

V TOMTO SEŠITĚ

Z dějin vědy a techniky	1
UŽITEČNÁ ZAPOJENÍ Z PRAXE II	
Úvod	3
Nabíječe olověných akumulátorů	4
1. Pulsní nabíječ s proudem 10 A	4
2. Nabíjecí automat	9
3. Dobíječ s obvodem LM317T	13
4. Nabíječ proudem až 5,3 A	14
5. Nabíječ s obvodem LM350M	15
6. Další varianta nabíječe s LM350M	15
7. Tyristorový nabíječ 1	16
8. Tyristorový nabíječ 2	17
9. Ventilátorová jednotka	18
10. Nabíječ s tranzistory IRF540	19
Nizkofrekvenční zesilovače	20
11. Korekční zesilovač s LM833	20
12. Kor. předzesilovač pro přenosku	22
13. Korekční zesilovač s TDA4292	23
14. Korekční zesilovač s OP07	25
15. Pasivní korektor s OP07	27
16. Stereozesilovač s TDA2030A	28
17. Zesilovač 2x 15 W s TDA4292	31
Měřicí a zábavná elektronika	34
18. Tónový generátor	34
19. Analogový měřič kmitočtu	35
20. Elektronická Zenerova dioda	37
21. Elektronický gong	38
22. Tříhlasý gong	39
Závěr, literatura	40

KONSTRUKČNÍ ELEKTRONIKA A RADIO

Vydavatel: AMARO spol. s r. o.

Redakce: Zborovská 27, 150 00 Praha 5, tel.: 2 57 31 73 11, tel./fax: 2 57 31 73 10.

Séfredaktor ing. Josef Kellner, sekretářka redakce Eva Kelárková, tel. 2 57 31 73 14.

Ročně vychází 6 čísel. Cena výtisku 36 Kč.

Rozšiřuje PNS a. s., Transpress spol. s r. o., Mediaprint & Kapa a soukromí distributoři.

Předplatné v ČR zajišťuje Amaro spol. s r. o. - Michaela Jiráčková, Hana Merglová (Zborovská 27, 150 00 Praha 5, tel./fax: 2 57 31 73 13, 2 57 31 73 12. Distribuci pro předplatitele také provádí v zastoupení vydavatele společnost Media-servis s. r. o., Abocentrum, Moravské náměstí 12D, P. O. BOX 351, 659 51 Brno; tel: 5 4123 3232; fax: 5 4161 6160; abocentrum@mediaservis.cz; reklama - tel.: 800 800 890.

Objednávky a předplatné v Slovenskej republike vybavuje MAGNET-PRESS Slovakia s. r. o., Šustekova 8, 851 04 Bratislava, tel.: 00421 2 / 6720 1931 - 33

email: predplatne@press.sk; www.press.sk Podávání novinových zásilek povoleno Českou poštou - ředitelstvím OZ Praha (č.j. nov 6005/96 ze dne 9. 1. 1996).

Inzerce v ČR přijímá redakce, Zborovská 27, 150 00 Praha 5, tel.: 2 57 31 73 11, tel./fax: 2 57 31 73 10.

Inzerce v SR vyřizuje MAGNET-PRESS Slovakia s. r. o., Šustekova 8, 851 04 Bratislava,

tel.: 00421 2 / 6720 1931 - 33; www.press.sk

Za původnost a správnost příspěvků odpovídá autor (platí i pro inzerci). Nevýžádané rukopisy nevracíme.

<http://www.aradio.cz>; E-mail: pe@aradio.cz

ISSN 1211-3557, MK ČR E 7443

© AMARO spol. s r. o.

Z dějin vědy a techniky

Historie elektřiny a magnetizmu

Supravodiče - velká výzva vědcům

Při zkoumání různých látek - především vodičů - bylo zjištěno již v 19. století, že jejich elektrická vodivost se mění při změnách teploty, a u kovů při klesající teplotě klesá i jejich elektrický odpor.

První, kdo vyslovil teorii, že při teplotě absolutní nuly bude odpor kovů nulový a že se tudíž elektrický proud v nich bude šířit beze ztrát, byl **James Dewar**. Do té doby většina fyziků (včetně lorda Kelvina) zastávala názor, že odpor sice klesá, ale jen k určité hodnotě a při dalším poklesu teploty již bude odpor zase vzrůstat.

Ovšem to vše byly jen teorie, které v té době nebylo možné ověřit. Teprve roku 1908 se podařilo **Kamerlingh Onnesovi** (1853 až 1926) zkapalnit helium (deset let před tím Dewarovi vodík) a tím bylo dosaženo teploty 4,2 K.

Onnes dělal pokusy s drátky z různých kovů a zjistil, že je Dewarova teorie správná. Převratný objev se mu podařil, když dělal stejný pokus se „zmrzlou“ rtuť - zjistil, že při 4,2 K náhle elektrický odpor zcela vymizel. Tím dosáhl supravodivého stavu. Ten později zjistil i u dalších kovů, jako je cín, a v olovu nastal supravodivý stav dokonce již při 7,19 K. Při pokusech se však vyskytly jevy, které si nedovedl vysvětlit, především pokud se týkalo magnetického pole. Přesto v roce 1913 za objev supravodivosti získal Nobelovu cenu.

Později bylo zjištěno, že se vodiče chovají jako supravodiče jen do kmitočtů řádově 10^{10} Hz a trvalo dalších 25 let, než byla objevena další významná vlastnost supravodičů - diamagnetismus. Ve vodičích, které jsou v supravodivém stavu, přestávají platit např. poučky o magnetické indukci, u vodičů v supravodivém stavu magnetické pole neproniká do materiálu a jejich $\mu = 0$.

