5 V, případně jeho vyřazením zvýšit citlivost na 300 mV_{ef}. Jednotlivé vstupy lze přepínat stejnosměrným napětím pomocí tranzistorů FET. Všechny zesilovače jsou tvořeny nízkosumovými operačními zesilovači.

Mechanický přepínač vstupů spolu s indikací vybraného obsahuje stavebnice KTE414. Tato deska je určena právě pro ovládání tranzistorů FET vstupních zesilovačů.

Stavebnice KTE415 je vstupní zesilovač s proměnným zesílením, popis je v tomto čísle na straně 24. Změnou nastavení potenciometru lze nastavit výstupní úroveň 300 mV v rozsahu vstupních hodnot od 60 mV do 1,5 V.

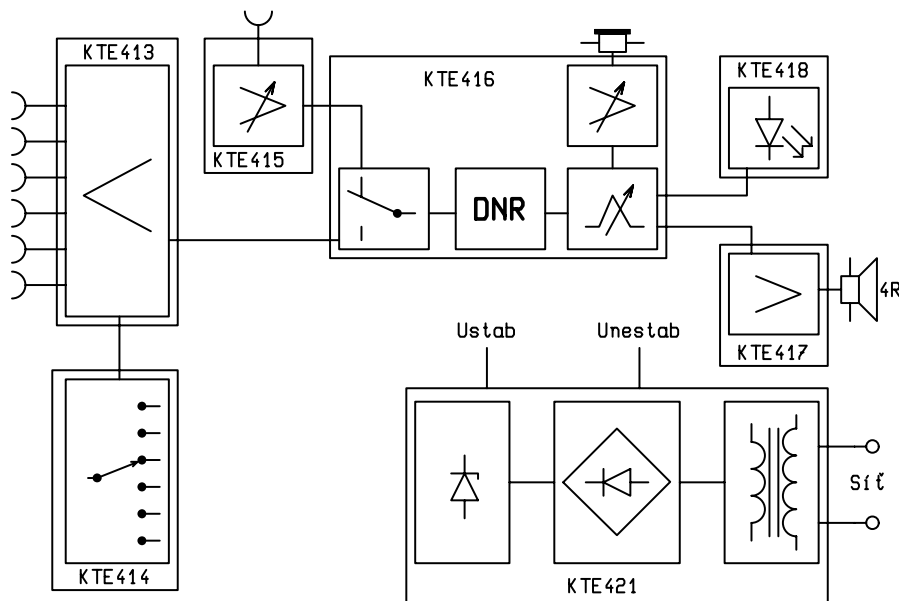
Deska korekčního zesilovače spolu s dynamickým omezovačem šumu (DNR) a zesilovačem pro sluchátka je součástí stavebnice KTE416. Stavebnice obsahuje dva vstupy s citlivostí 300 mV přepínané tranzistory FET. Systém DNR je schopen potlačit šum o více než 10dB. Korekční zesilovač je řešen pomocí monolitického integrovaného obvodu a umožňuje potlačení či zdůraznění vysokých a nízkých kmitočtů, ovládání vyvážením a hlasitosti. Zesilovač pro sluchátka obsahuje vlastní regulátor hlasitosti a je schopen dodat výkon 2,5 W do zátěže s impedancí 4 Ω. Na desce je trojice výstupních pájecích plošek pro připojení linkového výstupu, indikátoru vybuzení a samozřejmě koncového zesilovače.

Deska stavebnice KTE 417 obsahuje dvojici výkonových zesilovačů 60 W pro buzení reproduktorových soustav se jmenovitou impedancí 4 Ω. Do budoucnosti připravuje redakce alternativu v podobě zesilovače 2x 100 W.

Stereofonní indikátor vybuzení je stavebnice KTE418. Pro každý kanál je použit jeden páskový logaritmický budič deseti LED.

Stavebnice KTE421 je zdroj. Výkonový toroidní transformátor s usměrňovačem je určen pro napájení celé sestavy stavebnic. Výkonový stupeň je napájen nestabilizovaným napětím, předzesilovače a pomocné obvody ze symetrického stabilizovaného zdroje.

Při konstrukci stavebnice domácího zesilovače byl důraz kladen především na vzájemnou spolupráci funkčních celků v rámci jednoho zařízení. Zároveň však byl každý blok vyvíjen s ohledem na možnou potřebu samostatného použití nebo zapojením do jiných přístrojů. Bližším popisem jednotlivých bloků domácího zesilovače se budeme zabývat vždy při popisu každé stavebnice. □

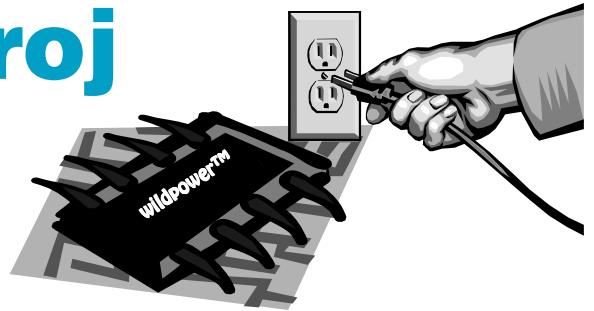


Blokové schéma sestavy

Laboratorní zdroj

2x 30 V / 1 A

stavebnice č. 423

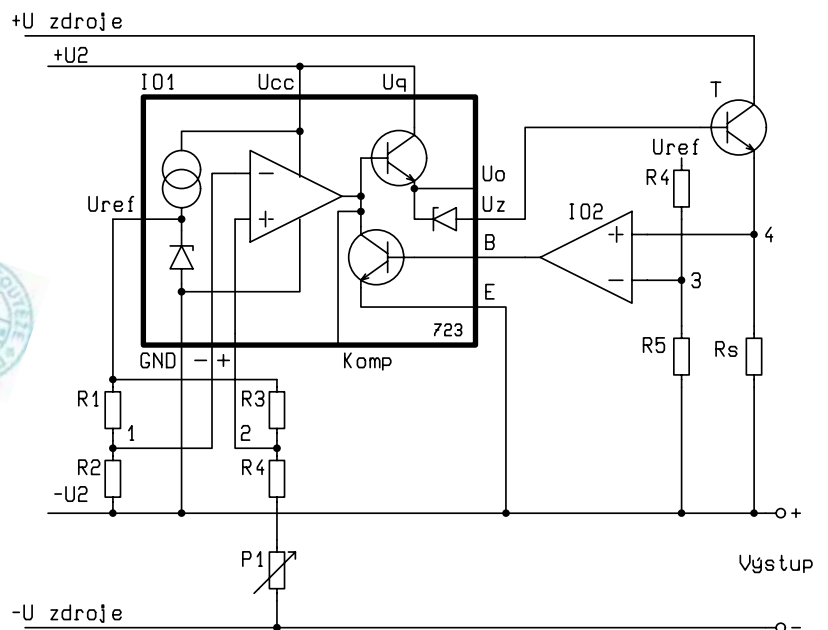


Konstrukce laboratorního zdroje, kterou Vám nyní přinášíme, byla zaslána do soutěže a zaujala nás natolik, že jsme ji upravili jako vlastní stavebnici. Původní autorův text byl ponechán beze změn s určitými nutnými výjimkami, o kterých se zmiňujeme v redakční poznámce. Návrh přístroje vznikl z potřeby malého zdroje pro běžné kutění, který by nezabral příliš mnoho místa na pracovním stole a byl snadno přemístitelný. Zvolená koncepce vychází z několikaleté velmi dobré zkušenosti s podobným, ale větším přístrojem.

Použití stabilizátoru 723 s plovoucí zemí bylo již vícekrát popsáno, ale pro objasnění si je stručně zopakujeme podle blokového schématu. Integrovaný obvod IO1 je napájen z pomocného zdroje napětím $\pm U_2$. Zesilovač odchytky má vstupy připojené na pevný R1/R2 a proměnný R3/R4 + P1, oba napájené z vnitřního zdroje referenčního napětí. Za předpokladu, že

$$R1 = R2; R3 = R4; P1 = 0$$

je v bodech 1 a 2 shodné napětí. Zvětšujeme-li nyní hodnotu P1, operační zesilovač udržuje stále shodné napětí v bodech 1 a 2 otvíráním vnitřního budicího, a tím i stabilizačního tranzistoru T1. Z toho plyne, že velikost výstupního napětí je přímo úměrná velikosti odporu potenciometru P1. Proudové omezení používá jako zesilovač odchytky operační zesilovač IO2. Dělič R4/R5 je dimenzován tak, aby napětí v bodu 3 bylo právě tak velké jako napětí v bodu 4 vyvolané na odporu R_s požadovaným maximálním proudem. Stoupne-li proud, IO2 reaguje otevřením omezovacího tranzistoru ve stabilizátoru 723, a tím přivření stabi-



Obr. 1 - Blokové schéma zapojení

lizačního T1 tak, aby napětí v bodech 3 a 4 bylo stále shodné.

Popis

Zdroj pozůstává ze dvou galvanicky oddělených, funkčně naprosto shodných částí. Velikost výstupního napětí je nastavitelná v rozmezí od 0 do 29 V stupňovitě po 1 V a plynule v rozmezí 1 V samostatně pro každý zdroj. Prakticky využitelné napětí při plném proudu 1 A je asi 27 V (v závislosti na napětí sítě), při vyšším proudu již nestačí napětí transformátoru a výstup je zvlněný. Při napětí 30 V je nejvyšší využitelný proud bez zvlnění cca 0,9 A. Na vzorku byly tyto hodnoty naměřeny při síťovém napětí 220 V, tedy 95 % jmenovitého, přičemž rušivá napětí (šum a zvlnění) nepřesáhla 20 mV_{ss}. Dalším omezením je výkonová ztráta na regulačních tranzistorech, která musí být ve formě tepla odvedena chladičem. Při napětí do cca 13 V je sice zapojeno jen poloviční napájecí napětí, ale při výstupním napětí 1 V a proudu



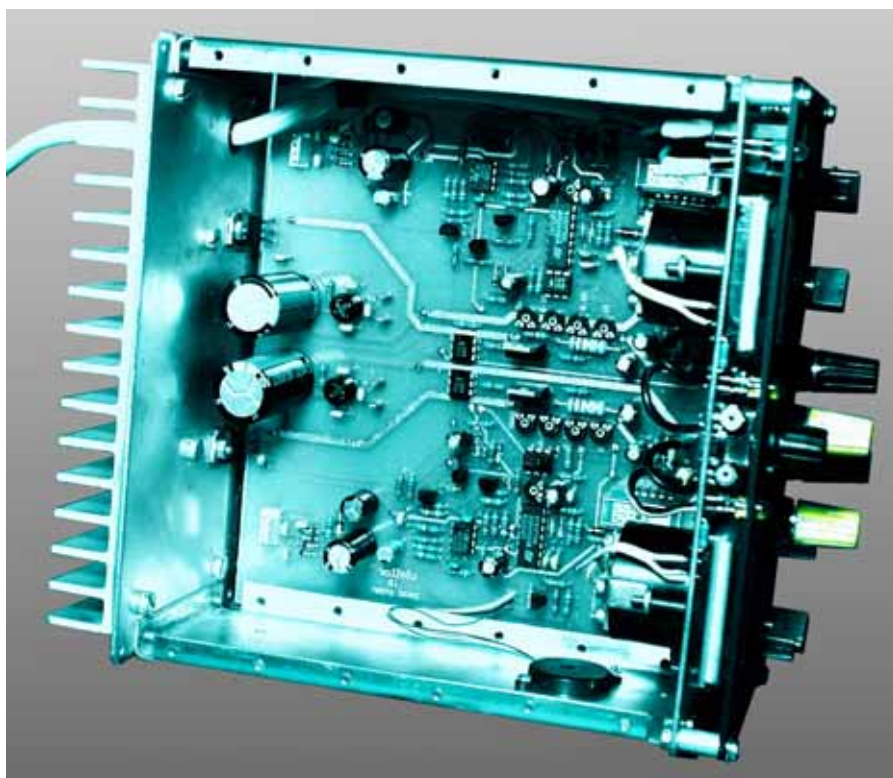
1 A je výkonová ztráta stále cca 12 W (velice přibližně). Záleží tedy na velikosti chladiče a možnostech větrání. Maximální výstupní proud, při kterém nastává omezení nebo reaguje pojistka, je nastavitelný pro oba zdroje společně ve stupních 0,05; 0,1; 0,5 a 1 A. Ve funkci omezovače je výstupní proud přetíženého zdroje udržován na konstantní úrovni a druhý zdroj je podle volby buď vypnut, nebo pracuje nezávisle dál. Po snížení odběru pod nastavenou hranici oba zdroje pracují opět normálně. Ve funkci pojistky pak při přetížení jednoho zdroje vypínají oba současně, ale je nutno uvést ručně do chodu ten zdroj, který vypnutí způsobil. Samozřejmě po odstranění příčiny přetížení. Omezování výstupního proudu nebo aktivace pojistky je signalizováno opticky a akusticky. Velikost výstupního proudu každého zdroje je měřena ručkovým měřidlem. Tento, v době digitálních voltmetrů, zdánlivě archaický způsob indikace byl zvolen zcela záměrně. Zřídka potřebujeme znát hodnotu proudu s přesností na tři nebo čtyři místa, zato ale velice často potřebujeme jedním pohledem zjistit (byť i jen přibližnou) velikost proudu, nebo zda klesá či stoupá a jak rychle. A to žádný digitální voltmetr nedokáže, ani s bargrafem...

Podrobný popis

Ve schématu jsou součástky číslovány tak, že ve zdroji B jsou funkčně odpovídající číslovány od 100 výše. Kondenzátor C17 v jednom zdroji tedy funkčně odpovídá C117 ve druhém, výjimkou je několik společných součástek (R1, R3, R4, D1, D2, S1, Tr1, Po1, X1). Pokud je dále popisována činnost prvního zdroje A, platí to i pro zdroj B, ovšem s čísly o sto vyššími.

Síťové napětí je vedeno přes vypínač (ve schématu není zakreslen) k jednotlivým transformátorům chráněným samostatnými tavnými pojistkami. Protože pojistky jsou za normálních okolností velmi obtížně přístupné, je jejich případné přerušení signalizováno miniaturní LED, které jsou viditelné již po sejmutí horní části krytu přístroje.

Napájení každého zdroje zajišťuje samostatný transformátor Tr2 2x15 V/1 A. Transformátor s vyšším napětím, který by byl vhodnější, bohužel není běžně k dispozici, a tak se musíme spokojit s omezeními, která byla již zmíněna v úvodu. Pro snížení výkonové ztráty na stabilizačním tranzistoru se sekundární napětí přepíná pomocí relé na 15 V nebo 30 V, a poté se vede na běžný můstkový usměrňovač s velkou filtrační kapacitou. Paralelně s filtračním kondenzátorem je zapojen vybijecí rezistor R7. Usměrně-

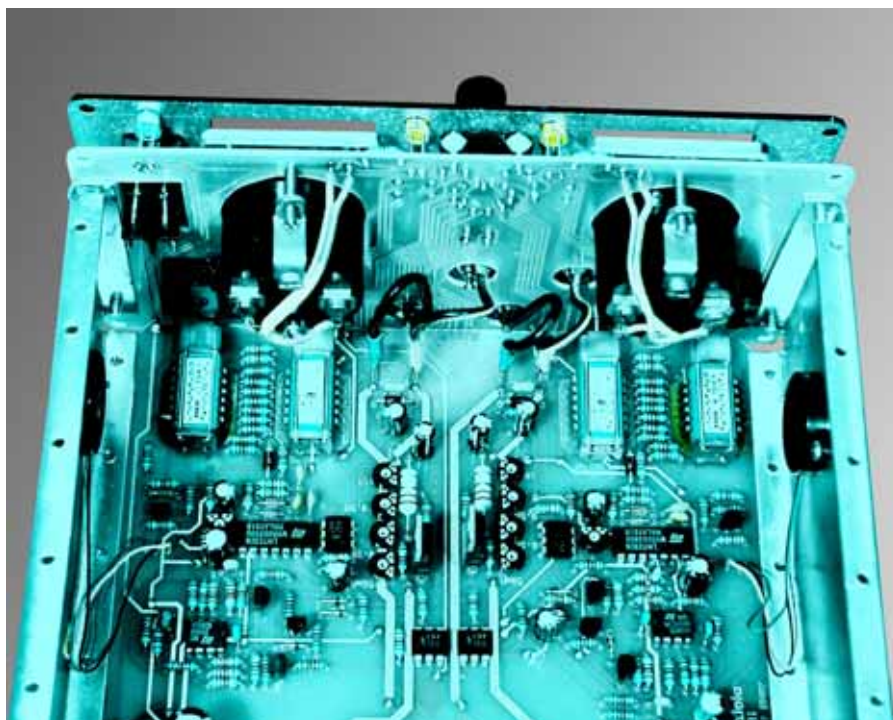


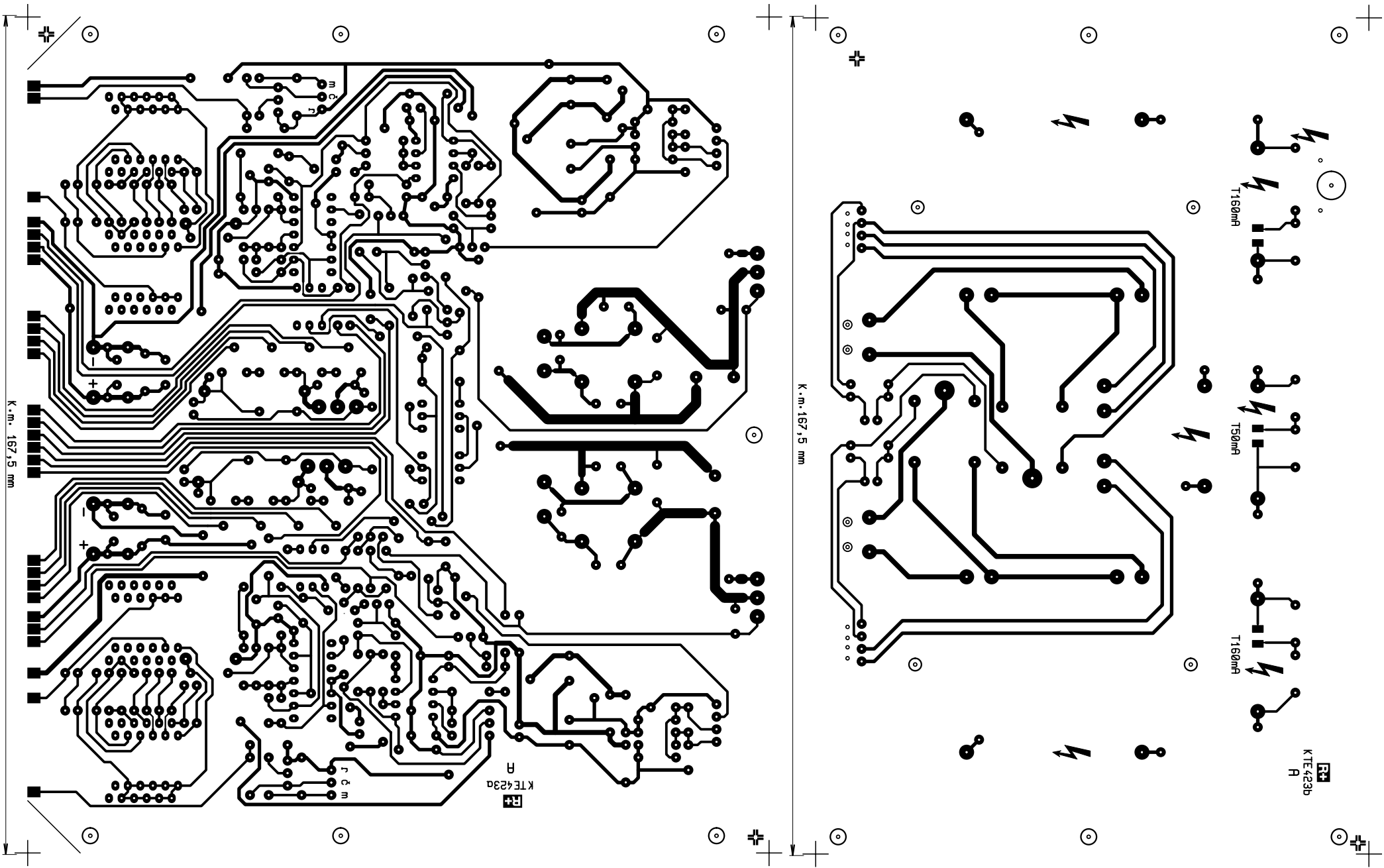
né a vyfiltrované napětí je vedeno přímo na stabilizační tranzistor T1.