Při dalším zkoumání se zjistilo, že tento stav existuje pouze u některých supravodivých materiálů - nazýváme je supravodiči prvního typu. Většina supravodičů je tzv. druhého typu, u těch magnetické pole částečně do materiálu proniká.

Na vysvětlení těchto jevů bylo třeba ještě nějakou dobu počkat, teprve v roce 1957 zveřejnili J. Bardeen, J. R. Schrieffer a L. N. Cooper tzv. mikroskopickou teorii supravodivosti (podle jejich příjmení byla tato teorie nazvána BSC

teorii) a v roce 1972 jim za ni byla udělena Nobelova cena.

Tato teorie vychází z předpokladu, že elektrony se ve vodiči při přechodu do supravodivého stavu shlukují do dvojic - do tzv. Cooperových párů s nábojem -2e. Na zpětné rozbití takového páru je potřebná určitá energie, proto při kritické nebo nižší teplotě tyto páry již rozdělit nelze. Cooperovy páry pak přenášejí náboj bez ztráty energie, což se jeví, jako by látka měla nulový odpor.

V loňském roce na přednášce, kterou pořádala Americká fyzikální společnost v Montrealu, bylo předneseno, že tyto elektronové páry již byly experimentálně prokázány.

Další Nobelovu cenu za objevy v této oblasti získali v roce 1987 **Bernor z a Müller** za objev tzv. vysokoteplotní supravodivosti. Dnes známá látka, která přechází do supravodivého stavu při nejvyšší teplotě (při 134 K - ovšem i tato teplota je hluboko pod bodem mrazu), má složení HgBaCaCuO. Hlavním cílem všech vědců pracujících v této oblasti je však nalézt látku, která by vykazovala supravodivost při běžných teplotách, aby ji bylo možné využít pro praktické aplikace.

John Bardeen

Narodil se 23. května 1908 v Madisonu, stát Wisconsin (USA). Jeho otec byl profesorem anatomie a děkanem na lékařské fakultě univerzity ve Wisconsinu.

John patřil vědomostmi a rychlým vnímáním k „záračným dětem“, ale s otcem měl spory o směr svých studií. Matka mu zemřela ve dvanácti letech na rakovinu. Když byla v nemocnici, John ji denně navštěvoval cestou ze školy domů. Jak sám řekl, jednou na to zapomněl a druhý den byl šokován zprávou, že zemřela. Jeho otec se pak rychle oženil se svou sekretářkou.

V Madisonu studoval až do roku 1923 a postupně získal bakalářský a doktorský titul při studiu elektrotechnického inženýrství u společnosti Western Electric. Současně se zabýval matematikou a fyzikou. Od roku 1928 se stal vědeckým asistentem na univerzitě ve Wisconsinu v oboru elektrotechniky a věnoval se aplikaci matematických modelů na geofyziku a anténní vyzařování.

V letech 1930 až 1933 se věnoval geofyzice, interpretaci matematiky a gravitačních vlivů. To bylo období, kdy se poprvé začalo využívat geofyzikálních metod při hledání ložisek ropy.

V té době odešel na proslulou univerzitu v Princetonu, kde pod vedením prof. Wignera se začal zajímat o fyziku pevné fáze, u prof. J. H. Van Vlecka se seznámil s kvantovou teorií, zkoumal elektronové vazby a elektrickou vodivost kovů. V roce 1936 získal titul Ph. D. z oboru matematika a fyzika. Pak se stal členem Harvardské univerzity, kde pracoval v letech 1935 až 1938, precizoval svou teorii v oblasti kovů a v roce 1938 se také oženil a získal místo asistenta profesora fyziky na univerzitě v Minnesotě (1938 až 1941).

Během válečných let pracoval v laboratořích námořnictva na zkoumání elektrických a magnetických polí v okolí lodí se zaměřením na působení torpéd a odminovávání. Pak se věnoval až do roku 1951 teoretické fyzice v Bellových laboratořích a pracoval spolu s dalšími vědci (Shockley, Brattain - viz KE 6/2003) na výzkumu polovodičů, za který dostal spolu s nimi první Nobelovu cenu. Nebyl ovšem jen vědcem, který by mimo svoji laboratoř nic neznal. Byl též vášnivým hráčem golfo, jako ostatně většina jeho vědeckých spolupracovníků.

Roku 1951 se stal vědeckým konzultantem známé firmy XEROX a téhož roku nastoupil jako profesor fyziky na univerzitě v Illinois. Stal se také členem centra pro pokračovací studium a tam působil až do roku 1975.

Bylo to v listopadu roku 1956, když při snídani, právě když si loupal vajíčko, uslyšel překvapivou zprávu z rádia, že obdržel Nobelovu cenu. Údajně, když slyšel hlasatele vyřknout ta tři jména, myslel, že bude řeč právě o golfu.

V té době se již zabýval zcela jinými výzkumy - v roce 1957 s L. N. Cooperem a J. R. Schriefferem podali první úspěšné vysvětlení jevu supravodivosti.

Jako emeritní profesor a hráč golfo však byl aktivní až do své smrti v roce 1991. V roce 1972 získal podruhé Nobelovu cenu za fyziku. Je to jediný člověk v historii, který získal dvě Nobelovy ceny za fyziku. Jeho hlavní zásluhou jsou zveřejněné poznatky na poli elektrických vazeb v polovodičích a v kovech, teorie supravodivosti a rozložení atomů v látkách.

Leon Neil Cooper

Narodil se roku 1930 v New Yorku, kde absolvoval Kolumbijskou univerzitu (nejvyšší titul Ph. D. získal v roce 1954). Pak navštěvoval institut rozšířených studií, nakonec se stal asistentem profesora na státní univerzitě v Ohiu a posléze profesorem.

Zajímal se o zajímavé odvětví související s medicínou. Stal se ředitelem centra pro zkoumání nervových systémů zvířat a také lidského myšlení, toto centrum bylo založeno v roce 1973. Je to odvětví, které přesahuje do biomedicínských věd, aplikované matematiky, lingvistiky a fyziky. Dnes, jako člen fakulty pro další studium graduovaných studentů zajímavých se o oblast vyšší nervové činnosti a myšlení, se stále snaží vytvářet vědecké modely k bližší-

mu poznání pochodů při vnímání a rozhodování.

Nejvyšší ocenění za své některé objevy získal v roce 1972, kdy spolu s J. Bardeenem a J. R. Schriefferem obdržel Nobelovu cenu za fyziku. Mimoto je držitelem sedmi čestných doktorátů a členem řady zahraničních vědeckých společností.

Činnost v oblasti, kterou se zabývá, má zcela pochopitelně velký význam pro průmyslové aplikace a také ve vojenském, proto je členem vědecké rady pro obranu. Některé jeho práce jsou zaměřeny na předvídaní reakcí na neobvyklé situace a rozhodování v rizikových situacích s využitím výpočetní techniky.

Konrad Zuse

Narodil se 22. června 1910 v Berlíně a nevystudoval, jak by se podle výsledků jeho práce dalo soudit, informatiku, která jako obor byla otevřena teprve o padesát let později, ale stavební inženýrství.

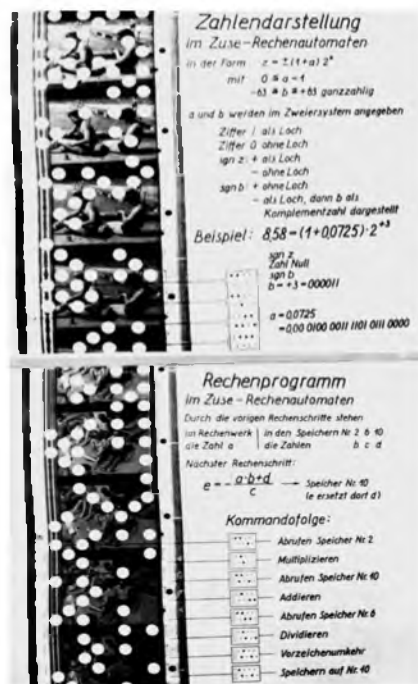
Velice postrádal nějaký stroj, který by mu umožnil snadno získávat výsledky při neustále se opakujících výpočtech, které byl nucen dělat. Začal tedy přemýšlet a v roce 1934 přišel na základní myšlenku výpočetního stroje, který by dokázal vypočítat výsledek podle předem určeného programu, a v roce 1936 začal se stavbou jeho funkčního modelu.

Zprvu se mu podařilo (roku 1938) za spolupráce se svým asistentem Schreyerem sestavit mechanický model pojmenovaný V1 (později - po válce přejmenovaný na Z1). Pracoval s pohyblivou čárkou ve dvojkové soustavě a až se sedmimístným exponentem. Program se četl z děrné pásky. Mechanická část stroje však občas vykazovala poruchovost.

V následujícím roce začali pracovat na vylepšeném modelu V2, ale Zuse byl na čas povolán do armády a práce se přerušily. V roce 1940, když se vrátil ke své práci, stroj dokončili, ale ani ten nepatřil ke spolehlivým. Přesto se s jeho pomocí podařilo zkontrolovat profil křídla raketové střely a zjistit, kde potřebuje poopravit.

V roce 1943, když pracoval v německém námořním výzkumném ústavu, zkompletoval svůj stroj V3 (Z3). To byl první programovatelný výpočetní stroj na světě, který pracoval s binárními čísly, až čtrnáctibitovou mantisou a sedmibitovým exponentem, přestože se jako vynálezce počítačů uvádí obvykle Howard H. Aiken, profesor na Harvardu. Program se zadával pomocí děrné pásky a stroj pracoval celkem s 2 000 relé, z toho bylo asi 1 400 použito pro paměť na 64 slov o 22 bitech a 600 jich sloužilo k uskutečňování vlastního výpočtu. Násobení tímto strojem trvalo asi 3 s. Replika stroje V3 je umístěna v Německém muzeu v Mnichově a byla vyrobena v roce 1960.

Tento stroj již pracoval spolehlivě, ovšem do dalšího vývoje zasáhly váleč-



Nebyla-li k dispozici papírová děrná páska (nebo když nevyhovovala mechanicky, trhala se), používal se v začátcích výpočetní techniky film - hodily se i vodící otvory po stranách. Obrázek ukazuje část programu Zuseho počítače Z4

né události. V roce 1943 byla jeho pracovní zničena při bombardování a rozpracovaný stroj V4 (Z4) se musel několikrát stěhovat, přes Göttingen až nakonec do vesnice v Bavorsku, kde přečkal válku. Spojenci tehdy neodhadli význam jeho práce a v samotném Německu nebyl nikdo, kdo by jeho práci zaplatil.