Pomocné napájecí napětí je odebíráno z jedné poloviny sekundárního vinutí společného transformátoru Tr1. Protože napětí transformátoru je velice měkké a odběr malý, získáme spolehlivě i při jmenovitých 18 V po usměrnění a stabilizaci +16 V a -2,4 V. K usměrnění stačí běžné diody 1N4148, k stabilizaci napětí pro IO1 (723), IO2 (1458) a pro vytvoření středu napájecího napětí jsou použity Zenerovy

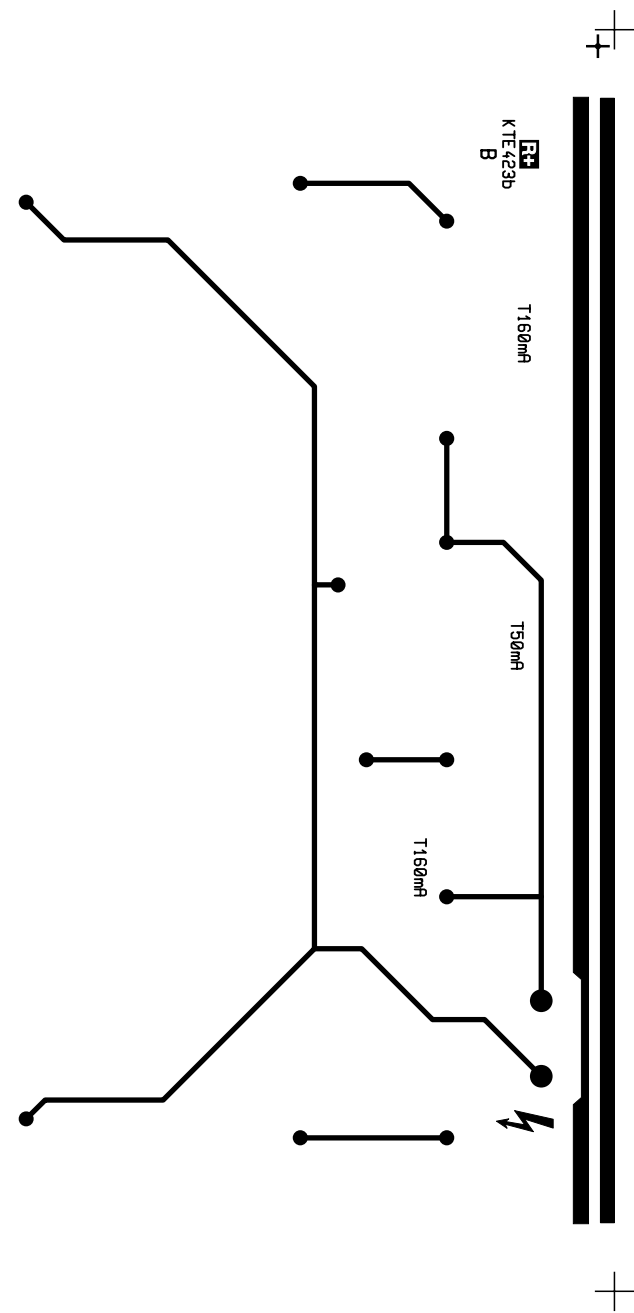
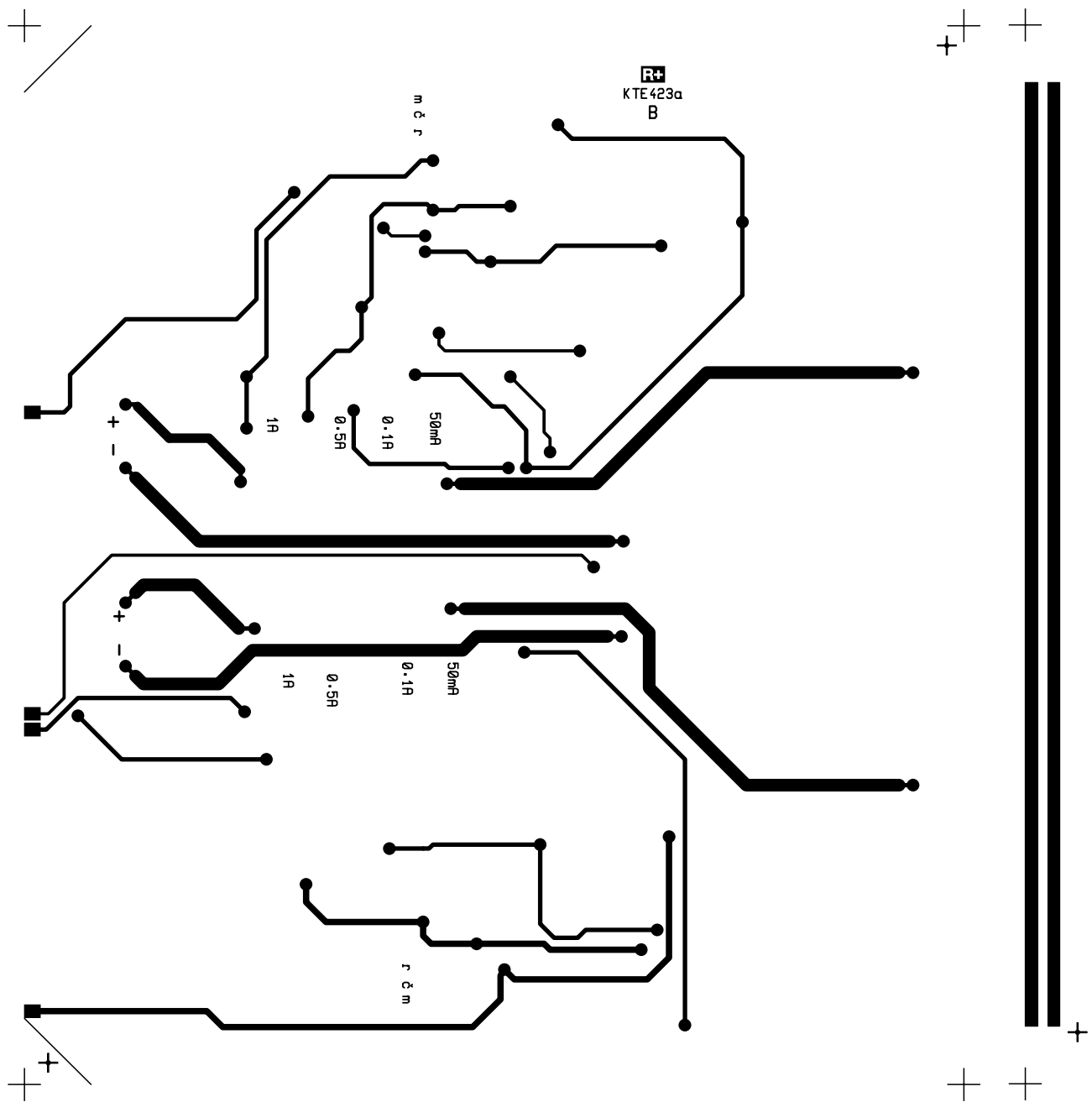
diody. Záporné napájecí napětí pro operační zesilovače je nutné, protože IO2A zpracovává napětí pouze +600 mV proti nulové hladině a to použitý typ při nesymetrickém napájení neumí.

Vlastní napěťový stabilizátor je tvořen integrovaným obvodem LM723 (IO1) v plastovém pouzdře, který dnes vyrábí řada výrobců pod nejrůznějšími označeními, ale vždy jako 723. Tento obvod (viz blokové schéma) obsahuje všechny potřebné prvky pro realizaci kvalitního sta-

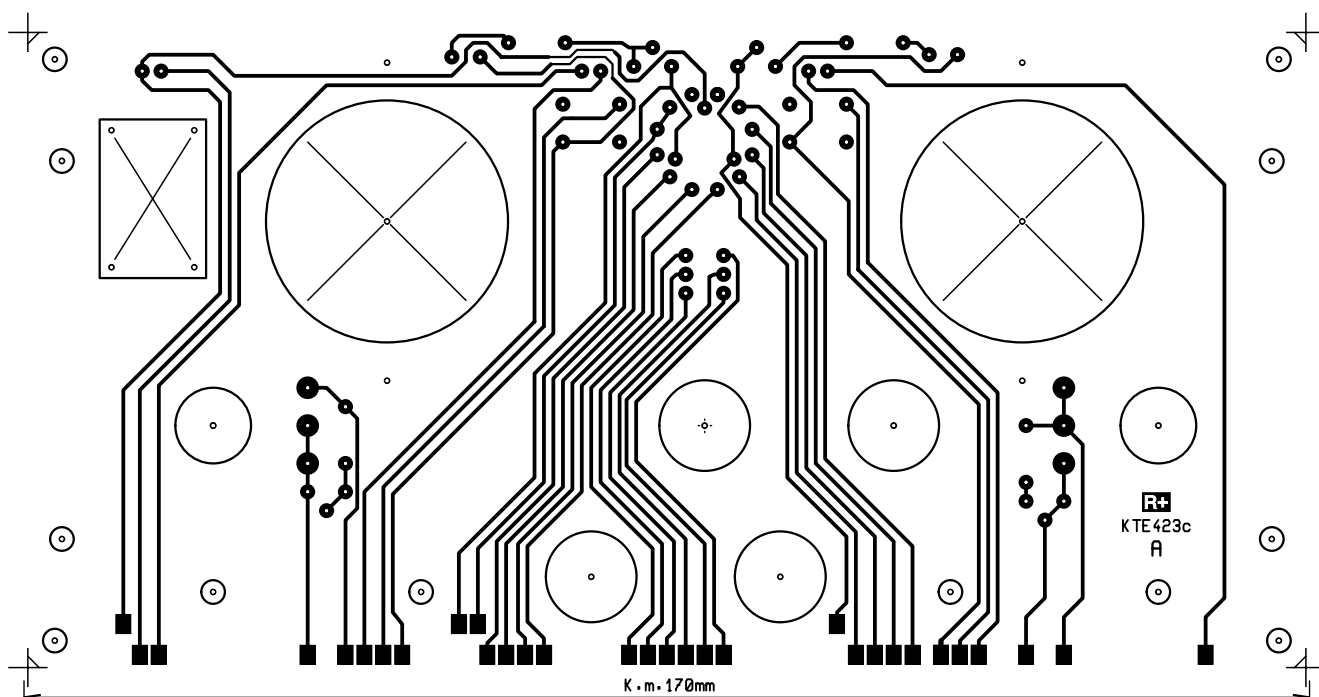




Obr. 2, 3 - Plošné spoje A, desky KTE423a, b



Obr. 4, 5 - Plošné spoje B, desky KTE423a, b



Obr. 4 - Plošné spoje deska 3

bilizátoru. Ze zdroje referenčního napětí je napájen jednak pevný dělič R11, R12, a dále proměnný R9, R10, R13 ÷ R23 včetně P2. Protože referenční napětí 723 je typicky 7,15 V a napětí ve společném bodu R9, R11, R8 by mělo být 5,88 V, je zařazen ještě rezistor R8 a trimr P1, kterým lze tuto hodnotu nastavit. Proměnný dělič je tvořen mimo R9, R10 řetězcem rezistorů R13 ÷ R21 s přepínačem S3, dále R22, R23 s přepínačem S4

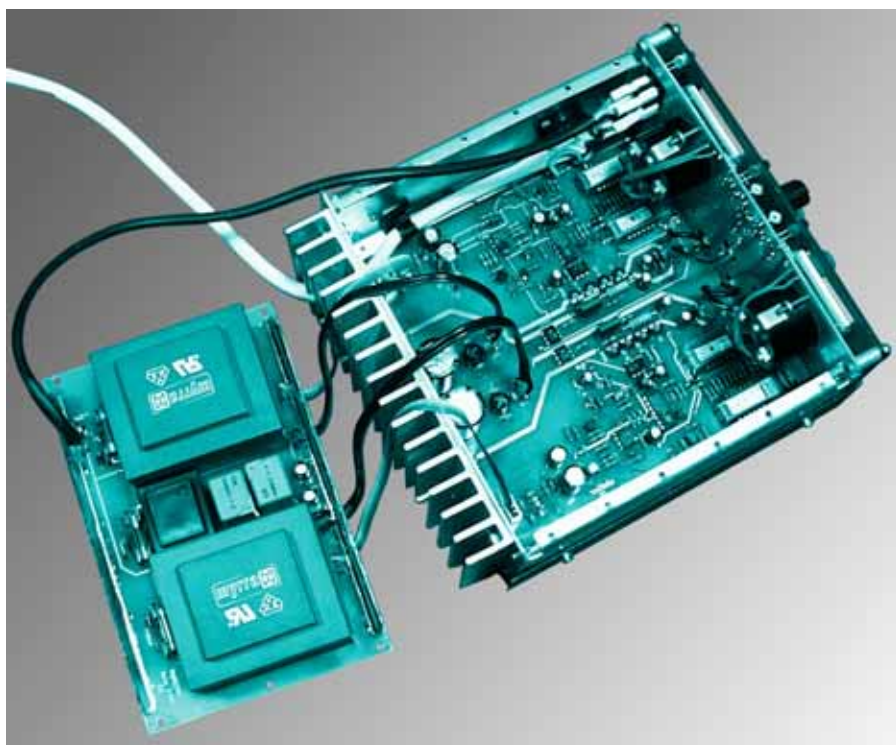
a nakonec potenciometrem P2. Hodnota P2 musí být $510 \Omega \pm 1 \%$, a protože takový potenciometr neexistuje, je použita hodnota $1 \text{ k}\Omega$ s paralelním rezistorem R24 a trimrem P3. Přepínačem S3 se nastavuje výstupní napětí zdroje v jednotkách, přepínačem S4 v desítkách. Hodnoty rezistorů tohoto řetězce jsou voleny tak, aby protékající proud způsobil na každém z rezistorů přepínače S3 úbytek právě 1 V a u S4 10 V. Na plně

zařazeném P2 (spolu s paralelním R24 a P3) je spád rovněž 1 V. To potom umožňuje přímé dekadické nastavování výstupního napětí od 0 V do 29 V a plynule od 0 V do 1 V. Na přesnosti tohoto řetězce závisí tedy i přesnost nastavování napětí.

Výstup IO1 budí přes R26 dělič R27, R28, ze kterého je řízena báze stabilizačního tranzistoru T1. Na tomto místě je použit výkonový TIP111 (darlington). Diody D13, D14, D15 a D21 mají ochranné funkce proti poškození připojením zdroje obrácené polaritě nebo vnučením napětí vyššího, než je nastavené (ku příkladu nabitý kondenzátor). Kondenzátory C14, C15 brání kmitání IO1, C16 odstraňuje nežádoucí složky z relativně dlouhého vedení řídicího napětí.

Na výstupu zdroje je dále připojena malá filtrační kapacita C23 a C24, která odstraňuje zbytky vlnění a jiné nežádoucí složky. Protože zdroj pracuje správně jen při zatížení, je zde ještě R56, kterým protéká malý zatěžovací proud (max. 9 mA při plném výstupním napětí).

Proudový omezovač je tvořen operačním zesilovačem IO2A, jehož invertující vstup je napájen napětím přibližně 0,5 V z děliče R40, R41. Neinvertující vstup je připojen na soustavu snímacích odporů a přepínačů. Výstupní proud teče při rozsahu 0,05 A a 0,1 A přes R52 a R53. Napětí na R52 se snímá podle polohy přepínače S1C (u zdroje B S1B) buď z P5 (rozsah 0,05 A), nebo z P6 (0,1 A). Při zařazení rozsahů 0,5 A nebo 1 A se vyřazuje z činnosti R52 sepnutím

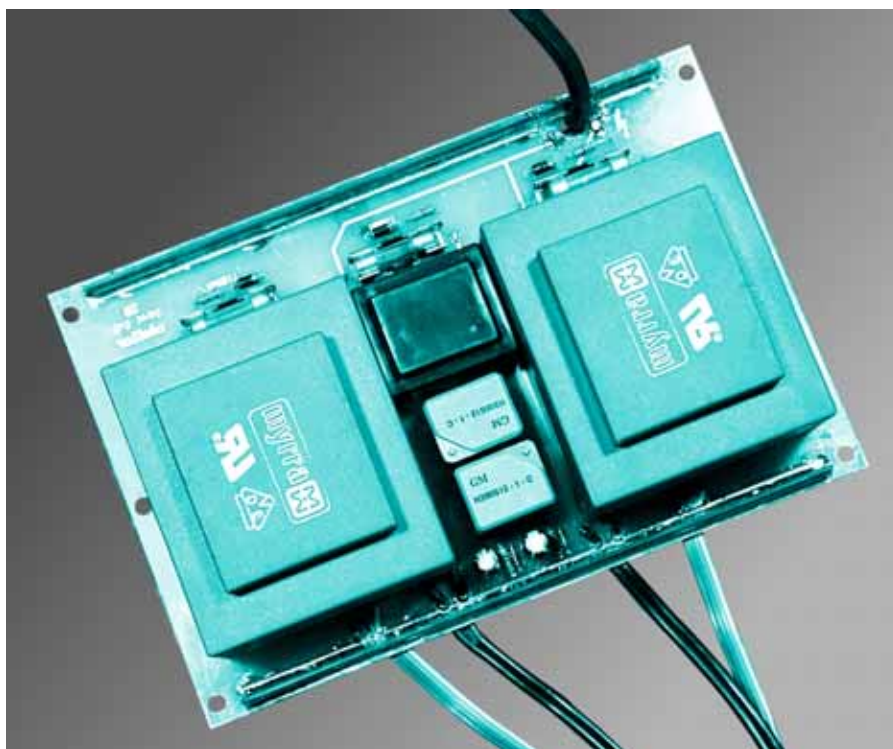


tranzistoru MOSFET T6 a proud protéká jen R53. Nutnost tohoto komplikovaného řešení vyplývá z toho, že není k dispozici vhodný přepínač, který by snesl trvale proud 1 A. Použitý přepínač má navíc jen tři segmenty, takže jedním segmentem musíme ovládat tranzistory T6 i T106. Nezbylo nic jiného, než použít optické vazební členy IO4, které zajistí vzájemné galvanické oddělení obou zdrojů. Protože přepínač přepíná s přerušením v mezipoloze, je v řídicí elektrodě T6 zapojen kondenzátor C22, který svým nábojem toto krátké přerušení překlene.