Zuse pak vymyslel programovací jazyk Plankalk a nakonec dokončil svůj Z4, když se přestěhoval do Švýcarska. Tam jich bylo vyrobeno asi 300 kusů.

Roku 1967 konečně na svůj stroj obdržel patent, o který požádal v roce 1941 (!!).

Zuse byl „geniální směsí“ inženýra, vynálezce, teoretika, architekta a měl i velké výtvarné nadání. Výpočetní stroje podle jeho principu pracovaly ještě v 60. letech i u nás (např. v Ústavu pro výzkum optiky a jemné mechaniky v Přerově). Teprve jeho syn Horst Zuse nyní přednáší na berlínské univerzitě předmět „praktická informatika“.

Konrad Zuse zemřel v roce 1995.

QX

Literatura

- [1] Guter, R. S.: Ot abaka do komputera. Moskva, Znanie 1975.
- [2] Zuse, K.: Rechnender Raum. Wieweg + Sohn, Braunschweig 1969.
- [3] Beauclair, W.: Rechnen mit Maschinen. Wieweg + Sohn, Braunschweig 1968.
- [4] Kuper, L.: Fizika dlja vseh. Mir, Moskva 1974.
- [5] Internetové stránky věnované supravodivosti.
- [6] Cooper, L. N.: Microscopic quantum interference effects in the theory of superconductivity.

UŽITEČNÁ ZAPOJENÍ Z DLOUHOLETÉ PRAXE II

Ing. Zdeněk Zátopek

Vážení čtenáři, na úvod tohoto pokračování užitečných zapojení z dlouholeté praxe pod číslem II bych vám všem chtěl poděkovat za ohromný zájem o dříve publikované konstrukce v prvním díle (v KE 6/2004). Ten zájem byl ještě větší než v minulém období a autora to samozřejmě na jedné straně upřímně těší, na straně druhé ho to však opět zavazuje k ještě kvalitnějšímu výběru zapojení, která budou zájemcům přinášet radost a pobavení.

Obsah tohoto čísla KE jsem rozdělil do tří ucelených kapitol: nabíječe, zesilovače a měřicí a zábavná elektronika.

Úvod

Při výběru konstrukcí a psaní textu pro toto číslo Konstruktivní elektroniky jsem měl velice těžký úkol - čím vás oslovit a jaké konstrukce ukázat široké radioamatérské veřejnosti.

Obtížnost úkolu spočívala také v tom, že některé konstrukce, které jsem měl již připraveny k popisu, jsem opětovně musel urychleně měnit z nejrůznějších příčin. Z toho vyplynulo, že příprava obsahu KE byla časově značně náročná.

Předložené konstrukce jsou i nyní nakresleny a navrženy systémem Formica v jeho poslední verzi 4.40.

Konstrukce do tohoto čísla KE jsem vybíral i na základě mnoha dotazů na různá technická řešení a na případné inovace zapojení z předchozího dílu v KE6/2004.

Nakonec jsem do této Konstruktivní elektroniky vybral konstrukce z oblasti nf a měřicí techniky, které jsou funkční, nevyžadují příliš mnoho speciálních součástek a v mnoha případech do nich lze použít tzv. „šuplíkové zásoby“.

Návody i náměty byly ověřeny, takže pečlivá příprava a práce čtenáře bude odměněna správnou činností zhotoveného přístroje.

Těm, kteří si podle tohoto čísla KE sestojí a ožijí alespoň jednu konstrukci, přeji mnoho úspěchů v jejich zájmové činnosti a věřím, že rozšíří řady aktivních amatérů, zvyšujících své vědění neustálým pročitáním odborným časopisů a knih a dalším „bastlením“ ve volných chvílích.

Jestli se mi tento cíl podařilo splnit a alespoň trochu vás podnítil něco si vyzkoušet, ponechám jen na vás.

Závěrem mi dovoluji, abych touto cestou poděkoval RNDr. Ivo Křivkovi a Ing. Petru Horskému, kteří mi svým opětovným aktivním přístupem při aktualizaci knihoven návrhového systému Formica odstraňovali vzniklé problémy při sestavování tohoto čísla KE a

Ing. Aleši Hamáčkoví za praktické ověření předloh některých vybraných konstrukcí při výrobě plošných spojů.

V úvodu bych ještě chtěl odpovědět na četné dotazy na výpočet a návrh některých součástek v konstrukcích již dříve publikovaných a na možnost nahrazení některých součástek.

Mezi nejčastější dotazy, které jsem již dříve anebo v posledním období obdržel, patří způsob návrhu síťového transformátoru pro jednotlivé nabíječe, nízkofrekvenční zesilovače, barevné hudby apod.

K tomuto dotazu se pokusím krátce naznačit způsob, jakým již delší dobu transformátory navrhuji. Chápu, že mezi amatéry je mnoho nejrůznějších transformátorů vyřazených z průmyslu a případná jejich úprava je finančně daleko méně nákladná než pořízení transformátoru nového a certifikovaného od známého výrobce.

Pro síťové transformátory se používá uzavřené železné jádro bez vzduchové mezery, složené z hotových normalizovaných plechů tvaru EI, C (vinutých z magneticky orientovaných pásů) a ojediněle i tvaru M. Jádro typu M má větší okénko pro vinutí a téměř žádnou vzduchovou mezeru. Jeho výroba je však dražší než výroba běžnějších typů EI anebo C. I když má jádro EI z důvodu skládání z částí E a příločky I větší vzduchovou mezeru a tím i ztráty, je to nejvíce používaný typ především mezi amatéry.

Úlohou síťového transformátoru je převádět střídavé napětí sítě na jinou požadovanou velikost s určitým výkonem, indukčnost nebo impedanci vinutí zde není důležitá.

Průřez jádra (sloupku pro vinutí) je třeba volit takový, aby jádro nebylo magneticky přesyceno. Běžně volíme u malých transformátorů podle kvality transformátorových plechů magnetickou indukci $B = 0,8$ až $1,3$ T a pro jádro C indukci $B = 1,4$ až $1,7$ T.

U jader EI se dává cívka s vinutím na střední sloupek, u jader C se vinutí nejčastěji rozděluje na dvě cívky umístěné na obou sloupcích jádra.

Jen výjimečně jsou obě cívky jádra C rozděleny tak, že na jednom sloupku je cívka s primárním vinutím a na druhém cívka se sekundárním vinutím.

Nyní si popíšeme zjednodušený výpočet síťového transformátoru:

Skutečný průřez S_{Fe} železného jádra (po odečtení průřezu izolace plechů, netěsnosti skládání apod.) musí být:

$$S_{Fe} = k \cdot P_p / f \quad [\text{cm}^2; -, \text{VA}, \text{Hz}],$$

kde P_p je příkon transformátoru na primární straně, k je konstanta o velikosti 6 až 8 (doporučuji používat $k = 7$) a f je kmitočet sítě 50 Hz.

Příkon P_p je $P_p = P_s / 0,8$, kde P_s je výkon transformátoru na sekundární straně, který vypočteme jako součet součinů napětí U_s a proudů I_s jednotlivých sekundárních vinutí. Dělitel 0,8 je odhadovaná účinnost 80 % při amatérské výrobě transformátoru a neznámé kvalitě jádra.

Pro předběžný odhad při známém příkonu P_p a kmitočtu sítě 50 Hz bohatě pro výpočet skutečného průřezu železného jádra S_{Fe} postačuje zjednodušený vzorec:

$$S_{Fe} = \sqrt{P_p} \quad [\text{cm}^2; \text{VA}].$$

Počet závitů jednotlivých vinutí určíme ze vzorce:

$$N = U \cdot 10^4 / 4,44 \cdot f \cdot B \cdot S_{Fe} \quad [-; \text{V}, \text{Hz}, \text{T}, \text{cm}^2],$$

kde N je počet závitů, U je napětí na vinutí, f je kmitočet sítě, B je magnetická indukce a S_{Fe} je skutečný průřez železného jádra.

Pro přibližný, ale v praxi naprosto dostačující výpočet počtu závitů při

magnetické indukci $B = 1 \text{ T}$ a $f = 50 \text{ Hz}$, se vztah zjednoduší na:

$$N_{1V} = 45/S_{Fe} \quad [-; \text{cm}^2],$$

kde N_{1V} je počet závitů na jeden volt a S_{Fe} je skutečný průřez železného jádra.

Skutečný průřez S_{Fe} železného jádra je závislý na činiteli plnění jádra X ($X = 0,9$ až $0,94$) a je asi o 6 až 10 % menší než hrubý průřez jádra S'_{Fe} , který vypočítáme z rozměrů jádra změřených např. „šuplerou“.

Počet závitů na primární straně je

$$N_p = N_{1V} \cdot 230.$$

Jelikož v oblasti Ostravska je síťové napětí na předepsané úrovni 230 V, nezměňují počet závitů na primární straně o 2 %, jak je obvyklé. Pokud však jste v oblasti, ve které je síťové napětí spíše menší než 230 V, pak počet primárních závitů N_p vynásobte konstantou 0,98.

Proudovou hustotu pro vodič (měděný lakovaný) primárního vinutí používám $J = 2,55 \text{ A/mm}^2$ a sekundárního vinutí $J = 3,0 \text{ A/mm}^2$.

Tab. 1. Proudová zatížitelnost vybraných měděných vodičů v závislosti na jejich průměru při různých proudových hustotách J

Průměr vodiče [mm]	Průřez vodiče [mm ²]	Proud. zatížitelnost [A]		
		$J = 2,00 \text{ A/mm}^2$	$J = 2,55 \text{ A/mm}^2$	$J = 3,00 \text{ A/mm}^2$
0,22	0,04	0,08	0,10	0,10
0,25	0,05	0,10	0,12	0,12
0,28	0,06	0,12	0,15	0,15
0,30	0,07	0,14	0,18	0,18
0,35	0,10	0,19	0,24	0,24
0,40	0,13	0,25	0,31	0,31
0,45	0,16	0,32	0,40	0,40
0,50	0,20	0,39	0,49	0,49
0,55	0,24	0,48	0,59	0,59
0,60	0,28	0,57	0,71	0,71
0,65	0,33	0,66	0,83	0,83
0,70	0,38	0,77	0,96	0,96
0,75	0,44	0,88	1,11	1,11
0,80	0,50	1,00	1,26	1,26
0,85	0,57	1,14	1,42	1,42
0,90	0,64	1,27	1,59	1,59
0,95	0,71	1,42	1,77	1,77
1,00	0,79	1,57	1,96	1,96
1,10	0,95	1,90	2,38	2,38
1,20	1,14	2,26	2,83	2,83
1,30	1,32	2,65	3,32	3,32
1,40	1,54	3,08	3,85	3,85
1,50	1,77	3,54	4,42	4,42
1,70	2,27	4,54	5,68	5,68
2,00	3,14	6,28	7,85	7,85
2,20	3,80	7,60	9,52	9,52
2,50	4,91	9,80	12,29	12,29
2,80	6,16	12,22	15,40	15,40
3,00	7,07	14,15	17,69	17,69

Průměr d_p vodiče primárního vinutí v tom případě určíme podle vztahu:

$$d_p = \sqrt{(I_p/2)} \quad [\text{mm}; \text{A}],$$

kde I_p je proud primárním vinutím.