Napětí z běžce S1C (nebo S1B) je vedeno jednak na ručkové měřidlo, jednak na neinvertující vstup IO2. Pokud je toto napětí nižší než na invertujícím vstupu, je napětí na výstupu OZ v blízkosti 0 V pomocného napájecího napětí. Stoupne-li napětí na neinvertujícím vstupu, v důsledku vyššího protékajícího proudu, nad úroveň invertujícího vstupu, stoupne napětí na výstupu OZ. Je-li přepínač S2 v poloze "Omezovač" (kresleno ve schématu), pak toto napětí přes ochranný rezistor R29 omezuje budící napětí stabilizačního tranzistoru, a udržuje tak protékající proud na úrovni zvolené přepínačem S1 bez ohledu na velikost zatěžovacího odporu. Současně se kladným napětím výstupu IO2A otevře tranzistor T3, který aktivuje bzučák a blikající diodu D19. Rovněž se uvede v činnost i optický vazební člen IO3, který svým tranzistorem uzemňuje vstup KOMP IO101, což je vlastně báze vnitřního výstupního tranzistoru. To platí za předpokladu, že na místě D18' je drátová propojka. Zaměníme-li vzájemně D18 a drátovou propojku, pak při funkci omezování druhý zdroj nevyplíná.

Je-li přepínač S2 v poloze "pojistka", pak kladné napětí otevře přes Zenerovu diodu D17 tyristor Ty1. Tranzistor T2 je trvale otevřen rezistorem R25, a výstup IO1 je tak přes ochranný rezistor R26 uzemněn. Stabilizační tranzistor ztrácí buzení, zavře se a na výstupu zdroje není žádné napětí. Protože tím klesne napětí na výstupu IO2, mizí i budící napětí tyristoru. Ten však zůstává otevřen díky přídržnému proudu z výstupu IO1. Současně se zavře i T3, ale bzučák a blikající dioda pracují dál díky D18, která se otevře.

Sepnutím tyristoru aktivuje ještě optický vazební člen IO3, podobně jako u funkce omezovače. Tím je i druhý zdroj vypnut. Stisknutím tlačítka S5 se uzemní báze T2, tranzistorem přestane protékat proud a tyristor se za-



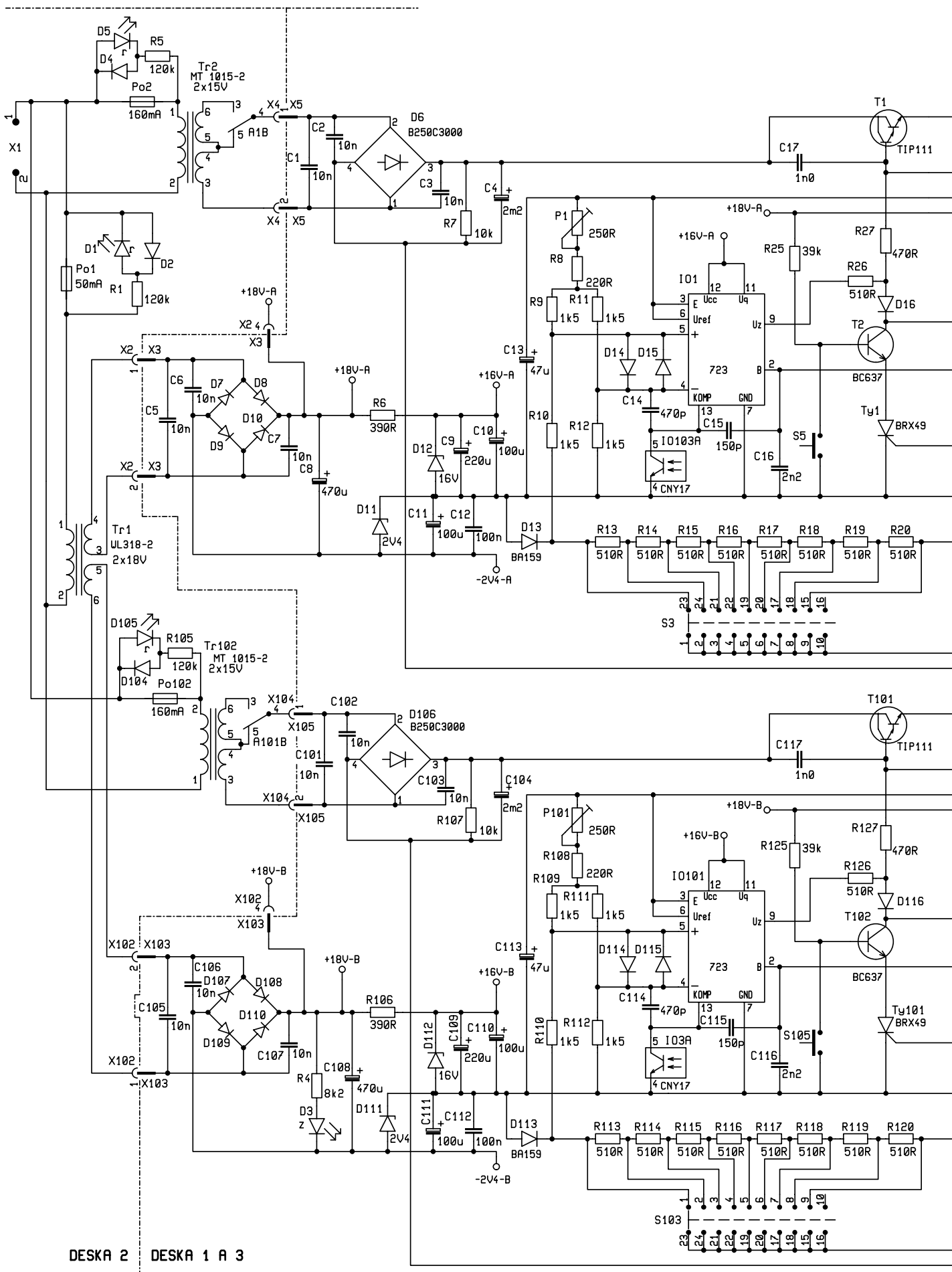
vře a oba zdroje jsou opět v provozu, ovšem za předpokladu, že přetížení na výstupu bylo odstraněno. Tranzistor T2 je bohužel obětí za to, že není k dispozici rozpínací tlačítko vhodných rozměrů, jinak by stačilo dát rozpínací kontakt na místo tranzistoru a odpadl by i R25.

Posledním obvodem zdroje je automatický přepínač sekundárního napětí transformátoru. Jako přepínač je použito relé spínané tranzistorem T5. Rezistor R50 snižuje spotřebu při trvalém zapnutí, zatímco kondenzátor C21 zajišťuje

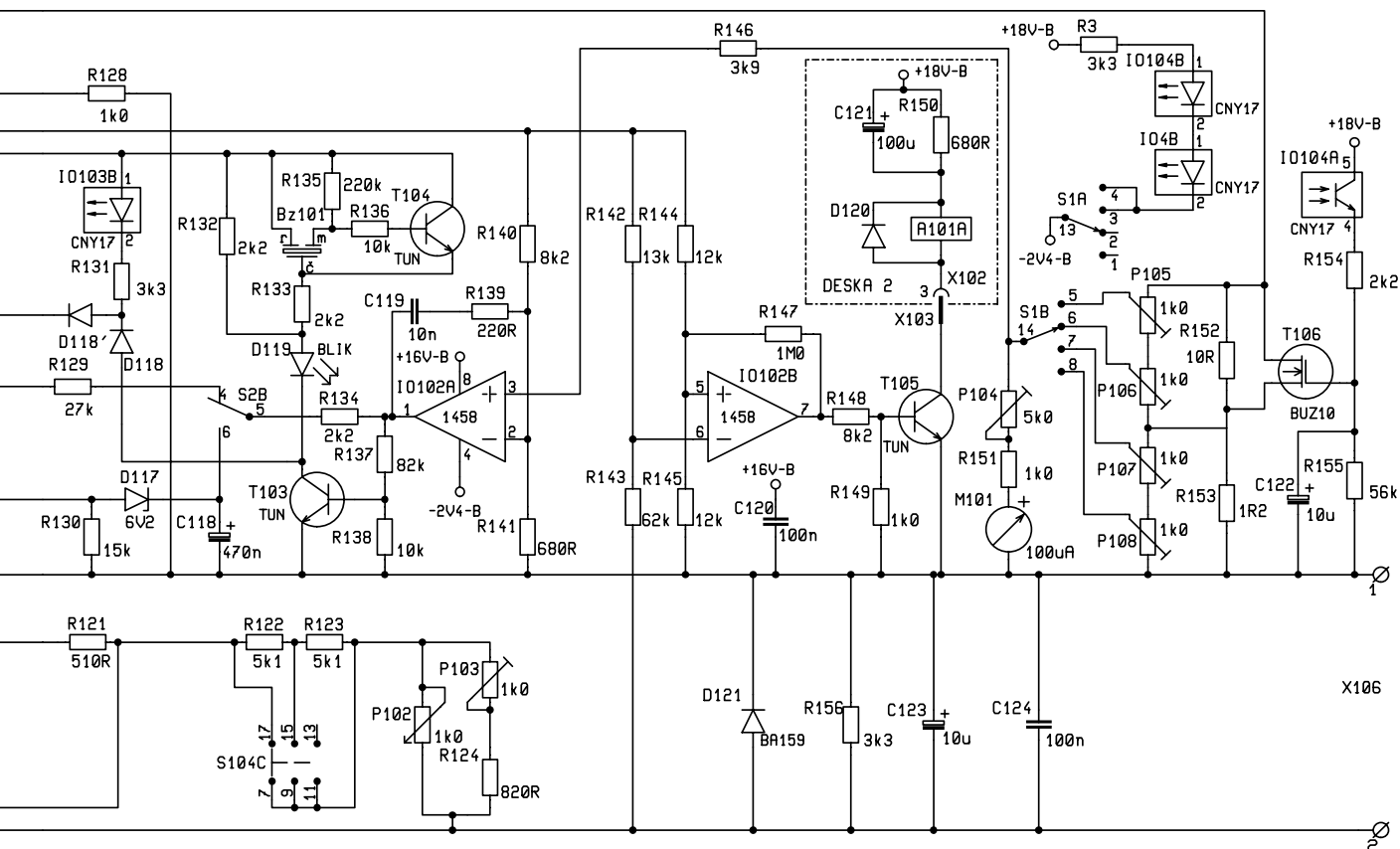
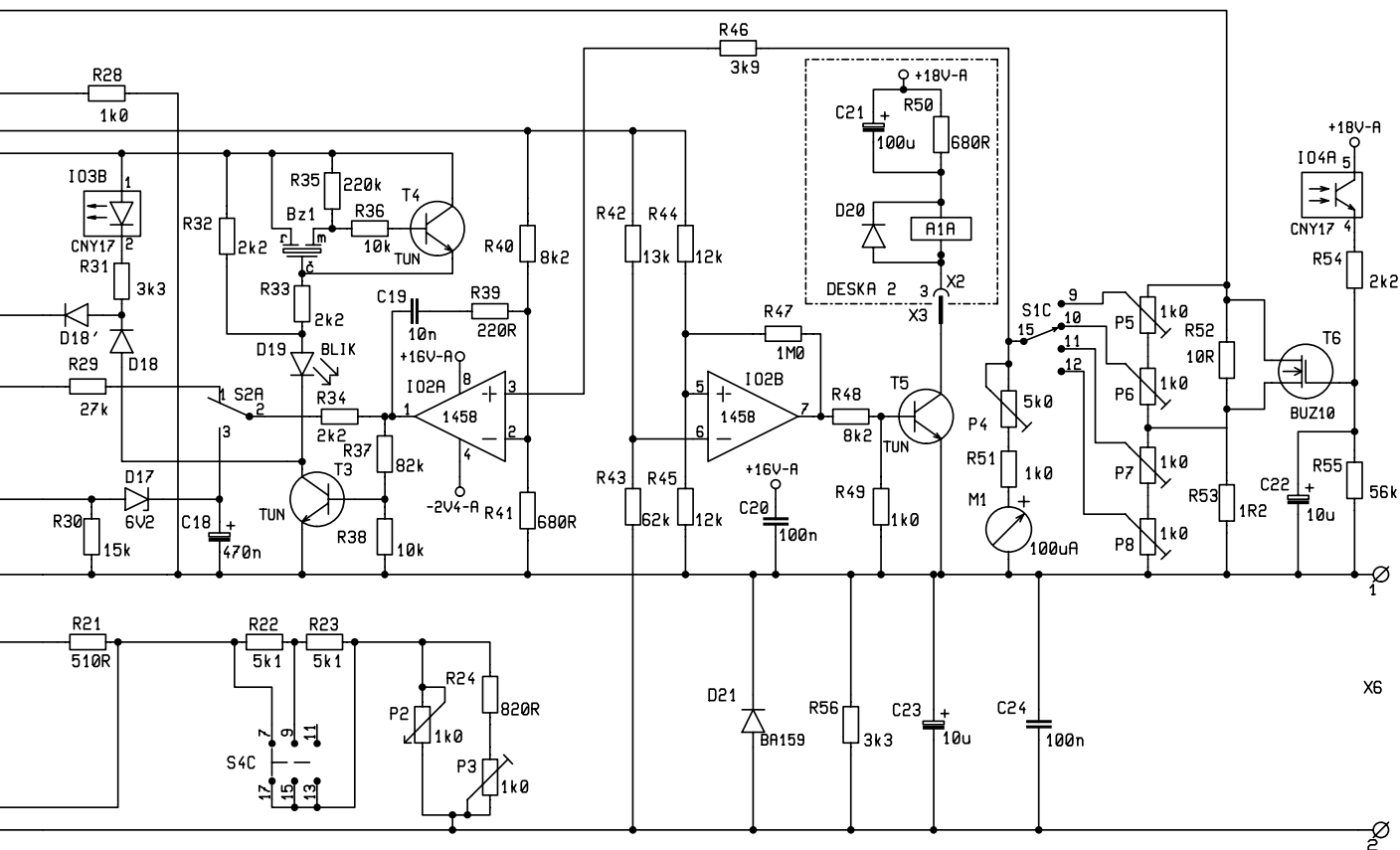
svým nábojem dostatečný proud pro přitah relé. Báze T5 je řízena výstupem operačního zesilovače IO2B, který je zapojen jako komparátor. Jeho vstupy porovnávají napětí z děliče R44, R45 s napětím R42, R43, které je závislé na velikosti napětí výstupního. Hodnoty odporů R42, R43 jsou voleny tak, aby překlopení nastalo při výstupním napětí cca 12 V; při tom rezistor R47 zavádí do obvodu malou hysterezi, aby nedocházelo ke kmitání relé při nepatrném kolísání napětí kolem přepínací úrovně. □

(Pokračování příště)





Obr. x - Schéma zapojení zdroje



Předzesilovač s plynulou regulací zesílení



stavebnice č. 415

Stavebnice stereofonního předzesilovače s plynulou regulací zesílení byla vyvíjena jako součást domácího zesilovače. Je určena pro připojování zařízení s nestandardní výstupní úrovní.

Samozřejmě není podmínkou použití tohoto předzesilovače pouze v zapojení domácího zesilovače. Lze jej rovněž použít jako součást jiných zařízení nebo samostatně, například jako oživovací pomůcku pro jiné nf konstrukce.

Zapojení předzesilovače je velmi jednoduché a jeho činnost si předvedeme na jednom kanálu zesilovače. Ze signálu je kondenzátorem C1 oddělena střídavá složka, která je zesilována neinvertujícím operačním zesilovačem. Jako u každého neinvertujícího zapojení operačního zesilovače je zesílení obvodu dáno poměrem hodnot rezistorů:

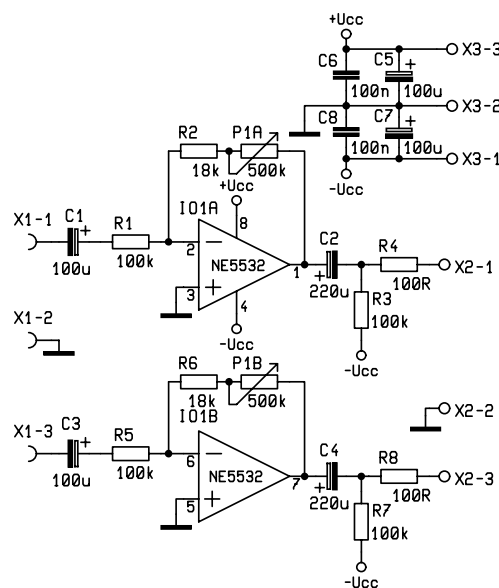
$$(R2+P1)/R1$$

S uvedenými hodnotami lze změnou nastavení potenciometru nastavit požadovanou výstupní úroveň 300 mV pro stavebnici KTE416 v rozsahu vstupních hodnot od 60 mV do 1,5 V a vstupní odpor zesilovače je větší než 100 kΩ.

Za operačním zesilovačem následuje oddělovací kondenzátor C2, který propouští pouze střídavou složku signálu. Rezistor R3 nastavuje stejnosměrnou úroveň výstupního napětí tak, aby bylo možno spolehlivě spínání tranzistory FET. Rezistor R4 slouží pouze jako ochrana operačního zesilovače před zkratem. Aby bylo možno měnit zesílení na obou kanálech současně, je pro regulaci zesílení použit dvojitý (tandemový) potenciometr.

Pokud nebude předzesilovač používán ve spojení se stavebnicí KTE416 – korekční předzesilovač s omezovačem šumu, je

možno rezistor R3 (R7) a oddělovací kondenzátor C2 (C4) vypustit, záleží na konkrétním použití. Rovněž vstupní oddělovací kapacita není bezpodmínečně nutná, pokud používáme zdroj signálu s vhodnou stejnosměrnou úrovní.



Obr. 1 - Schéma zapojení

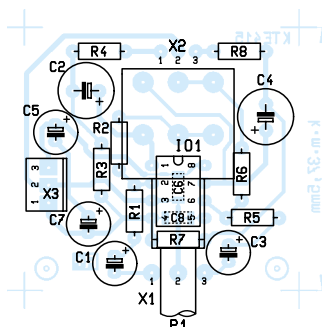
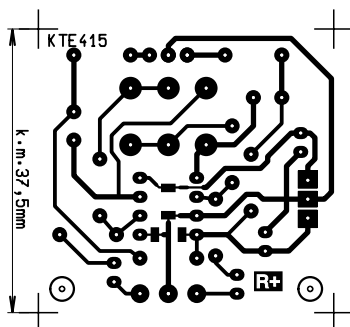
Stavebnice je umístěna na malé jednostranné desce s plošnými spoji. Při pečlivé a pozorné práci by osazení plošného spoje nemělo nikomu činit potíže. Nejprve osadíme dva SMD filtrační kondenzátory a poté všechny ostatní pasivní součástky vyjma potenciometru. Ten zapájíme až po osazení integrovaného obvodu IO1, který se pod tímto potenco-

metrem nachází. Pro snadnější manipulaci s předzesilovačem je napájení prováděno přes konektor PFH02-03P, který zapájíme až nakonec. K oživení zesilovače, které je rovněž velmi jednoduché, stačí jednoduchý zdroj signálu a osciloskop, nebo alespoň sluchátko s vysokou impedancí. Po připojení signálu se výstupní amplituda, popřípadě hlasitost ze sluchátka, musí měnit v závislosti na otáčení potenciometru P1. Zesilovač je určen k montáži na čelní panel přístroje, kam je upevněn pomocí dvou úhelníků přišroubovaných v rozích plošného spoje.

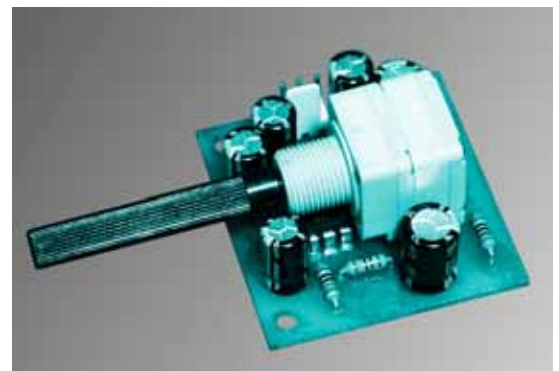
Věříme, že vám bude stavebnice zesilovače s proměnným zesílením sloužit ku spokojenosti. Stavebnici si můžete objednat objednávkovým formulářem, který naleznete na adrese www.spinet.cz/radioplus nebo e-mailem rplus@login.cz, popřípadě telefonicky nebo faxem na číslo 02/24 81 88 86. Součástí stavebnice jsou všechny díly dle seznamu součástek, včetně předvrtaného plošného spoje. Cena stavebnice je 155 Kč.

Seznam součástek

| | |
|-----------------------|---------------|
| R1, R3, R5, R7 | 100k |
| R2, R6 | 18k |
| R4, R8 | 100R |
| C1, C3, C5, C7 | 100μ/16V |
| C2, C4 | 220μ/16V |
| C6, C8 | 100n SMD 1206 |
| P1 | 500k PC16SL |
| IO1 | NE5532 |
| X3 | PFH02-03P |
| 1× plošný spoj KTE415 | |
| 1× konektor PSH02-03P | |



Obr. 2, 3 - Destička s plošnými spoji a rozmístění součástek



Osciloskopy a jejich použití



Časová reflektometrie

Ing. Ladislav Havlík, CSc.

Časová reflektometrie je osciloskopická metoda měření impedance koaxiálních, páskových nebo jiných vedení a jejich součástí. Časová reflektometrie používá generátor jednotkového impulsu (impulsu s amplitudou = 1), který vysílá impuls do zkoušeného objektu. Čelo impulsu se šíří testovaným vedením a nabíjí ho. Na vedení vytvoří napětí úměrné velikosti impedance v každém jeho místě. Temeno impulsu je tak modelováno v soulase s velikostí impedance zkoumaného objektu. Reflektometr rozliší změnu impedance v délce srovnatelné s trváním čela testovacího jednotkového impulsu. Čím kratší je čelo impulsu, tím jemnější je délkové rozlišení impedance. (Při odezvě reflektometru 39 ps je délkové rozlišení 6 mm).

Časová reflektometrie určuje průběh impedance podél vedení, místo jedné či více nespojitostí, místo zkratu nebo rozpojení vedení. Umí dokonce rozpoznat, zda původem nespojitosti je odpor, kapacita nebo indukčnost. V anglické literatuře je metoda nazývána TDR (*time domain reflectometry*).

Časové reflektometry

Časový reflektometr je tvořen generátorem impulsů, vzorkovačem osciloskopu a referenčním vedením. Obvyklé uspořádání reflektometru je na obr. 128.

tor impulsů a referenční vedení, které nastaví amplitudu procházejícího a případně i odraženého impulsu na normovanou hodnotu odpovídající impedanci $Z_0 = 50 \Omega$. Toto vedení by měl být vždy přesný mik-

| Z_0 [Ω] | D [mm] | d [mm] | Δd [mm] | ΔZ_0 [Ω] |
|-----------------------|-----------|-----------|--------------------|------------------------------|
| 50,033 | 7,093 | 3,078 | - | - |
| 51,170 | 7,093 | 3,020 | -0,580 | +1,137 |

Vnější průměr D a vnitřní průměr d vzduchových linek a vypočtení impedance Z_0

s tunelovou diodou S-52 ($t_{rg} = 25 \text{ ps}$). Výsledná odezva reflektometru je v tom případě

$$t_{ref} = \sqrt{t_{ro}^2 + t_{rg}^2} = \sqrt{(30 \cdot 10^{-12})^2 + (25 \cdot 10^{-12})^2} = 39 \text{ ps.}$$

Jde o důležitý parametr který, jak jsme již naznačili, určuje nejkratší časové a tedy i délkové rozlišení změny impedance.

Průběhy na vedení se zátěží

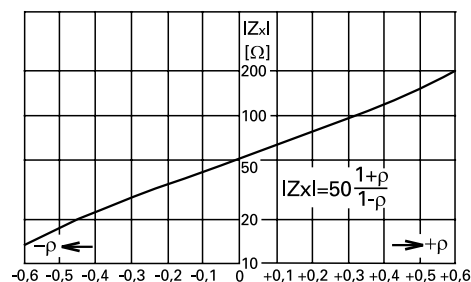
Mírou velikosti diskontinuity nebo velikosti impedance na vedení je činitel odrazu ρ , který je definován poměrem amplitudy odraženého U_r (...reflected) a vstupního jednotkového impulsu U_i (...input) :

$$\rho = U_r / U_i = (Z_x - Z_0) / (Z_x + Z_0) \quad (41)$$

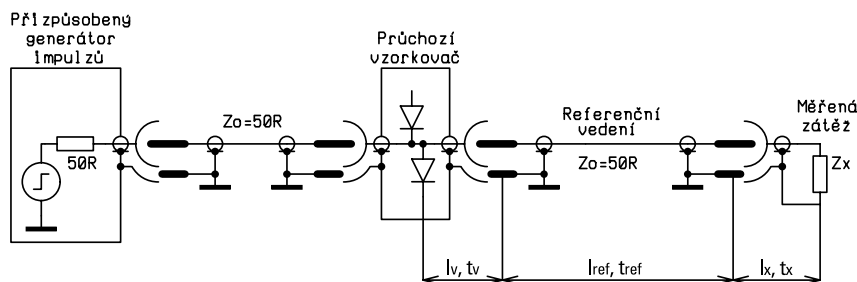
Reflektometry jsou obvykle cejkovány v jednotkách činitele odrazu ρ nebo pro jemnější rozlišení v tisíckrát menších jednotkách $m\rho$ (miliró). Velikost měřené impedance Z_x určíme pomocí činitele odrazu ρ ze vztahu

$$Z_x = Z_0 (1 + \rho) / (1 - \rho) \quad (42)$$

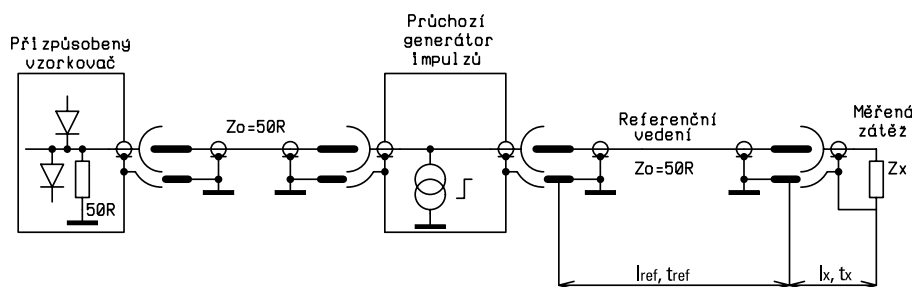
Vztah (42) ve formě grafu pro užitečný rozsah činitele odrazu ρ je na obr. 130,



Obr. 130 - Závislost impedance Z_x na činiteli odrazu ρ v rozsahu $\rho = -0,6$ až $+0,6$



Obr. 128 - Časový reflektometr s průchozím vzorkovačem l_{ref} je délka referenčního vedení, t_{ref} je jeho zpoždění, l_x je délka (elektrická) zátěže a t_x je její zpoždění



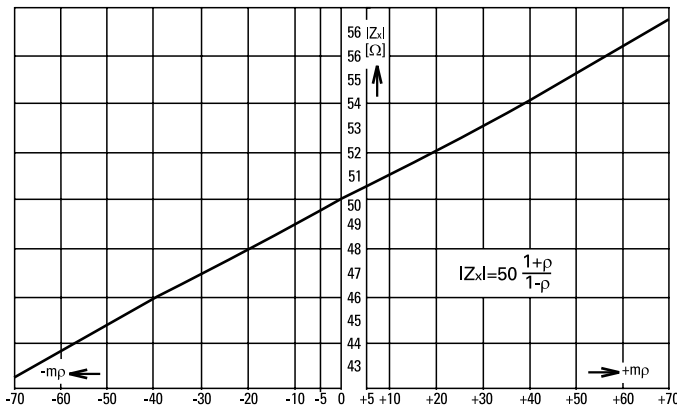
Obr. 129 - Časový reflektometr s průchozím generátorem impulsů

Přizpůsobený generátor impulsů je připojen na průchozí vzorkovač vedením o impedanci $Z_0 = Z_G$. Na vstup vzorkovače je připojeno referenční vedení o délce l_{ref} se zkoumanou zátěží Z_x , jejíž délka je l_x . Generátorem impulsů je tunelová dioda, nízkohybný prvek, vhodný pro dosažení impedance $Z_0 = 50 \Omega$. Nevýhodou tohoto reflektometru je, že průchozí vzorkovač přímo měří také malé odrazy reflektované generátorem impulsů.

Reflektometr podle obr. 129 tvoří přizpůsobený vzorkovač, průchozí generá-

rovný kabel nebo vzduchová linka s impedancí Z_0 právě 50Ω . Malé nežádané odrazy z vzorkovače jsou vysílány do měřicí trasy přes průchozí generátor. Přizpůsobený vzorkovač změří teprve jejich zeslabený odraz, vyslaný zpět měřicí trasou. Reflektometr podle obr. 129 je proto vhodnější, než reflektometr s průchozím vzorkovačem.

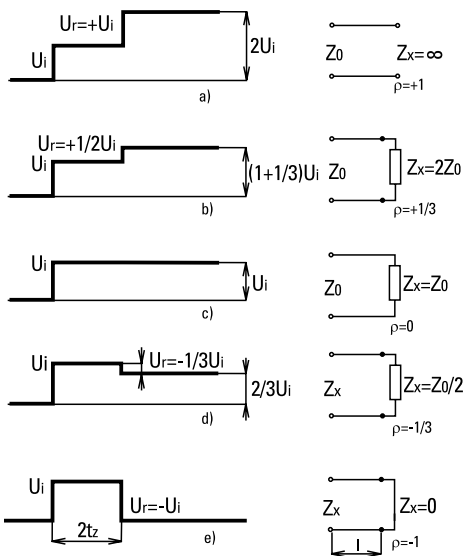
Dále uvedené příklady měření byly provedeny reflektometrem Tektronix 7S-12 s průchozím vzorkovačem S-6 ($t_{ro} = 30 \text{ ps}$) a přizpůsobeným generátorem impulsů



Obr. 131 - Závislost impedance Z_x od 43 do 57 Ω na činiteli odrazu ρ v rozsahu -70 až +70 mp

na obr. 131 je střed tohoto grafu pro přesnější určení impedance v blízkosti $Z_0 = 50 \Omega$.

Všimneme si několika základních průběhů z časové reflektometrie. Na obr. 132a je na vstup reflektometru připojeno vedení o impedanci $Z_x = Z_0$ a délce l s rozpojeným výstupem. Skok o amplitudě U_i vyslaný generátorem je rozpojeným koncem zkoumaného vedení odražen zpět ke vzorkovači s amplitudou $U_r = +U_i$, činitel odrazu $\rho = +1$. Čelo odraženého průběhu je zpožděno za čelem skoku z generátoru o čas $2t_z$ určený délkou vedení l a dielektrickou konstantou dielektrika vedení ϵ , jak jsme poznali již



Obr. 132 - Průběhy napětí na vedení s impedancí Z_0 a délky l
 a) naprázdno; b) zakončením impedancí $Z_x = 2 Z_0$; c) zakončením impedancí $Z_x = Z_0$; d) zakončením impedancí $Z_x = Z_0/2$; e) zakončením zkratem, $Z_x = 0$

v předešlé stati Měření v koaxiálních obvodech.

$$t_z = l \sqrt{\epsilon} / c, c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s.} \quad (40)$$

Časovým reflektometrem naměříme vždy dvojnásobek zpoždění, protože čelo

impulzu nejprve běží ke konci otevřeného nebo zatíženého vedení, odráží se a touž cestou se vrací zpět ke vzorkovači. Na obr. 132b je vedení zakončeno impedancí $Z_x = 2Z_0$. Odražený skok má podle výrazu 41 amplitudu $U_r = U_i/3$ a činitel odrazu $\rho = +1/3$. Jestliže je vedení zakončeno impe-

dancí $Z_x = Z_0$, nenastane žádný odraz, $U_r = 0$, $\rho = 0$ – obr. 132c. Pokud je zátěž Z_x menší než impedance vedení Z_0 , má reflektovaný skok zápornou amplitudu. V obr. 132d je zátěž $Z_x = Z_0/2$, takže amplituda odraženého skoku $U_r = -U_i/3$ a činitel odrazu $\rho = -1/3$. V posledním případě na obr. 132e je vedení zkratované a odražený skok má amplitudu $U_r = -U_i$, ($\rho = -1$). Na obrazovce se objeví impuls o délce

$$t = 2t_z = (2l \sqrt{\epsilon}) / c,$$

neboť po době t se od vstupního skoku o amplitudě U_i odečetl reflektovaný skok o amplitudě, kdy $U_r = -U_i$. Jak takové průběhy otevřeného vedení, vedení se zátěží $Z_x = Z_0$ a vedení se zkratem ukáže skutečný reflektometr s průchozím vzorkovačem je vidět na obr.133. Průběh 1 odpovídá rozpojenému vedení, $Z_x = \infty$. Impuls dosáhl konce rozpojeného vedení za dobu $t_v + t_{ref}$. Odrazil se v téže polaritě a s touž amplitudou ($\rho = 1$) a za dobu $2(t_v + t_{ref})$ dospěl do vzorkovače.

Průběh 2 znázorňuje jednotkový impuls bez odrazu. Vedení je zakončeno impedancí $Z_x = Z_0 = 50 \Omega$. Amplituda impulsu odpovídá impedanci 50 Ω a je pro nás referenční úroveň, neboť $\rho = 0$.

Průběh 3 je impuls o délce $2(t_v + t_{ref})$. Tyl impulsu vytvořil impuls opačné polarity, který se odrazil od zkratovaného konce vedení ($\rho = -1$). Průběh 4 je krátký im-

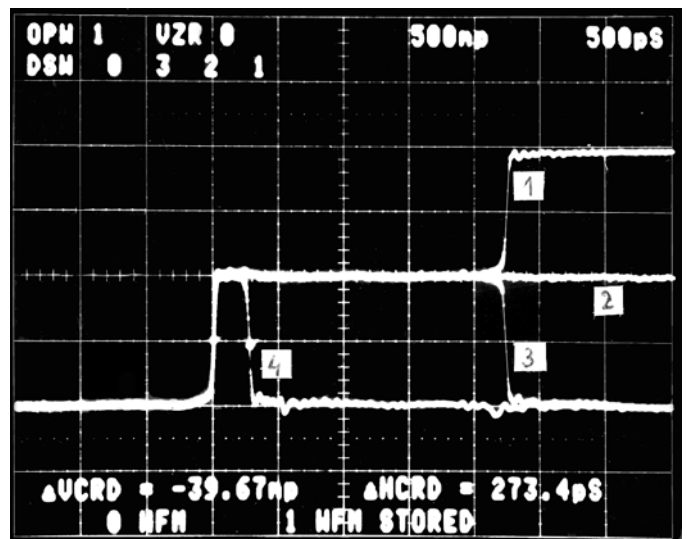
pulz o délce $2t_v$, na výstupu vzorkovače je zkrat ($\rho = -1$).

Délku impulsu jsme změřili bodovými kurzory, $2t_v = 273,4$ ps. Impuls 3 má délku 4,5 dílku, tedy 2250 ps. Odečtením délek impulsu 3 a 4 získáme dvojnásobek zpoždění referenční linky $2t_{ref} = 2250 \cdot 10^{-12} - 273,4 \cdot 10^{-12} = 1976,6$ ps a $t_{ref} = 988,3$ ps. Pomocí vztahu (40), který si přepíšeme na tvar $l = t_z \cdot c / \sqrt{\epsilon}$

můžeme určit délku referenčního vedení l_{ref} . Předpokládejme, že referenční kabel má izolaci z teflonu, takže $\epsilon = 2$ a délka kabelu bude

$$l_{ref} = (988,3 \cdot 10^{-12} \cdot 3 \cdot 10^8) / \sqrt{2} = 209,5 \text{ mm.}$$

Pravítkem jsme změřili 210 mm. Délku kabelu, který máme snadno dostupný jistě reflektometricky určovat nemůžeme. Je to spíše dobrý příklad způsobu stanovení místa diskontinuity nebo dokonce zkratu či rozpojení na vedení. Můžeme tak zachránit notný kus koaxiálního kabelu.

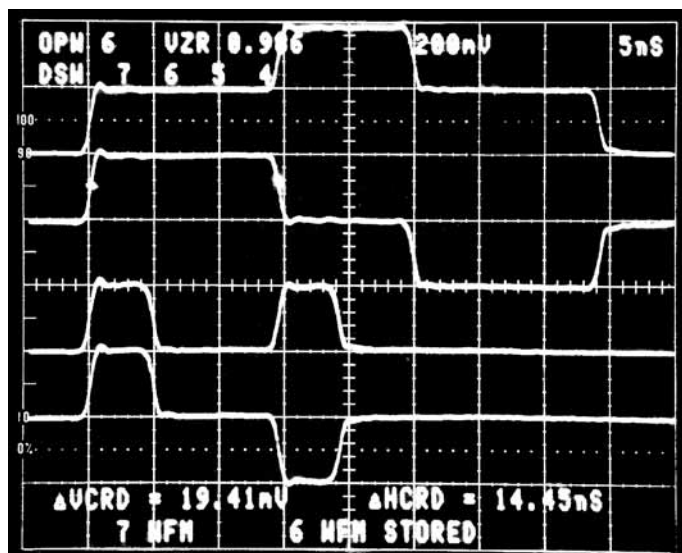


Obr. 133 - Průběhy napětí na vedení změřené časovým reflektometrem s průchozím vzorkovačem;
 1. rozpojené referenční vedení $Z_x = \infty$;
 2. vedení zakončené impedancí $Z_x = Z_0 = 50 \Omega$;
 3. vedení se zkratem na výstupu $Z_x = 0$;
 4. průchozí vzorkovač se zkratem na výstupu $X = 500$ ps/díl, $Y = 0,5$ p/díl (Tektronix 7854/7S12)

Při reflektometrických měřeních na obrázcích 132 a 133 bylo správně použito testovacích impulsů, jejichž doba t_p byla nejméně několiknásobkem doby $2t_z$ měřeného vedení:

$$t_p > 2t_z \quad (43)$$

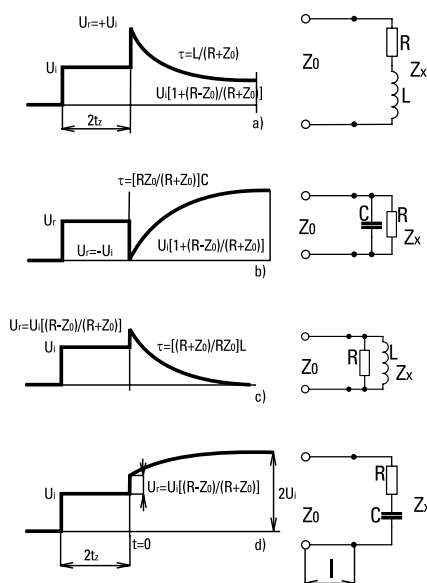
Nesplnění podmínky (43) může vést k nesprávné interpretaci měření nebo je dokonce znemožnit. Na obr. 134 jsou dva příklady měření s použitím krátkých testovacích impulsů. V obou případech je měřeným objektem koaxiální kabel s polyethylenovým dielektrikem ($\epsilon = 2,14$) délky $\sim 0,75$ m a impedance $Z_0 = 50 \Omega$.