Průměr d_s vodiče sekundárního vinutí pak určíme podle vztahu:

$$d_s = \sqrt{(I_s/2,36)} \quad [\text{mm}; \text{A}],$$

kde I_s je proud sekundárním vinutím.

Primární proud I_p se vypočte z celkového primárního příkonu P_p a síťového napětí U_p podle vzorce:

$$I_p = P_p/U_p \quad [\text{A}; \text{VA}; \text{V}].$$

Průměry vybraných měděných vodičů pro různou proudovou zatížitelnost při proudových hustotách 2 až 3 A/mm² jsou v tab. 1.

Pro jiné proudové hustoty od 1 do 6 A/mm² zjistíme proudovou zatížitelnost vodičů přepočítáním údajů z tab. 1.

Sestavení transformátorů vlastní výroby nečiní zručnému amatérovi nejmenší obtíže.

U jádra EI jsou jednotlivé plechy E skládané střídavě, lze skládat i vždy dva plechy E vedle sebe. Jádro se stáhne svorníky a celý transformátor pak ani není nutné impregnovat v šelaku a následně sušit v elektrické troubě.

U transformátorů s jádrem C je nutné zajistit, aby stykové plochy byly co nejčistší. Jádro je opět staženo svorníky. Pokud jádro C není impregnováno,

vykazuje oproti jádru EI mírně větší hluk. Přesto i jádro C není nutné impregnovat.

Další početná skupina dotazů se týkala náhrady jednotlivých součástek.

Mohu ujistit všechny konstruktéry, že používané rezistory (pokud nejsou výkonové) jsou běžné miniaturní (RM=10) metalizované pro zatížení 0,5 až 0,6 W (podle typu výrobce a prodejce elektronických součástek). Bez nejmenších problémů lze použít i české typy TR 112a. Je na škodu věci, že mnoho prodejců je zaměřeno jen na dovozové součástky a jen malá část z nich prodává věci, které se kdysi v rámci RVHP v dostatečném počtu vyskytovaly na pultech našich radioamaterských prodejen.

Obdobná situace je i v oblasti kondenzátorů, potenciometrů i polovodičových součástek.

Kondenzátory jsou keramické (se známým označením TK) anebo svitkové velice kvalitní a v minulosti hodně používané typu TC 350 až TC 352.

Potenciometry typu Piher apod. jsou nahrazovány lacinějšími a stále vyráběnými českými potenciometry řady TP 160 a TP 280.

Tranzistory jsou vysloveně univerzální typy s vodivostí npn a pnp a tvoří největší část „šuplíkových zásob“. Diody ve většině případů použijeme „co dům dal“ a jen některé typy musíme nahradit podobnými typy stejné kategorie (např. Zenerovy diody, Shottkyho diody, LED apod.).

Nabíječe akumulátorů

Mezi nejvíce oblíbené konstrukce patří stavba nejrůznějších nabíječů a dobíječů.

Proto i v tomto čísle KE uvedu několik zajímavých a letitou praxi ověřených a spolehlivých nabíječů a dobíječů automobilových baterií.

1. Pulsní nabíječ olověných akumulátorů se středním proudem 10 A

Do zmíněné skupiny nabíječů můžeme směle zařadit i dále popisovanou inovovanou konstrukci velmi oblíbeného pulsního nabíječe. Modernizovaný nabíječ má střední nabíjecí proud zvětšen na 10 A, takže s ním lze v kratším časovém horizontu dobít i akumulátory s kapacitou nad 100 Ah. U tohoto doposud velice populárního nabíječe byla upravena silová nabíjecí část a část řídicích a signalizačních obvodů.

Popis funkce

Schéma nabíječe je na obr. 1. Pro jednoduchost není na schématu nakreslen síťový transformátor, který je nahrazen dvěma vstupními svorkovnicemi U6 a U7.

Nabíječ pracuje v impulsním režimu, který výraznou měrou zmenšuje nároky na výstupní spínací tranzistor a na chladič pro tento tranzistor.

Nabíječ je plně automatický a jednotlivé stupně nabíjení jsou indikovány diodami LED. Nabíječ je vybaven elektronickou ventilátovou jednotkou, která zlepšuje teplotní poměry uvnitř jeho typizované plastové skříně. Střední nabíjecí proud lze plynule nastavit od nuly do 10 A nezávisle na napětí akumulátoru nebo napájecí sítě.

Síťové napětí 230 V je přiváděno přes tavnou pojistku F1 na primární stranu síťového transformátoru TR1. Aby se zmenšilo rušení přenášené z nabíječe do elektrické sítě, je na primární svorky transformátoru připojen svitkový kondenzátor C1 dimenzovaný na ss napětí alespoň 630 V.

Napětí ze sekundárního silového vinutí transformátoru je přiváděno přes svorkovnici U6 a je usměrňováno můstkem ze čtyř výkonových křemíkových diod řady KY710. Silové vinutí je dimenzováno na proud 10 A, což pro většinu akumulátorů pro osobní a nákladní automobily postačuje.

Z pomocného sekundárního vinutí připojeného přes svorkovnici U7 se napájí ochranné obvody.