Obr. 134 - Časová reflektometrie provedená impulzy o délce 25 ns na rozpojeném a zkratovaném kabelu jehož zpoždění $2t_z = 14,45$ ns (viz bodové kurzory) na stopě 1 a 2 shora; totéž měření s impulzy o délce 5 ns na stopě 3 a 4; X = 5 ns/díl, Y = 1p/díl (= 200 mV/díl), (Tektronix 7854).

Použitý generátor impulzů má čelo $t_{fg} = 0,9$ ns velice dlouhé, ale pro daný případ zajišťuje vyhovující časové rozlišení.

V prvním a druhém průběhu shora je doba trvání měřícího impulzu $t_p = 25$ ns. V prvním průběhu je impuls vymezen prvním čelem a prvním týlem. Střední stupeň signálu je součtem zadní části vstupního impulzu a přední části kladného impulzu odraženého od rozpojeného konce kabelu ($U_r = +U_i$; $p = +1$). Doba trvání středního stupně je $t_p - 2t_z = 25 -$



Obr. 135 - Průběhy napětí na vedení délky l a zpoždění t_z zakončeném obvodem
a) seriovým RL,
b) paralelním LC,
c) paralelním RL,
d) seriovým RC

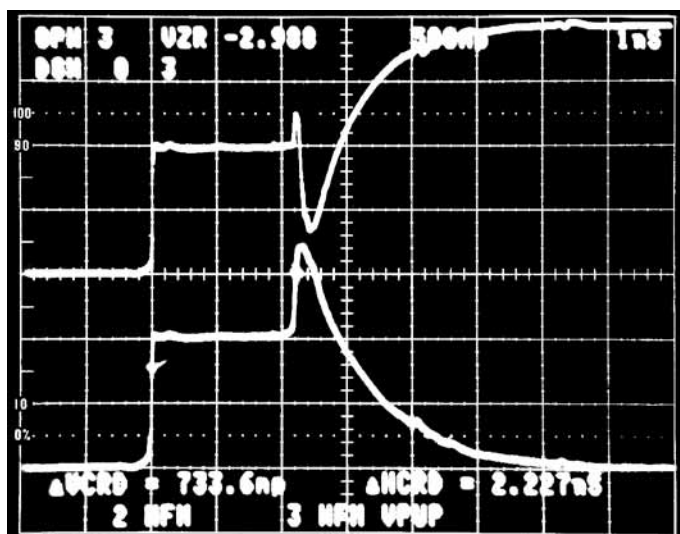
na. Přesto lze zpoždění měřeného kabelu v obou případech stanovit. Je vymezeno čely vstupního i odraženého kladného impulzu – stopa 3, nebo čely vstupního kladného a odraženého záporného impulzu – stopa 4. Na průbězích 3 a 4 ovšem nemůžeme dost dobře sledovat průběh impedanace měřeného kabelu, a to zejména ve střední části s nulovou amplitudou.

Tvary signálu na vedení zakončeném zátěží sériového a paralelního členu RC a RC shrnuje obr. 135 viz též práce [21]. V čase $t = 2t_z$ dosáhlo čelo odražené vlny vzorkovače (obecně bodu, kde je signál monitorován). V tomto okamžiku se jeví sériová kombinace RL na obr. 135a jako nekonečně velká impedanace. Proud indukčnosti s časem vzrůstá a její impedanace exponenciálně klesá. Po dostatečně dlouhé době je amplituda odražené vlny určena pouze hodnotou odporu R a impedanace vedení Z_0 . Paralelní kombinace RC na obr. 135b má v okamžiku $t = 0$ nulovou impedanci. Ta s nabíjením kondenzátoru C ex-

ponenciálně vzrůstá na konečnou hodnotu určenou velikostí odporu R a impedanace Z_0 . Impedance paralelní kombinace RL v obr. 135c v čase $t \rightarrow \infty$ klesne na 0, zatímco impedance sériové zátěže RC v obr. 135d vzroste na uvedenou hodnotu. Praktický příklad nalezneme na obr. 136. Necht' si čtenář laskavě povšimne drobných odrazů ve tvaru špiček, které se s klesající amplitudou opakují po době $2t_z = 2,227$ ns na obou průbězích. Působí je konektor kabelu v místě připojení na vstup vzorkovače. Doba t_z je zpoždění použitého kabelu a její dvojnásobek na spodní stopě je vyznačen bodovými kurzory.

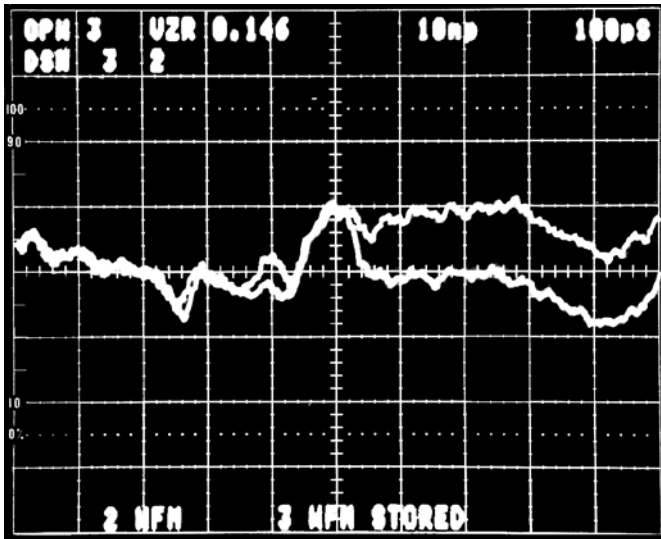
Použití časové reflektometrie

Doposud předvedená měření časovým reflektometrem na obrázcích 133, 134 a 136 využívala malou vertikální citlivost 1 až 0,5 p/díl. Běžná měření se provádějí s mnohem větší citlivostí až 1m p/díl a tak se získá mnohem větší rozlišení impedanace. Musíme si ovšem zvyknout, že průběhy nebudou již tak hladké, jako v předchozích příkladech a nutně se projeví šum stopy.



Obr. 136 - Signál časové reflektometrie změřený na krátkém vedení ($Z_0 = 50 \Omega$, $l = 20$ cm) zakončeném keramickým kondenzátorem 16,4 pF (horní stopa) nebo indukčností 80 nH tvořenou smyčkou drátu ve tvaru U ($\varnothing 0,5$ mm, $l = 7$ cm v přímém stavu) na spodní stopě; X = 1 ns/díl, Y = 500 mp/díl (Tektronix 7854)

Na obr. 137 jsou oscilogramy měření impedanace vzduchové linky používané jako normál zpoždění 200 ps. Horní průběh náleží vedení s odrazem 0,01, které má podle vztahu (42) impedanci $Z_1 = Z_0 (1+p)/(1-p) = 50(1+0,01)/(1-0,01) = 51 \Omega$, jak se můžeme přesvědčit také na obr. 33. Toto vedení má vnitřní vodič o průměru $d_1 = 3,02$ mm a vnější vodič o průměru $D = 7,093$ mm. Spodní průběh vytvořilo vedení s impedancí $Z_2 = 50 \Omega$



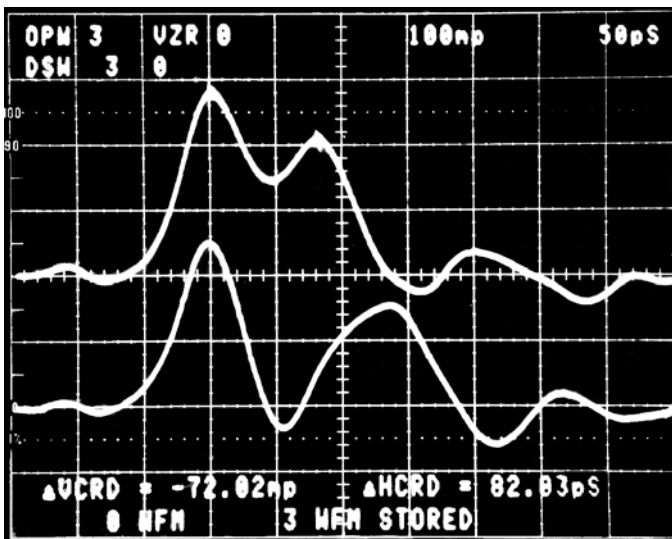
Obr. 137 - Měření impedance vzduchové linky: horní průběh patří lince s odrazem $r = 0,01$, $Z_0 = 51 \Omega$ dolní průběh linky s impedancí 50Ω , bez odrazu. V obou případech je zpoždění koaxiální vzduchové linky 200 ps (odečítáme $2 t_z = 400 \text{ ps}$) (Tektronix 7854).

a průměry $d_2 = 3,078 \text{ mm}$, $D = 7,093 \text{ mm}$. Pilný čtenář může naše měření zkontrolovat výpočtem. Pro impedanci koaxiálního vzduchového vedení Z platí

$$Z = 138 \log D/d \quad (44)$$

kde D je průměr vnějšího a d je průměr vnitřního vodiče vedení. Náš výsledek se od vypočteného bude lišit na čtvrtém místě: $Z_2 = 50,033 \Omega$, $Z_1 = 51,17 \Omega$.

Vnější průměr koaxiální vzduchové linky D je v obou případech stejný. Pro přehlednost jsme výpočty seřadili do tabulky 14. Všimněme si, že malý rozdíl vnitřních průměrů $d_1 - d_2 = -0,058 \text{ mm}$

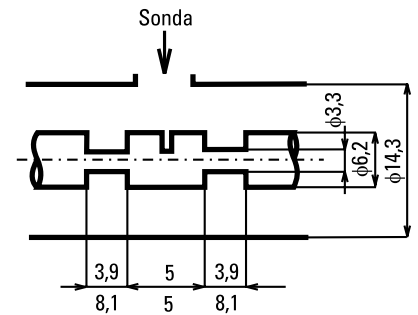


Obr. 138 - Měření zeslabeného středního vodiče koaxiálního vedení v místě připojení sondy. Vzdálenost maxim na horním průběhu je 82 ps . Odezva systému $t_{ref} = 39 \text{ ps}$ nedovolila poklesnout průběhu mezi maximy na nulovou úroveň určenou střední linkou rastru. Nulová úroveň odpovídající $Z_0 = 50 \Omega$ je na spodním průběhu 2 linka rastru zdola; $X = 50 \text{ ps/díl}$ $Y = 100 \text{ ps/díl}$ (Tektronix 7854)

způsobil zvětšení impedance vedení Z_0 o celých $+1,137 \Omega$. To dokládá jak velké nároky na mechanickou přesnost jsou kladeny při výrobě precizních mikrovlnných součástí. Měření impedance vzduchové linky je současně dokladem citlivosti a jistě i názornosti metody časové reflektometrie. Z měření lze současně odečíst zpoždění $2t_z = 400 \text{ ps}$, takže zpoždění koaxiální vzduchové linky ($\epsilon = 1$) je 200 ps . Přesnost odečtení je malá vlivem konečné délky odezvy systému reflek-

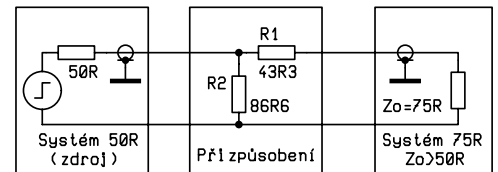
tometru, v našem případě 39 ps a vlivem odrazů na vstupním a výstupním konektoru linky. Maxima na začátku průběhu odpovídají diskontinuitám koaxiálního přechodu SMA/APC7 a konektoru APC7. Zvlnění na konci průběhu má na svědomí druhý konektor APC7. Za ním, od posledního minima již následuje jen rozpojený konec linky, ale to už je časově vpravo od konce obrazového pole.

Měření koaxiálního vedení pro připojení sondy je na obr. 138. Horní průběh vytvořilo vedení s kratšími úseky zeslabení (obr. 139), spodní průběh vedení s delšími úseky zeslabení ($8,1 \text{ mm}$). Pro horní průběh odpovídá impedanci 50Ω střední linka rastru, pro spodní průběh je referenční druhá linka rastru. Menší zvlnění průběhů vpravo na konci stop je způsobeno konektorem koaxiální zátěže 50Ω . Reflektometr velmi dobře rozlišil dvě diskontinuity časově vzdálené $82 \text{ ps}/2$ (viz bodové kurzory na horním průběhu). Odpovídající délková vzdále-



Obr. 139 - Vedení s dvojnásobným zeslabením středního vodiče

nost $12,3 \text{ mm}$ se zhruba kryje s rozměry na obr. 139. Zeslabení středního vodiče představují vlastně indukčnosti, které kompenzují vstupní kapacitu připojené sondy. V místě zeslabení středního vodiče je odraz $0,27$ a odpovídá impedanci vedení 87Ω . Z rozměrů vedení na obr. 139 můžeme pomocí výrazu (44) určit im-



Obr. 140 - Přizpůsobení reflektometru s impedancí 50Ω pro systém s impedancí $Z_0 = 75 \Omega$ ($Z_0 > 50 \Omega$)

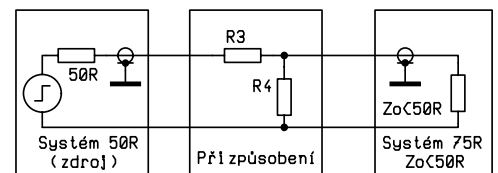
pedanci zeslabených úseků vedení $Z = 87,4 \Omega$.

Rozlišení dvou blízkých diskontinuit je určeno polovinou odezvy systému t_{ref} (generátor a osciloskop) [21], platí tedy

$$\Delta r_{\text{ref min}} = t_{\text{ref}} \cdot c / 2\sqrt{\epsilon} \quad (45)$$

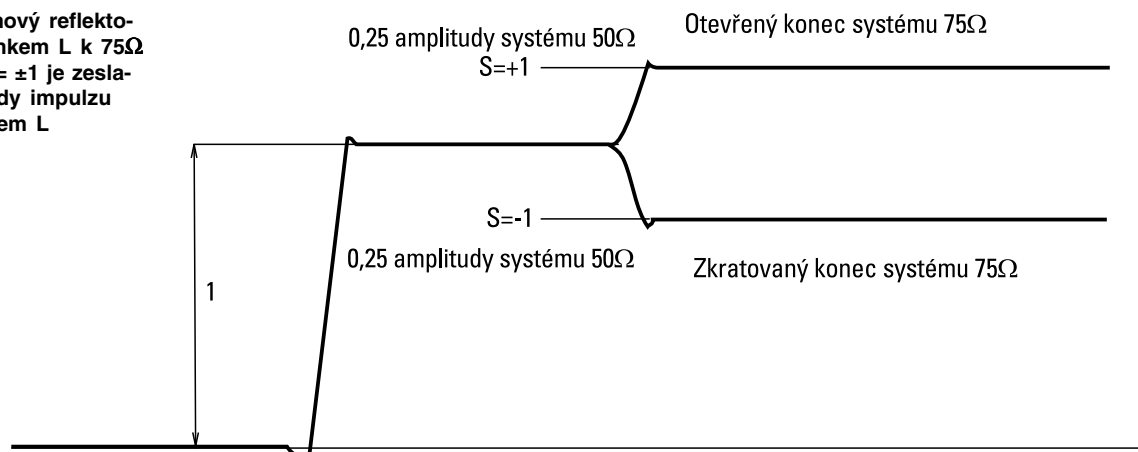
V současné době dosahují reflektometry nejkratší odezvy $t_{ref} = 35 \text{ ps}$, viz stať Vzorkovací osciloskopy, tabulka 2. Tomu odpovídá vzdálenost rozlišitelných diskontinuit $\Delta r_{\text{ref min}} = 5,25 \text{ mm}$. Takové rozlišení dovoluje proměřovat nejen kabelová vedení, ale i propojení konektory a impedanční vlastnosti mikrovlnné trasy dlouhé třeba jen 1 cm . Vyhodnocení průběhů však vyžaduje určitou zkušenost.

Reflektometr s impedancí 50Ω je možné použít pro měření na trasách s impedancí $Z_0 = 75 \Omega$ tak, že jeho výstup přizpů-



Obr. 141 - Přizpůsobení reflektometru s impedancí 50Ω systému s impedancí $Z_0 < 50 \Omega$

Obr. 142 - Padesátiohmový reflektometr přizpůsobený článkem L k 75Ω kabelu; odpovídající $\rho = \pm 1$ je zeslabeno na $\pm 0,25$ amplitudy impulzu před zeslabením článkem L



sobíme článkem L podle obr. 140 impedanci 75 Ω. Přizpůsobení pro impedanci $Z_0 > 50 \Omega$ dosáhneme odpory R_1 a R_2 :

Odpor v sérii se $Z_0 > 50 \Omega$

$$R_1 = \sqrt{Z_0(Z_0 - 50)} \quad (46)$$

Paralelní odpor

$$R_2 = 50 Z_0 / R_1 \quad (47)$$

V našem případě je $Z_0 = 75 \Omega$ a odpory $R_1 = 43,3 \Omega$ a $R_2 = 86,6 \Omega$.

Přizpůsobení pro impedanci $Z_0 < 50 \Omega$ získáme pomocí obráceného článku L podle obr. 141.

Odpor v sérii se zdrojem (reflektometrem) $R_3 = \sqrt{50(50 - Z_0)}$ (48)

Paralelní odpor $R_4 = 50 \cdot Z_0 / R_3$ (49)

Vztah pro paralelní odpor je totožný s předchozím vztahem (47).

Základní průběhy na reflektometru přizpůsobeném pro impedanci 75 Ω při rozpojeném a zkratovaném výstupu jsou

na obr. 142. Obětí za přizpůsobení je zeslabení vstupního i reflektovaného impulzu a ztráta kalibrace (pro $\rho = 1$). Přizpůsobení článkem L je vhodné pro testování kabelů s impedancí $Z_0 \neq 50 \Omega$, kde můžeme očekávat pouze malé diskontinuity.

Časová reflektometrie je názorný a rychlý způsob měření impedancí a diskontinuit vedení. Vyžaduje však náročné zařízení. Ekonomicky výhodné je použití systémového osciloskopu, kdy v jediném přístroji pomocí různých zásuvných jednotek získáme zařízení s širokými a mnohostrannými možnostmi měření. Osciloskopická měření v mikrovlnné oblasti se mohou mnohému čtenáři zdát poněkud vzdálené. Protože se však elektronika vyvíjí směrem k větším kmitočtům, větším přenosovým rychlostem a rychlejšímu sběru dat, jsou tato měření stále více

potřebná a prakticky nenahraditelná. Věříme, že náš příspěvek o osciloskopech a jejich použití alespoň z části zaplní současnou mezeru v této tématice v české literatuře, zejména pokud jde o digitální paměťové osciloskopy.

Přejeme si, aby naše práce každému, kdo osciloskop používá, pomohla porozumět jeho činnosti a poznat, jaké možnosti nám může nabídnout.

Pak budeme umět tyto možnosti správně využít, přístroj v našich rukou obživne, začne našim přáním rozumět a správně je vyplní. Jen tak se osciloskop stane našim věrným pomocníkem – a téměř přítelem. □

Literatura:

[21] Hewlett Packard: *TDR Fundamentals, Application Note 62, 1988*

Reklamní plocha



Ing. Robert Láníček

Počítačová simulace obvodů

WinSpice 3

Program WinSpice 3 je jednou z nejnovějších verzí originálního simulačního programu SPICE 3f5 vyvinutého na univerzitě v Berkley. SPICE verzi lze na internetu najít velké množství včetně zdrojových kódů v programovacím jazyce C a manuálů pro různé operační systémy. Možnosti programu jsou prakticky neomezené, ovšem obsluha odpovídá konzolovému režimu operačního systému UNIX. Protože SPICE tvoří jádro naprosté většiny komerčních simulačních programů, je vhodné se s tímto programem blíže seznámit. Adresa autora verze programu je uvedena v prvním obrázku a program lze stáhnout z jeho internetové stránky: www.willingham.demon.co.uk/mikespa.htm. Podobný program se stejným názvem lze najít i na adrese www.en.polyu.edu.hk/~scwong/winspice.

Základní vlastnosti

Program SPICE a například Electronics Workbench lze přirovnat k operačním systémům LINUX a Windows. Jeden svět se vyznačuje stabilními a zpravidla zdarma šířenými programy s obsluhou pro hrstku zasvěcených, kteří si případně mohou dotvářet programy podle svého vkusu. Druhá skupina produkuje balíky megabytů myšoidního softwaru, do kterého nikdo nevidí, s obrovskými nároky na paměť a peníze, ovšem s obsluhou přítulnou ke každému uživateli. Jako kompromis byla zvolena hybridní verze programu, která běží v prostředí WIN95.

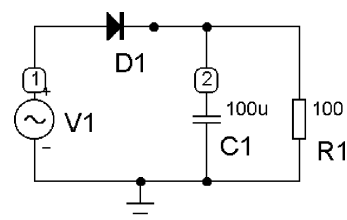
Instalace programu je naprosto bezproblémová ve formě samorozbalovacího zipu. Od autora je pěkné, že spolu s programem získáte asi 150 stran podrobného manuálu a průvodce práce s programem ve formátu editoru Word97 a sadu příkladů zapojení. Zachován je i klasický konzolový spicelp. Poslední verze programu z 12.4.99 má zabudovanou i funkci zoom detailu grafu ovládanou vyznačením myší.

Spuštění programu

Po spuštění programu se sice otevře klasické okno Windows, ale uvnitř už je unix prompt očekávající Vaše konzolové příkazy. Program lze spouštět i z příkazového řádku spolu se jménem simulovaného obvodu, např.:

```
C:\WinSpice3\wspice3.exe DEMO1.CIR
```

Pokud se program spustí kliknutím na ikonku, je zapotřebí soubor s netlistem obvodu otevřít napsáním jeho názvu i s vypsáním cesty, pokud není ve stejném adresáři (složce) jako program. Pokud Vám činí potíže napsat přesně příkaz C:\winspice3\examples\circuit2.cir, uvítáte jistě i možnost klasického otevírání souboru z menu myši (FILE/OPEN CIRCUIT). K tvorbě netlistu (*.cir) můžete použít libovolný ASCII editor. Ve W95 zkuste například z nabídky START - PROGRAMY spustit PŘÍKAZOVÝ ŘÁDEK a napsat EDIT. Pěkný editor má i program Servant Salamander, který jako freeware vřele doporučuji všem, kteří rádi pracovali s programem Norton Comander. Protože ruční psaní netlistu zapojení považují za zbytečnou otročinu zatíženou velkou pravděpodobností chyby, byly netlisty vytvořeny v demo-verzi programu MicroCap 5 a ručně upraveny textovým editorem.

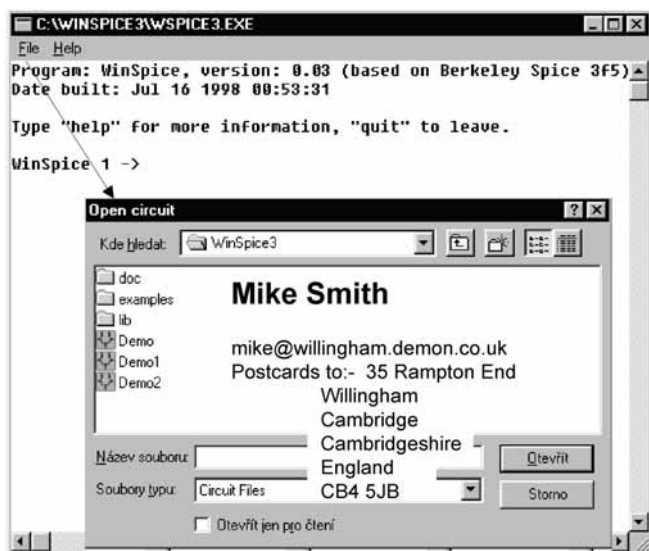


Obr. 2 - Schéma simulovaného zapojení

programy akceptují i znakové označení uzlů, doporučuji z důvodu kompatibility se staršími verzemi zachovat číselné označení uzlů. Připomínám, že uzel číslo 0 je vyhrazen pro zem (viz také první díly našeho seriálu). Součástky jsou definovány v netlistu svojí polohou mezi uzly obvodu, jménem a parametry. Z parametrů harmonického zdroje vyplývá, že zdroj nemá stejnosměrnou složku, amplituda sinusovky je 10 voltů a kmitočet je 50 Hz. Dioda jako příklad složitějšího prvku je definována svým modelem D1N4001. Významy jednotlivých parametrů už byly uvedeny na počátku tohoto seriálu. Dále se zaměříme na příkazovou část následujícího netlistu:

```
USMERNOVAC USMEN.CIR
*
C1 2 0 100U
D1 1 2 D1N4001
R1 2 0 100
V1 1 0 SIN (0 10 50)
*
.MODEL D1N4001 D (IS=1.10065P N=1.14668
+ BV=500 RS=158.398M TT=4.76089N
+ CJO=50.3997P VJ=408.893M M=386.137M)
*
.control
echo osciloskop
tran 0.1m 40m 0 0.1m
set nobreak
print V(1) V(2)> aaa.txt
plot V(1) V(2) xlabel CAS ylabel napeti
.endc
*
.end
```

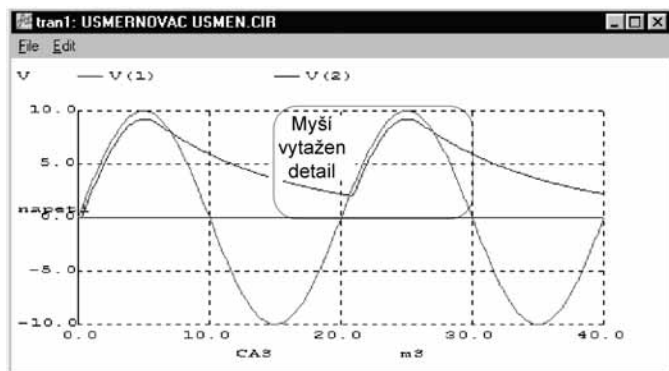
Netlist obvodu začíná řádkem názvu (nelze vynechat), následuje popis obvo-



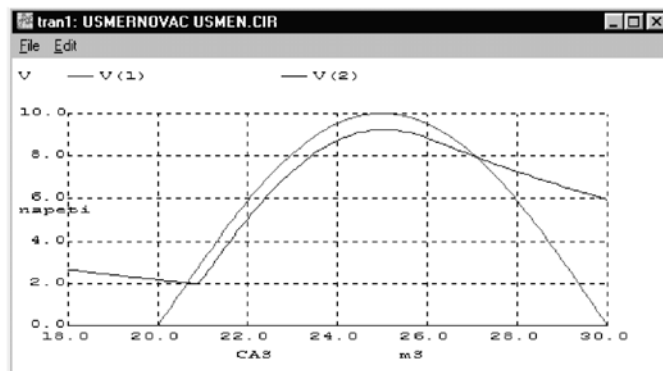
Obr. 1 - Základní okno programu WinSpice3

Simulace usměrňovače

Jako jednoduchý příklad zvolíme jednocestný usměrňovač s vyhlazovacím-kondenzátorem. Obrázek je převzat z programu MC5 a má vyznačeny uzly zapojení. I když oba



Obr. 3 - Grafický výstup programu



Obr. 4 - Vykreslený detail grafu

du a model diody. Pro zpřehlednění zápisu jsou vloženy prázdné komentářové řádky uvozené hvězdičkou. Pro rychlé zpracování simulace obvodu byl zvolen dávkový režim, ve kterém je řada příkazů vložena do bloku control/endc. Protože tento blok je chápán jako jeden příkaz, nejsou vloženy příkazy uvozeny tečkou, tak jak by to odpovídalo klasickému zápisu. Příkaz echo zajistí při běhu simulace vypisování textu na konzolu, tran je druh simulace, print zajistí tabulkový výtisk vektorů napětí a plot vykreslení grafu. Parametry u příkazu tran definují minimální krok simulace, čas konce, čas počátku a nejmenší krok při vykreslování grafu. Tabulka časové závislosti je místo na konzolu přeměrována do textového souboru aaa.txt. Příkaz set nobreak zakáže stránkování textového souboru, což je nutné pro případný bezproblémový import dat do tabulkového procesoru. Stejně jako u příkazu print jsou jako parametry příkazu plot zvoleny vektory uzlových napětí, které se budou vykreslovat. Parametry label určují popis os grafu. Simulace se spustí otevřením souboru obvodu.

Po otevření souboru proběhne simulace v dávkovém režimu a vykreslí se graf. Interaktivně lze myší označit zajímavou část grafu, což se vyhodnotí jako povel pro vykreslení detailu grafu. Tuto akci lze několikrát zopakovat a tak si otevřít řadu oken s detaily grafu. Z výpisu na konzole lze vydedukovat i povel pro přímé zadání rozsahů os (xlimit a ylimit).

Export simulačních dat

Textový zápis tabulky hodnot se dá využít pro komfortní zpracování grafu v tabulkovém procesoru (EXCEL, LOTUS...). Při načítání tabulky považoval program LOTUS 123 čísla s exponentem za textové znaky. Problém spočíval v odlišném nastavení desetinné tečky a čárky. Velmi rychle lze problém vyřešit například otevřením textového souboru v editoru EDIT a náhradou teček čárkami. Následný export pak proběhne bez problémů.

Ze zápisu dat vyplývá, že časové intervaly nejsou stejné a jejich velikost se upravuje v průběhu simulace. Další obrázek ukazuje vykreslení grafu napětí v uzlech obvodu v tabulkovém procesoru LOTUS 123 po úspěšném importu upravených simulačních hodnot.

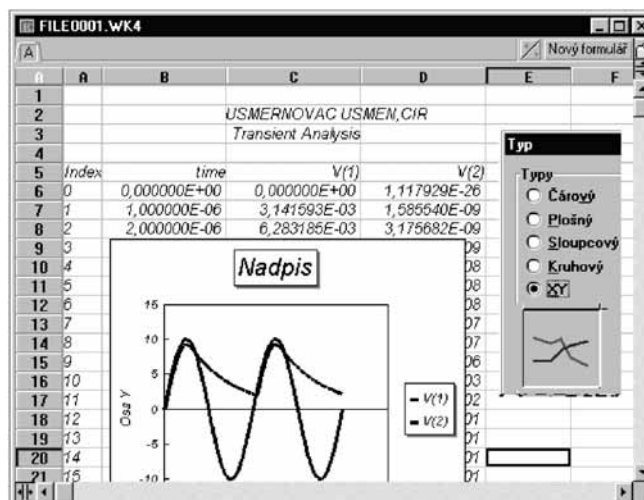
Interaktivní režim simulace

Při interaktivním režimu se zadávají jednotlivé povely postupně. I když to není nutné, bývá netlist zapojení doplněn příkazy pro požadované simulace. Toto uspořádání bývá přehlednější, a není proto zapotřebí vkládat komentáře o požadované simulaci. Pokud se ale v našem obvodu přesune zápis příkazu transient, musí se přidat před příkaz tečka. Po spuštění programu se vypisáním názvu obvodu (i s příponou cir) načte netlist. Je vhodné zkontrolovat zápis netlistu příkazem listing. Vlastní simulace se spouští povellem run. Po proběhnutí simulace lze zadávat další příkazy, např. plot, print apod. Pokud nejsou specifikovány hodnoty, program se zeptá. Kromě napětí je možné zadávat i výpis proudové spotřeby ze zdroje. Zdroj s nulovým napětím se proto často používá jako ampérmetr (proudová sonda). Příkazem quit (q) lze přerušit probíhající operaci a ukončit program.

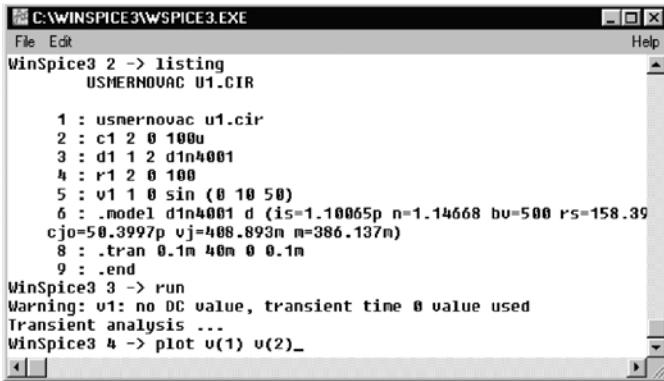
Je zřejmé, že rozumná obsluha programu je nemyslitelná bez důkladné znalosti příkazů. Proto byl vybrán tento program, který je distribuován i s podrobným manuálem. Program má zabudován solidní matematický aparát a lze provádět různé matematické operace se simulo-

| Index | time | V(1) | V(2) |
|-------|--------------|--------------|-------------|
| 0 | 0.000000e+00 | 0.000000e+00 | 1.117929e-2 |
| 1 | 1.000000e-06 | 3.141593e-03 | 1.585540e-0 |
| 2 | 2.000000e-06 | 6.283185e-03 | 3.175682e-0 |
| 3 | 4.000000e-06 | 1.256637e-02 | 6.370100e-0 |
| 4 | 8.000000e-06 | 2.513271e-02 | 1.281633e-0 |

Obr. 5 - Tabulka souboru aaa.txt v editoru EDIT



Obr. 6 - Export dat do tabulkového procesoru



Obr. 7 - Obrazovka v interaktivním režimu

vanými daty včetně operací v komplexní rovině a derivací. Lze používat i klasicke programátorské konstrukce jako jsou cykly, podmínky, přepínače apod. Pomocí příkazů set proměnná lze nastavovat velké množství parametrů programu. I když je grafické zpracování výsledků jednoduché, umožňuje volbu souřadnic včetně polárních. Lze se dokonce vrátit i do doby znakových tiskáren a grafy tisknout z písmenek (asciipLOT), nebo použít jako výstup plotr. Příkazem edit jméno souboru lze spustit editor pro úpravy netlistu.

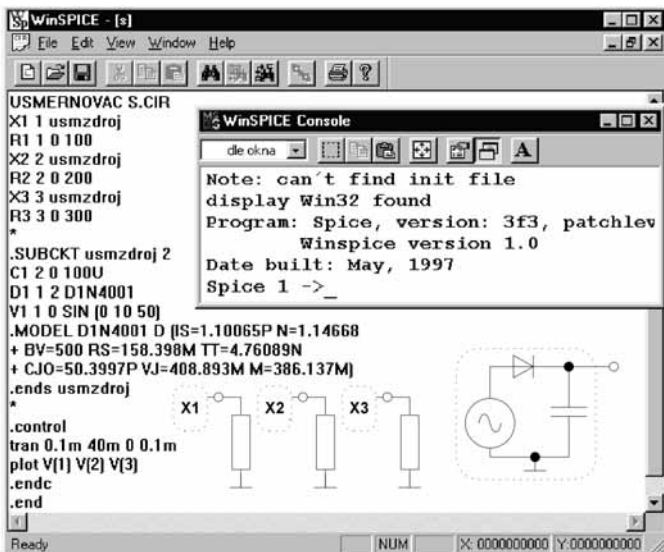
Vícenásobná simulace

Verze programu bohužel nemá příkaz step pro parametrickou analýzu. Bezproblémová je proto pouze stejnosměrná analýza, kterou lze využít např. pro vykreslení charakteristik tranzistoru, protože umožňuje rozmiřtání dvou zdrojů (napájecí Vcc a proudový Ib). Pro zpřehlednění zápisu netlistu pro simulaci charakteristik bylo využito skutečnosti, že vícenásobné mezery nemají význam. Parametr xdelta určuje dělení osy x. Proud ze zdroje lvcc je totožný až na znaménko s proudem lc tranzistorem.