Na primární straně transformátoru je zapojen svitkový odrušovací konden-

Ke kladnému pólu kondenzátoru C2 je připojena kladná svorka výstupní svorkovnice U4. Do spoje od svorkovnice U4 ke kladné výstupní svorce nabíječe je vložena trubičková tavná pojistka F2.

Podle velikosti regulační odchylky, dané rozdílem mezi žádanou a skutečnou střední hodnotou nabíjecího prou-

du, je řízen poměr mezi dobou, po níž nabíjecí proud prochází nabíjeným akumulátorem, a dobou přerušení proudu.

Regulační obvod obsahuje čtveřici operačních zesilovačů (OZ) typu LM324, které jsou obsaženy v jednom pouzdru IO3. Jednotlivé OZ jsou zapojeny jako sledovač napětí (IO3/2 s vývody 5 až 7), sčítací neinvertující zesilovač (IO3/3 s vývody 8 až 10), komparátor (IO3/1 s vývody 1 až 3) a zesilovač odchylky (IO3/4 s vývody 12 až 14).

Na výstup komparátoru IO3/1 jsou připojena hradla výkonových tranzistorů T1 a T1A typu V-MOS, kterými je spínán nabíjecí proud. T1 a T1A jsou opatřeny chladiči, jejichž teplota je snímána diodovým čidlem teploty D15.

V emitorech T1 a T1A jsou zapojeny bočníky tvořené rezistory R35 a R35A, z nichž každý je složen ze dvou výkonových rezistorů se zatižitelností 5 W. Při průchodu nabíjecího proudu vzniká na bočnicích úbytek napětí, který je zesilován a filtrován zesilovačem regulované veličiny s OZ IO3/4 a dalšími součástkami R10, R11, C7, R13 a C8.

Kolektory tranzistorů T1 a T1A jsou vyvedeny na zápornou svorku výstupní svorkovnice U4. Do spoje od svorkovnice U4 k záporné výstupní svorce nabíječe je zapojeno panelové měřidlo s rozsahem 10 A, kterým se kontroluje nabíjecí proud.

Báze tranzistorů T1 a T1A jsou řízeny přes rezistory R9 a R9A komparátorem IO3/1, který zároveň přes rezistor R8 nabíjí a vybíjí kondenzátor C6. Kondenzátor C6 se nabíjí tehdy, když je na výstupu IO3/1 kladné saturační napětí (tj. napětí asi o 1,4 V nižší než kladné napájecí napětí obvodu IO3), kterým jsou otevřeny T1 a T1A a sepnut nabíjecí proud akumulátoru.

Sčítací zesilovač IO3/3 sčítá napětí z kondenzátoru C6 (přiváděné přes oddělovací sledovač s OZ IO3/2) s napětím z výstupu zesilovače regulované veličiny IO3/4.

Součtové napětí z výstupu IO3/3 se přivádí na invertující vstup komparátoru IO3/1. Na neinvertující vstup komparátoru se přivádí napětí 0 až asi 5 V z potenciometru P1, kterým se nastavuje požadovaná střední hodnota nabíjecího proudu. Komparátor má hysterezi zavedenou rezistory R2 a R3.

Překročí-li součtové napětí na neinvertujícím vstupu komparátoru nastavenou velikost napětí z běžce potenciometru P1, přepoklopí se komparátor do stavu, ve kterém má jeho výstup potenciál země. Tranzistory T1 a T1A se vypnou a nabíjecí proud se přeruší. Kondenzátor C6 se začne vybíjet přes rezistor R8.

Když klesne napětí na C6 natolik, že součtové napětí na invertujícím vstupu komparátoru poklesne pod nastavenou velikost napětí z běžce potenciometru P1, přepoklopí se výstup komparátoru zpět do stavu kladné saturace, tj. do výchozího stavu popisova-

ného cyklu. Změny stavu výstupu komparátoru se neustále periodicky opakují.

Na výstupu komparátoru IO3/1 je tedy pravouhlý signál, jehož střída se mění v závislosti na požadovaném nabíjecím proudu tak, že při větším proudu se prodlužuje ta část periody, ve které jsou otevřeny (sepnuty) výkonové tranzistory T1 a T1A. Regulačním procesem se akumulátor vlastně neustále připojuje a odpojuje od stejnosměrného zdroje napětí.

Při hodnotách součástek R8 a C6 uvedených na schématu a při střídě 1 : 1 je kmitočet spínání tranzistorů T1 a T1A nastaven na asi 90 Hz.

Popsanou regulační smyčkou je udržován nabíjecí proud nastavitelný ve velice širokých mezích. Toto však neplatí při zkratu na výstupních svorkách, při kterém se zkratový proud zvětší o zhruba 50 % od nastavené velikosti.

Pulsní nabíječ je vybaven elektronickými ochrannými obvody, které spouštějí nebo ukončují nabíjení tehdy, když napětí akumulátoru překročí nastavenou mez. Tyto obvody také chrání nabíječ při zkratu na výstupu a blokují jeho funkci při opačně připojeném (přepólovaném) akumulátoru.