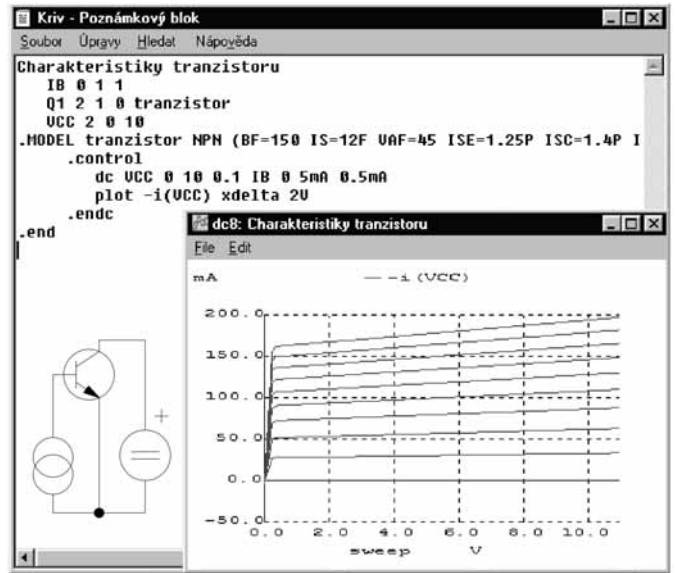
Dokonalejší výsledek s barevným odlišením označení jednotlivých křivek a s libovolně zvolenými proudy získáme konstrukcí:

```
.control
foreach proudbase 50u 100u 200u
  alter Ib[DC] = $proudbase
  dc Vcc 0 10 0.01
end
plot mag(dc1.i(vcc)) mag(dc2.i(vcc))
mag(dc3.i(vcc))
.endc
```

Pro každý proud báze (DC složka zdroje Ib) ze seznamu se provede stejnosměrná analýza od 0 do 10 voltů krokem 0,01 V. Pak se vykreslí do společného obrázku velikosti (magnitude) vektorů proudů z napájecího zdroje, který opět odpovídá kolektorovému proudu tranzistorem. Na tomto místě je vhodné upozornit, že starší verze SPICE mají pro proud ze zdroje jiné značení (I(Vcc) je Vcc#branch). Příkaz alter mění hodnotu parametru zařízení (stejnoseměrné složky proudu DC). Znak označuje vek-



Obr. 9 - Využití podobvodu pro opakovanou simulaci



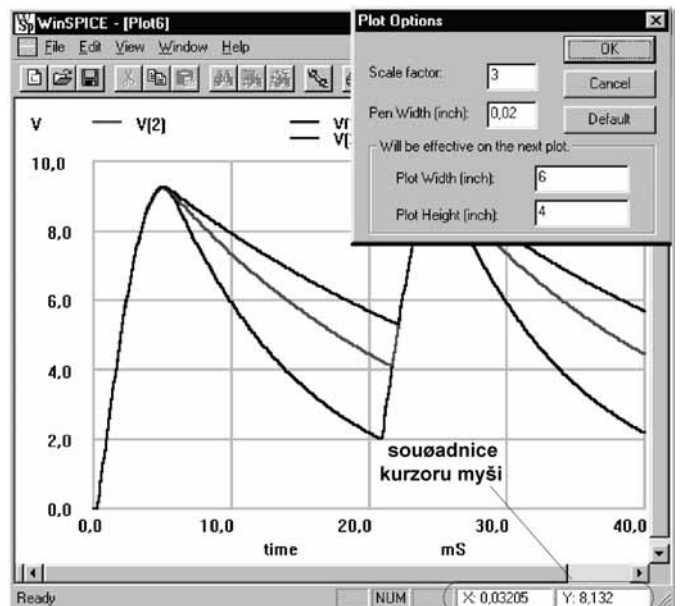
Obr. 8 - Simulace výstupních charakteristik tranzistoru

tor pojmenovaný proudbase. Stejným způsobem lze řešit změnu parametru v obvodu usměřňovače, což si ukážeme na změně odporu v prvním zapojení:

```
.control
foreach odpor 100 200 300
  alter r1[resistance] = $odpor
  tran 0.1m 40m 0 0.1m
end
plot tran1.v(2) tran2.v(2) tran3.v(2)
.endc
```

Pokud by se příkaz pro vykreslení grafu plot v(2) zahrnul do těla cyklu, nakreslila by se každá charakteristika do nového grafu. Pro vykreslení soustavy křivek lze samozřejmě použít i jiné konstrukce, např.:

```
repeat 3
  alter r1[resistance]=r1[resistance]+100
  tran 0.1m 40m 0 0.1m
end
```



Obr. 10 - Grafický výstup simulace usměřňovače

(30. část)

Malá škola praktické elektroniky

Ještě než otevřeme nové téma, vraťme se krátce k 28. části. Reagoval na ni mimo jiné Ing. Humlhans, jehož poznámky otiskujeme, neboť věříme, že pro mnohé z vás jsou praktické.



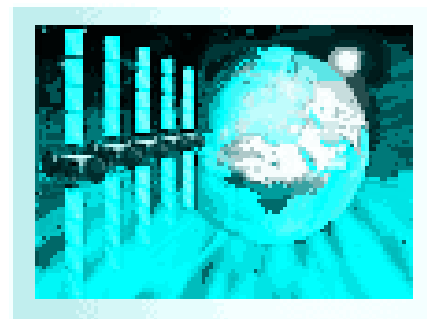
Nejen “školáky” ze školy praktické elektroniky Rádía plus-KTE možná zaujme, že z internetu lze získat informace o aktuálně provozovaných televizních a rozhlasových programech na transpondérech dvou u nás nejčastěji přijímaných satelitních systémů ASTRA 1A – D a Eutelsat II F1 (Hot Bird 1 – 5). Kdo je alespoň občas sleduje, zjistil, že obvyklé “změna programu vyhrazena” opravdu platí, a to nejen co do skutečné náplně vysílání, ale i jeho provozovatele. Existu-

jí sice specializované časopisy, kde se lze o změnách dozvědět, ale vzhledem k výrobním lhůtám nebo intervalu vydávání nemohou, často asi ani neohlášené změny podchytit. Na adresách www.eutelsat.com nebo www.astra.lu naleznete samozřejmě mnoho dalších informací, ale tento příspěvek chce především upozornit na možnost “stažení” seznamů televizních (a rádiových) kanálů ve tvaru souborů tabulkového procesu MS EXCEL. To umožňuje vytržít a získat, na rozdíl od jinak rozsáhlých tištěných seznamů velmi snadno, ty informace, které nás právě zajímají a ty si pak případně vytisknout. Ale teď přímo k věci.

Astra – po zadání adresy <http://www.astra.lu> a připojení, zvolíme mezi komunikací v angličtině, francouzštině, němčině a španělštině. V případě vybereme Channel Guides a následně Download. Po natažení stránky si vybereme myší, co nás zajímá, zda analogové nebo digitální televizní nebo rozhlasové programy a formát souboru (.xls (Excel 3) nebo textový (.csv (lze vložit do různých tabulek a databází). Pravým tlačítkem myši vyvoláme menu, z něhož vybereme možnost uložení do souboru a to běžným způsobem na náš pevný disk provedeme.

Eutelsat – tentokrát vyjdeme z domovské stránky <http://www.eutelsat.com> a po kliknutí na tlačítko start posléze volíme “German version” nebo rovnou <http://www.eutelsat.de>. V anglické verzi, alespoň v době psaní příspěvku, tabulky nebyly. Na německé stránce zvolíme “Frequenzen als Excel-Datei” a následně buď vybereme soubor Excel (tentokrát 97) přímo, nebo v komprimované podobě jako soubor ARJ. V tomto případě jsou televizní i rozhlasové programy, analogové i digitální, v jednom souboru. Zkratkou se lze dostat přímo ke stažení souborů přes adresu <http://www2.eutelsat.de/tvfrequenzen/download.htm>. Stažení souborů provedeme obdobně, jak to bylo popsáno v případě Astry.

Máme-li již soubory na disku, můžeme si je pomocí programu EXCEL97 třídít a řadit služby vysílané na jednotlivých kanálech satelitů podle našich požadavků, co se týče kmitočtu, žánru, jazyka, polarizace, kódování, čísla transpondéru.



– HH –

Jako první hodnota odporu se převezme hodnota z netlistu zapojení. Všechny tyto konstrukce nemusí pracovat ve starších verzích SPICE. Univerzálním řešením pak je simulace několika kopií obvodu. S výhodou se dá využít zjednodušení zapojení pomocí podobvodu – subcircuit.

Podobvody – subcircuits

Podobvody lze přirovnat k podprogramům v klasickém programování. Část složitějšího zapojení (např. integrovaný stabilizátor) se vyřeší pouze jednou. Kdykoli je zapotřebí použít podobvod v zapojení, vyvolá se. Parametry jsou styčné uzly zapojení a podobvodu. Je dovoleno i opakované vnořování podobvodů. Výrobci integrovaných obvodů často nabízejí na svých internetových stránkách celé knihovny svých obvodů. Zápis bývá pomocí mezer a komentářových řádků řešen velmi přehledně. Často je pomocí znaků naznačeno i pouzdro součástky s popsáními uzly. Podobvod není nutné zadávat přímo

do obvodu, stačí odkaz na knihovnu.

Pro simulaci průběhu výstupního napětí zdroje při změně odporu spotřebiče byl použit jiný program – WinSpice1 (viz adresa v úvodu). Na rozdíl od předchozího se kromě konzoly (v obrázku jsou invertovány barvy) otevře i okno editoru netlistu. Program založený na starším jádře nepodporuje některé konstrukce příkazů, ale má propracovanější zpracování grafů. Lze například měnit tloušťku čar a kurzorově odečítat souřadnice. Na rozdíl od programu WinSpice3 je třeba dbát na to, aby příkazy začínaly malými písmeny (např. plot a ne Plot). Simulace se spouští a ovládá stejným způsobem jako u předchozího programu. V grafu není zabudována funkce zoom a jeho velikost se nastavuje v podmínkách (Plot Options).

Shrnutí a porovnání vlastností

Programy jsou legálně šířeny zdarma, nemají omezení velikosti obvodů a je k nim dispozici dokumentace. To je ne-

zbytná podmínka pro jejich obsluhu, protože klikáním myší se příkazy neodhalí. Obsluha programu je velmi náročná na přemýšlení a pečlivost, protože libovolná syntaktická chyba se i přes chybová hlášení velmi obtížně hledá. Práce s programy připomíná klasické programování. Knihovny součástek nejsou zahrnuté, a je proto zapotřebí hledat jinde. Lze doporučit např. [trial verzi programu Spiceit](http://www.cadmigos.com), z adresy [cadmigos.com](http://www.cadmigos.com). Rovněž tvorba složitějšího netlistu zapojení v textovém režimu je velmi obtížná, a je vhodnější netlist importovat z jiného programu. Uvedené programy lze využít nejspíše pro speciální zpracování složitějších simulací až po základní simulaci v komfortnějším programu. □

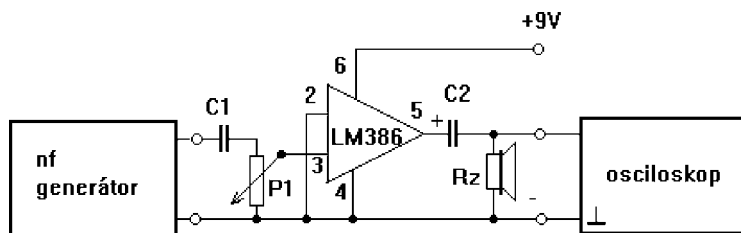


Malá škola – měřicí přístroje

Nová slova: osciloskop, generátor, milivoltmetr.

Na výstupu nízkofrekvenčního zesilovače je připojený reproduktor, výstupní signál *slyšíme*. Když na tentýž výstup připojíme osciloskop, můžeme tvar výstupního signálu *vidět*. Protože je hudba nebo řeč proměnlivá, vidíme na obrazovce různě rozkmitaný pás. Toto zobrazení se používá k orientaci ve zvukovém záznamu při editaci zvuků při počítačovém zpracování. Při elektrotechnických měřeních se na osciloskopu zobrazují souvislé periodické děje – pro měření nízkofrekvenčního zesilovače použijeme jako zdroj signálu nízkofrekvenční generátor.

Nízkofrekvenční generátor je na první pohled skříňka, která má stejně jako CD přehrávač, mikrofon, gramofon atd. *výstup* tvořený dvěma vodiči, které se připojí na vstup zesilovače. Hudba a řeč jsou směsicí různých tónů, které mají výšku, barvu a sílu a i při zkoušení zesilovače signálem z nf generátoru můžeme nastavit jeho výšku – tedy *kmitočet* a sílu



Obr. 2 - Na vstupu zesilovače z Rádia plus-KTE č. 12/97 je připojen nf generátor a na výstupu je zobrazen osciloskopem

a tedy velikost *výstupního napětí*. Tvar výstupního signálu bývá obvykle sinusový – viz obr. 6.

Osciloskop je na první pohled skříňka, kterou připojujeme podobně jako reproduktor dvěma vodiči na výstup měřícího zařízení. Na obrazovce je vidět tvar signálu. Nás zatím zajímá jenom *vstup*, na který se přivádí signál, a možnost upravit si obrázek tak, aby se dal dobře pozorovat. Jedním knoflíkem se obvykle dá nastavit *velikost obrázku* a druhým *počet period* na obrazovce.

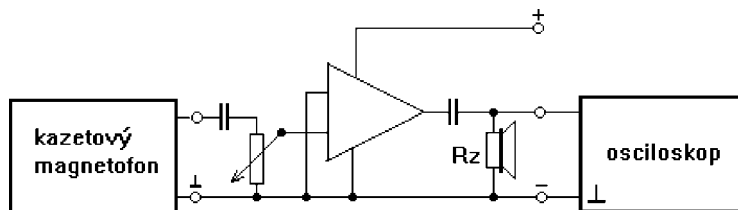
Nechtějte popis nějakého určitého osciloskopu, jste ve škole a ne v recitačním kroužku, kde se učí zpaměti básnička. Podívejte se na jakýkoli osciloskop, který je po ruce.

Zobrazení signálu Nastavení velikosti svíle

a) Knoflík pro nastavení velikosti obrázku ve svislém směru bývá obvykle

mnohopolohový přepínač s označením *V/div* a ovládá vstupní zesilovač osciloskopu. *V/div* znamená napětí ve voltech nebo milivoltech na každý dílek. Je-li tedy na obrazovce zobrazen signál s amplitu-

Každý je hračka a zkouší, co to udělá, když přepne až na konec, určitě si to zkusíte i vy, a tak malé vysvětlení. Při pomalé rychlosti vidíte, že paprsek jede, jako když se píše zleva do prava, rychle



Obr. 1 - Zobrazení signálu na výstupu

dou 4 dílků a přepínač je na rozsahu 200 mV, je amplituda signálu $4 \times 200 = 800$ mV.

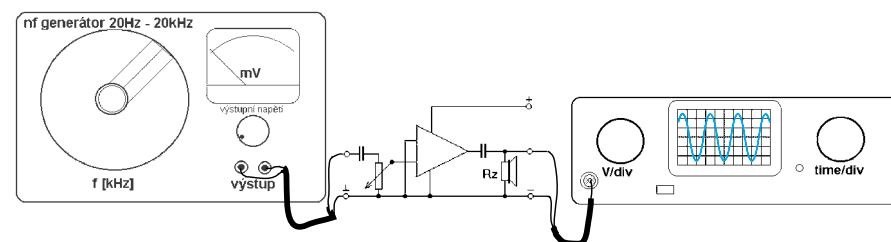
Počet period

b) Knoflík pro nastavení počtu period ve vodorovném směru bývá obvykle mnohopolohový přepínač s označením *time/div* a ovládá rychlost časové základny, tedy jak rychle běží paprsek po obrazovce, což nám může být teoreticky jedno, prostě si chceme zobrazit signál tak,

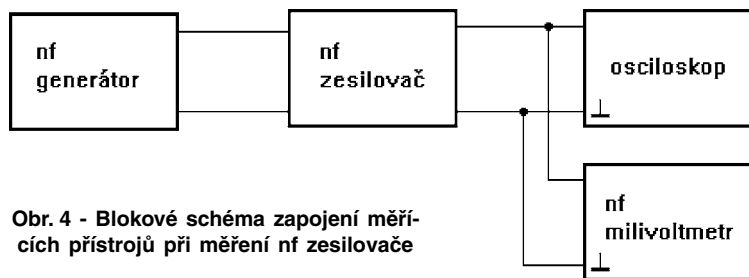
přeběhne zpět a pak zase znovu píše zleva doprava, a tak se to stále opakuje. Při vyšší rychlosti už je vidět rychle kmitající vodorovná čára a při ještě vyšší rychlosti už oko pohyb vnímá jako souvislou čáru. Druhý extrém je při zobrazení signálu, kdy vidíte na obrazovce několik period, při dalším přepnutí jich je zobrazeno víc a při ještě vyšší rychlosti stačí osciloskop zobrazit tolik period vedle sebe, že je vnímáte jako souvislý světlý pás.

Synchronizace

c) Vraťme se zpět k zobrazení několika period signálu. Obrázek by měl být pěkně zastavený, ale někomu pluje po obrazovce nebo je vidět několik přes sebe rozkmitaných nepokojných křivek, které vůbec nejsou k pozorování. To je proto, že když paprsek dojde na konec obrazovky a přebíhá znovu na začátek, nezačíná znovu na začátku průchodem nulou, ale tam, kde právě je. To napravení je *synchronizace*, důmyslný obvod, který spouští nové zobrazení až při průchodu signálu "nulou". Nastavení synchronizace je ještě jednodušší než její vysvětlení. Knoflíkem synchronizace *SYNC* nebo *LEVEL* (úroveň velikosti signálu, při kterém se zobrazení signálu synchronizuje) pootočíme tak, až se obrázek zastaví. A ještě k tomu se u některých osciloskopů u tohoto knoflíku rozsvítí LED. Protože synchronizace může být ovládána i z venku – externě nebo zevnitř – interně, stiskneme přepínač do polohy



Obr. 3 - Praktické zobrazení zapojení měřících přístrojů a zesilovače



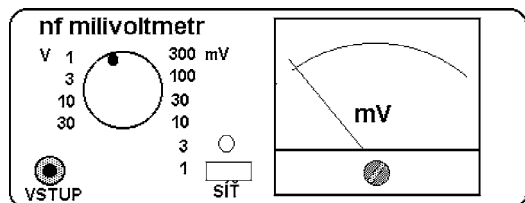
Obr. 4 - Blokové schéma zapojení měřících přístrojů při měření nf zesilovače

INT (pomůcka – interna v nemocnici je pro vnitřní nemoci).

Nastavení obrazu

d) Další ovládací prvky jsou buď označeny piktogramy – sluníčko je jas, soustředné kroužky jsou **zaostření** a podobné soustředné mezikruží je **astigmatismus**, což je také druh zaostření. Těmito třemi prvky si nastavíme stopu tak, aby byla ostrá a ne moc široká. Nejdříve si stáhneme jas tak, aby byla stopa paprsku přiměřeně vidět a potom jí oběma knoflíky zaostření zaostříme, případně doostříme až při zobrazení signálu po celé ploše obrazovky.

Celý obrázek si můžeme posunout knoflíky se šipkami **doprava/doleva** a s. Jako pomůcka slouží vypínač signálu, nenápadně tlačítko někde u vstupního konektoru označené 0. Přitom si můžeme stopu nastavit přesně na střed obrazovky nebo vůbec stopu najít, je-li někde "za rohem", tedy mimo stínítko, buď někde nahoře (dole), nebo vpravo. To bylo dal-



Obr. 6 - Vysvětlující obrázek k měření amplitudy a periody

ších osm ovládacích prvků a to nepočítáme ještě síťový vypínač, jenž bereme jako úplnou samozřejmost.

Pamatuj: při přerušení měření během dne není nutné osciloskop vypínat, ale je třeba stáhnout jas, aby paprsek nevypaloval svou stopu do stínítka, což se projeví "slepou" vodorovnou čarou uprostřed obrazovky. To je jedna z prvních věcí, které si všimnete při koupi staršího osciloskopu, a tomu by potom měla odpovídat i cena.

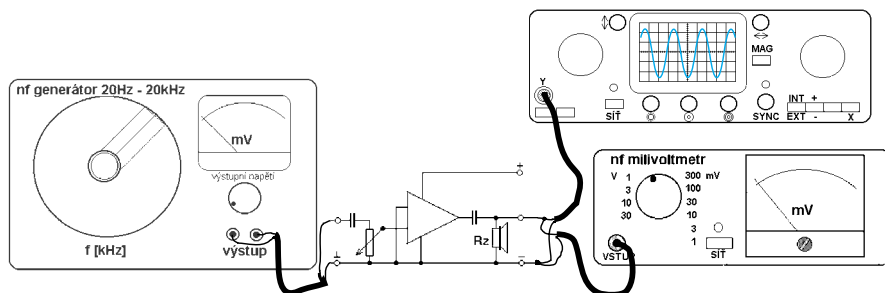
Další prvky

e) Ještě pro úplnost si řekneme něco o dalších ovládacích prvcích.

MAG je magnifier – tedy časová lupa, kdy si můžete určitou část zobrazené křiv-

ky "roztáhnout" a pozorovat určitý detail, zákmit, přechod nebo prostě cokoli.

X je horizontální obrazový zesilovač, který se používá ke zvláštnímu zobraze-



Obr. 5 - Praktické zapojení podle obr. 4

ní, při kterém je ale vypnutá časová základna. Jestliže budete mít na osciloskopu stále svislou čáru uprostřed ať děláte, co děláte, podívejte se, jestli jste náhodou nevypnuli časovou základnu.

+ - určuje, jestli bude zobrazení začínat kladnou nebo zápornou půlvlnou.

AUTO u některých osciloskopů zapíná synchronizaci.

Vstup osciloskopu

Na vstupu osciloskopu je obvykle souosý konektor, ke kterému se připojuje kabel zakončený dvěma banánky, z nichž jeden je živý. Jestliže se ho budeme dotýkat rukou, bude osciloskop reagovat "jako živý" – na obrazovce se bude objevovat vlnící se křivka. Na druhý můžete sahat jak chcete, nic se neděje, je připojený na kostru osciloskopu, na zem, "na mínus". Živý bývá někdy červený, což je barva ohníčku a zem zelený, což je

barva trávy, nebo černý s barvou hlíny, atd., určitě na vhodné pomůcky pro zapamatování přijdete sami.

Pozor!!! Při připojení osciloskopu na zesilovač, který má jeden přívod reproduktoru na zemi a druhý "živý", musíte "zem" osciloskopu také připojit na zem!!! Tři vykřičníky jsou málo. Kdo to splete a má zesilovač napájený ze zdroje, který má mínus zdroje také připojený na zem, zkratuje si výstup zesilovače a jde kupovat nový IO.

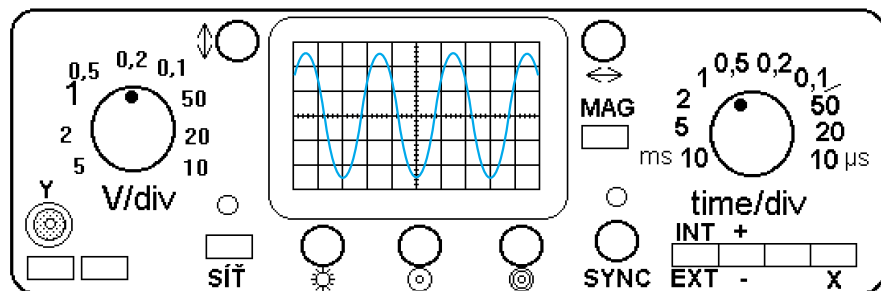
Pozor při měření zesilovače, zapojeného do můstku, kdy ani jeden z přívodů na reproduktor není spojen se zemí. Jakmile zem osciloskopu připojíte na který-

koli z těchto přívodů, zase ho zkratujete a máte o zkušenost víc. To je jenom varování pro pokročilé.

Označování vstupů

Z geometrie víme, že vodorovnou osu označujeme x a svislou osu y. Ve vodorovném směru nám paprsek vychyluje časová základna a ve svislém směru vertikální zesilovač. Vstupní konektor tedy bývá označen **Y**.

To je pro jednapaprskové osciloskopy. Jestliže máme dvoupaprskový osciloskop, má dva vstupní zesilovače označené **A** a **B** a také dva vstupy **A** a **B** – a je-li to už tak, bývá i vstup jednapaprskového osciloskopu někdy označován písmenem **A**. Kdo má dvoupaprskový osciloskop a chce měřit jako na jednapaprskovém, prostě stiskne přepínač **A** a bude pozorovat pouze jednu stopu. Druhou možností je odvést někde z cesty, třeba dolů.



Obr. 7 - Ilustrativní zobrazení ovládacích prvků obecného osciloskopu

Před vlastním měřením je vhodné udělat si malý nácvik obsluhy generátoru a osciloskopu třeba hrou. Jeden šibal přepne přepínače do různých poloh a druhému řekne, aby mu zobrazil například signál s kmitočtem 1 kHz a amplitudou 600 mV. Druhý do hry nejdříve zapne oba přístroje, připojí kabel osciloskopu na výstupní generátoru, na generátoru nastaví požadovaný kmitočť a hrubě velikost výstupního signálu, na osciloskopu najde na obrazovce stopu a nastaví ji doprostřed, zaostří a nastaví vhodný jas, zkontroluje, že není vypnutý vstup 0, přepínačem vstupního zesilovače V/div nastaví velikost obrázku, zapne vnitřní synchronizaci INT a knoflíkem SYNC obrázek zastaví, přepínačem časové základny time/div nastaví počet period (2 až 3), výstupním napětím generátoru nastaví požadovanou velikost amplitudy, kterou průběžně měří pomocí rastru na obrazovce a polohy přepínače V/div.

Pak si úkoly obrátí. Krásně se procvičí a můžete přikročit k vlastnímu měření.

Měření zesilovače

Na vstup zesilovače připojíme nf generátor a na výstup osciloskop. Znovu: zemní přívod na zem, živý na výstup! Na nf zesilovači nastavíme kmitočť 1 kHz. Nikdo vám ho nevnucuje, ale lidské ucho slyší kmitočty v rozsahu asi od 20 Hz do 20 kHz, tedy od hloubek až po výšky

a 1 kHz pro nás může představovat středy, a navíc je to kulaté číslo. Samozřejmě můžeme zesilovač přezkoušet v celém přenosovém pásmu, ale kmitočťovou charakteristiku změříme až po základním měření. Ke změření výstupního napětí a vstupního napětí ale nepoužijeme osciloskop. Drahé digitální osciloskopy sice na obrazovce zobrazí naměřené hodnoty číselně, ale "sílu signálu" můžeme naměřit levněji.

Nízkofrekvenční milivoltmetr

Napětí měříme voltmetrem. Obvyklé voltmetry měří napětí stejnosměrné nebo střídavé a jsou cejchované pro síťový kmitočť 50 Hz. Protože měřený signál je v nízkofrekvenčním rozsahu 20 Hz až 20 kHz, použijeme nízkofrekvenční voltmetr. Obvyklé voltmetry měří napětí v rozsahu od 1 do 300 V. My potřebujeme měřit i v rozsahu milivoltů, a tak se tedy náš měřicí přístroj jmenuje *nízkofrekvenční milivoltmetr* a někdy se označuje nfmV metr. Opět je to na první pohled skříňka se vstupním konektorem pro kabel se dvěma přívody – zemním a živým, měřidlem se stupnicí a přepínačem rozsahů a vypínačem.

Měří se stejně jako u jakéhokoli voltmetru. Před měřením se přepne na nejvyšší rozsah, připojí na měřený objekt, zvolí vhodný rozsah, přečte naměřená hodnota a pak zase přepne na velký roz-

sah, aby se při příštím měření většího napětí, než je nastavený rozsah, měřicí přístroj nezničil.

Domácí úkol: zkuste se podívat na libovolný osciloskop, který uvidíte ve škole, v časopisu, katalogu, z výlohou, na výstavě a pokuste se najít ovládací prvky, které znáte. Pokud máte možnost si i "sáhnout", budete o zážitek bohatší a zjistíte, že všechny osciloskopy mají mnoho věcí podobných a že pro vás nebude problém je poznat a používat.

Slovníček:

| | |
|------------------------|--|
| <i>AF</i> | – audio frequency – nízkofrekvenční kmitočť |
| <i>AV</i> | – audio voltmeter – nízkofrekvenční voltmetr |
| <i>AF generator</i> | – nf generátor |
| <i>oscilloscop</i> | – osciloskop |
| <i>brightness</i> | – jas |
| <i>focus</i> | – zaostření |
| <i>astigmatismus</i> | – astigmatismus |
| <i>horizontal</i> | – horizontální (vodorovný) |
| <i>vertical</i> | – vertikální (svislý) |
| <i>synchronization</i> | – synchronizace |
| <i>CRT</i> | – cathode ray tube – obrazovka |
| <i>magnifier</i> | – časová lupa |
| <i>mains</i> | – síť, síťový vypínač |
| <i>power</i> | – napájení, síťový vypínač |
| <i>internal</i> | – interní, vnitřní |
| <i>external</i> | – externí, vnější |
| <i>level</i> | – úroveň (spuštění synchronizace) |

vyučoval opět – Hvl –

CENY REKLAM A INZERCE V ČASOPISU RÁDIO PLUS-KTE

jsou dlouhodobě nastaveny velmi příznivě a standardně je nabízena řada zvýhodnění.

Poskytujeme však také nadstandardní služby – od úpravy formátů Vašich inzerátů až po přesné umístění.

Navíc – pokud zadáte celoroční barevnou reklamu, získáte 20% slevu a jedno opakování zdarma (tj. při zadání 1/2 strany – 1x 1/2 strany zdarma, při zadání 1/1 strany – 1x 1/1 strany zdarma).

Podrobnosti a termíny s Vámi rádi domluvíme. Vyžádejte si náš ceník reklamy a inzercce.

Kontaktujte nás: tel.: 02/2481 8885, tel./fax: 2481 8886; případně e-mail: rplus@login.cz;

Reklamní plocha

Reklamní plocha

Reklamní plocha

Reklamní plocha



INDELEC[®] CZ s. r. o.
Ochrana před bleskem a přepětím



Bouřkové detektory

Snad každému z nás při příchodu bouřky proběhne hlavou myšlenka na otevřené okno, poškozený podokapní žlab, chybějící tašku na střeše, spotřebiče připojené do zásuvek či anténní svody televizních a rozhlasových přijímačů.

Zatím co první z jmenovaných zpravidla způsobí jen nepříjemnost spojenou s vytopeným sousedem či skvrnou na stropě, ostatní mohou mít za následek značné hmotné škody zejména na elektronických zařízeních i rozvodech elektrické energie, včetně telefonních linek a počítačových sítí. Každoročně zaznamenávají pojišťovny po celém světě tisíce takových případů a vzhledem ke stále většímu rozmachu výpočetní techniky rostou i způsobené škody. V některých případech ani hromosvod splňující běžné požadavky norem a kaskáda přepětíových ochranných nezabrání jejich vzniku.

Zajímavým řešením které napomůže minimalizovat následky bleskových proudů zavlečených do objektu galvanickou vazbou jsou **bouřkové detektory**.

Jejich princip spočívá v detekci intenzity elektrického pole a elektromagnetických poruch generovaných přítomností bouřkového mraku. Citlivá sonda sleduje široké spektrum elektromagnetických vln a je schopná rozlišit blízkou bouřku až na vzdálenost více než 20 km v závislosti na členitosti terénu a její intenzitě. Po vyhodnocení předává sonda zpracovaný signál, který umožňuje na základě předem definované prahové intenzity ovládnutí dalších zařízení. Například automatického odpojovače napájecích sítí s návazností na systémy UPS, generátory a odpojení telefonních případně dalších linek.

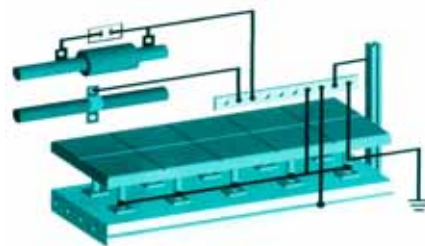
Odpojení zařízení je zajištěno kontakty se vzdáleností až několika cm což představuje přeskokové napětí o hodnotě desítek kV.

Další neméně významnou aplikací tohoto systému je ochrana osob a hospodářských zvířat.

V tomto případě spouští předem nastavená hodnota prahové intenzity vstupního signálu optickou případně akustickou signalizaci, která s dostatečným předstihem upozorní na blízkou nebezpečí a poskytne možnost včasného vyhledání bezpečného úkrytu.

Vzhledem k možnosti nastavení několika hodnot je možné tyto varianty vzájemně kombinovat. Například při dosažení prahové hodnoty lze spustit akustický a optický signál který varuje hráče golfu, plavce v otevřeném bazénu či rodiče na dětském hřišti před blízkou bouřkou. Druhá hodnota vstupní veličiny zajistí odpojení výpočetního střediska, hotelu, školy či zdravotnického zařízení od vnějších sítí a automatický start zdroje záložního napájení.

Na základě důkladné projektové přípravy lze vhodnou kombinací níže uvedených systémů ochrany před účinky blesku dosáhnout maximální možné úrovně bezpečnosti. Zejména ve vztahu k ochraně výrobních a administrativních celků, peněžních ústavů, obytných a rekreačních budov, osob i hospodářských zvířat.



1. Detektor bouřkové aktivity

- a) akustický a optický varovný signál
- b) odpojení objektu od vnějších vedení
- c) start systému záložního napájení

2. Prvky ochrany před bleskem

- a) Mřížová či hřebenová soustava vodičů tvořící základ Faradayovy klece.
- b) Soustava tyčových jímačů pokrývající ochranným prostorem celý objekt.
- c) Jímač se včasnou emisí výboje značky PREVETRON 2.

3. Soustava pro vyrovnání potenciálu

- a) pospojování vodivých hmot vně i uvnitř objektu
- b) instalace kvalitního uzemnění
- c) důsledné propojení stínění žlabů pro datové a komunikační rozvody.

4. Přepětíová ochrana

- a) Svodič bleskových proudů na vedeních vstupujících do objektu z prostoru ohroženého přímým úderem blesku ZOB 0/ZOB1.
- b) Svodič přepětí třídy C na rozhraní vedení v budovách ohrožených elektromagnetickou indukci ZOB1/ZOB2.
- c) Svodič přepětí třídy D na vstupu vedení do spotřebiče ZOB2/ZOB3.



Ani sebedokonalejší technická zařízení nemohou zaručit 100% ochranu, ale naší povinností je co nejvíce se této magické hodnotě přiblížit.

– díl 3/3; závěr –

Reklamní plocha



Internet:
www.gme.cz

e-mail:
gm@gme.cz

| | | |
|------------------------------------|-----------------|-----------------|
| Velkoobchod PRAHA: | 02/ 232 26 06 | 02/ 232 11 94 |
| Prodejna PRAHA: | 02/ 24 81 64 91 | 02/ 24 81 60 52 |
| Zásilková služba ČR: | 02/ 24 81 60 49 | 02/ 24 81 60 52 |
| Velkoobchod a prodejna BRNO: | 05/ 41 21 28 95 | 05/ 41 21 22 87 |
| Velkoobchod a prodejna OSTRAVA: | 069/ 662 65 09 | 069/ 662 65 19 |
| Servisní středisko ČR: | 02/ 24 81 60 51 | 02/ 24 81 60 52 |
| Velkoobchod a prodejna BRATISLAVA: | 07/ 55 96 04 39 | 07/ 559 60 120 |
| Zásilková služba SR: | 07/ 55 96 04 39 | 07/ 559 60 120 |

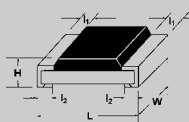
Doprodej halogenových svítek !

Velký výběr halogenových lišt a svítek nejrůznějších druhů za bezkonkurenční cenu **á 30Kč s DPH**. Na aktuální nabídku se informujte v maloobchodní prodejně v Sokolovské ulici 32, Praha 8 nebo na tel. 02 / 24 81 64 91. Nabídka platí pouze do vyprodání zásob.



Rezistory SMD

Nové ceny SMD rezistorů !



| Velikost | tolerance | MC |
|----------|-----------|---------|
| 0805 | 5% | 0,06 Kč |
| 0805 | 1% | 0,09 Kč |
| 1206 | 5% | 0,08 Kč |
| 1206 | 1% | 0,10 Kč |

Podmínkou pro tyto ceny je odběr celého balení (5000ks).

Bílé LED diody

Bílé LED diody

Bílé LED diody

| Typ | Skł.č. | MC | VC | VC pro | VC pro | VC pro | Popis |
|-------------|---------|-------|-------|--------------|--------------|--------------|--------------------------------|
| L-HLMP-CW15 | 511-256 | 54,00 | 43,60 | 39,22 500 | 37,90 1000 | 36,50 10000 | LED 5mm bílá, 2000mcd/20mA/15° |
| L-HLMP-CW30 | 511-260 | 54,00 | 43,60 | 39,22 500 | 37,90 1000 | 36,50 10000 | LED 5mm bílá, 800mcd/20mA/30° |
| L-3MMW310BS | 511-267 | 56,00 | 45,90 | - | - | - | LED 3mm bílá, 900mcd/20mA/3,6V |

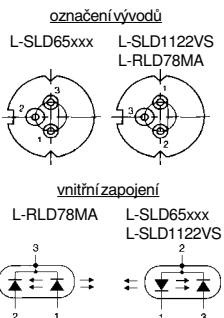
Laserové diody

Laserové diody

Laserové diody

| Typ | Skł.č. | MC | VC | VC pro | VC pro | VC pro | Popis laserových diod |
|-------------|---------|--------|--------|--------------|--------------|------------------------------|-----------------------|
| L-RLD78MA | 511-239 | 420,00 | 343,20 | 221,31 100 | 127,05 1000 | 785nm(770-810nm)5mW, TO-18 | |
| L-SLD1122VS | 511-240 | 750,00 | 609,67 | 564,75 100 | 368,85 1000 | 670nm(660-680nm)5mW, TO-18 | |
| L-SLD6505A | 511-268 | 59,00 | 45,62 | - | - | 650nm(645-665nm)5mW, TO-18 | |
| L-SLD6510A | 511-269 | 145,00 | 118,09 | - | - | 650nm(645-665nm) 10mW, TO-18 | |
| L-SLD6520A | 511-270 | 595,00 | 472,35 | - | - | 650nm(645-665nm) 20mW, TO-18 | |

Výhodná cena



Laserová ukazovátka a moduly

| Typ | Skł.č. | MC | VC | VC pro | VC pro | VC pro |
|-----------------|---------|---------|---------|--------------|--------------|--------------|
| F-LASER5MW | 759-040 | 185,00 | 134,19 | 127,48 10 | 120,77 50 | 107,35 100 |
| F-LASER KIT | 758-005 | 1980,00 | 1554,98 | - | - | - |
| F-LASERMOD | 759-074 | 275,00 | 192,51 | 182,88 10 | 173,26 50 | 154,01 100 |
| F-LASER PEN | 758-006 | 295,00 | 239,56 | 227,58 10 | 215,60 50 | 191,65 100 |
| F-LASER POL. | 758-001 | 295,00 | 239,56 | 227,58 10 | 215,60 50 | 191,65 100 |
| F-LASER POI/III | 758-004 | 295,00 | 225,00 | 213,75 10 | 202,50 50 | 180,00 100 |

F-LASER PEN - Propisovací pero s laserovým ukazovátkem

F-LASER MOD - Laserová dioda s optikou a tlačítkem

F-LASER 5MW - Laserová dioda s optikou

F-LASER POI. - Laserové ukazovátko

F-LASER POI/III - Laserové ukazovátko + 20cm plastový svítící nástavec

F-LASER KIT - Univerzální laserový zaměřovací kit



MC maloobchodní cena s DPH
VC velkoobchodní cena bez DPH