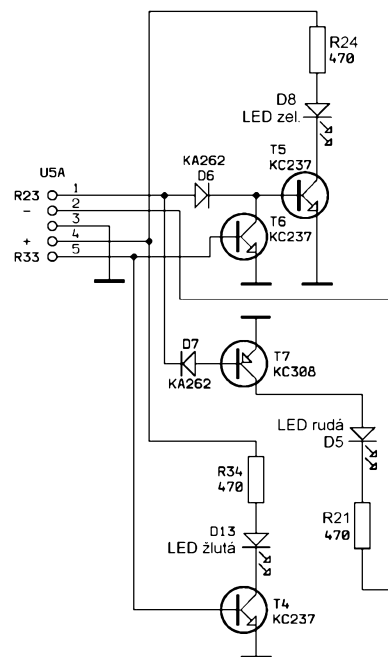
Stav ochranných obvodů, a tím i celkový stav nabíjení akumulátoru, je signalizován třemi LED zapojenými v indikačním obvodu. Indikační obvod, jehož schéma je na obr. 2, tvoří z konstrukčních důvodů samostatnou jednotku, která je s obvodem nabíječe propojena prostřednictvím svorkovnice CN1.

Funkce nabíjení je zajištěna, pokud je akumulátor správně připojen na výstupní svorky nabíječe a pokud má alespoň minimální počáteční napětí.

Po připojení úplně nového akumulátoru bez tohoto minimálního počátečního napětí bude ochrana okamžitě reagovat a nedovolí nabíjet. Proto je nutné tuto ochranu na jednu hodinu provozu nabíječe odpojit spínačem, kterým se odpojí pomocné sekundární vinutí síťového transformátoru od svorkovnice U7. Po hodině nabíjení bez ochrany má již akumulátor dostatečné napětí. Pak akumulátor od nabíječe odpojme, zapneme napájení ochranných obvodů a akumulátor znovu připojíme. Potom již vše funguje správně.

Napětí ze záporného pólu akumulátoru (z kolektorů T1 a T1A) se přivádí přes oddělovací diody D10 a D14 do komparátoru IO7/1 (vývody 1 až 3) a IO7/2 (vývody 5 až 7), kterými jsou řízeny ochranné obvody.

Komparátor IO7/1 porovnává záporné napětí z akumulátoru (vhodně zmenšené odporovým děličem R26, R27 a R25) s referenčním napětím -5 V, přiváděným z IO6 přes R18 na neinvertující vstup IO7/1. Pokud záporné napětí z akumulátoru schází, je na invertující vstup IO7/1 přivedeno přes rezistory R20 a R18 kladné napájecí napětí z IO4, kterým se výstup 1 IO7/1 přepoklopí do kladné úrovně. Tím se zablokuje nabíjení (přes diodu D2 a optočlen U1 se se-



Obr. 2. Indikační obvod (základní varianta 1)

pne tranzistor T2, který uzemní neinvertující vstup komparátoru IO3/1). Tento stav je signalizován zelenou LED D8 (na obr. 2), která je vybudena přes oddělovací diodu D6 a spínací tranzistor T5. LED D8 signalizuje konec nabíjení a akumulátor se nenabíjí.

Pokud se však přes diodu D10 dostane na vstupy IO7/1 záporné napětí z akumulátoru, výstup IO7/1 se přepoklopí do záporné saturace a nabíjení probíhá v požadovaném proudovém rozsahu.

Nabíjení je indikováno červenou LED D5 (na obr. 2), která je sepnuta přes tranzistor T7. T7 je řízen záporným saturačním napětím z výstupu IO7/1 přes oddělovací diodu D7.

Když dosáhne napětí na akumulátoru velikosti asi 15 V, překročí napětí na invertujícím vstupu 2 komparátoru IO7/1 velikost referenčního napětí na vstupu 3 IO7/1 a výstup IO7/1 se přepoklopí do kladné saturace. Tím se nabíjení ukončí.

K tzv. „dvoustupňovému nabíjení“, které je předepsáno pro olověné akumulátory, slouží druhý komparátor IO7/2.

Dokud napětí na svorkách nabíjeného akumulátoru nedosáhne velikosti 14,4 V, je na invertujícím vstupu 6 IO7/2 napětí menší než na neinvertujícím vstupu 5 IO7/2 (na kterém je referenční napětí -5 V), výstup IO7/2 je v záporné saturaci a obvod se neuplatní.

Když napětí akumulátoru překročí 14,4 V, výstup IO7/2 přejde skokem do kladné saturace. To má za následek, že se přes optočlen U2 sepnou tranzistor T3, kterým se paralelně k rezistoru R12 připojí rezistor R15. Tím se 2x zvětší napěťové zesílení zesilovače regulované veličiny a nabíjecí proud se zmenší na polovinu nastavené velikosti. Výchylka ručky panelového měřidla poklesne na polovinu.

Kladným saturačním napětím z výstupu IO7/2 se také přes oddělovací di-

odu D12 a rezistor R33 sepne tranzistor T4 a rozsvítí se žlutá LED D13, která indikuje nabíjení polovičním proudem. Dále sepne tranzistor T6, takže se přeruší buzení tranzistoru T7 a zhasne červená LED D5, která signalizuje nabíjení plným proudem.

Aby komparátory IO7 nekmitaly i při sebemenší změně poměrů v regulačním obvodu, je v nich zavedena hysterese rezistory R19 a R30. Tato hysterese způsobuje pomalejší a časově opožděnou reakci na probíhající děje.

K ochraně proti napěťovým špičkám jsou u komparátorů zapojeny diody D9 a D11 a elektrolytické kondenzátory C11 a C12.

Kondenzátory C13 a C14 zabráňují samovolnému rozkmitání OZ IO7.

V regulátoru otáček ventilátoru porovnávač OZ IO8 napětí z čidla teploty D15 s referenčním napětím z děliče R40, P2 a R37. IO8 svým výstupním napětím řídí přes výkonový tranzistor T8 malý axiální ventilátor VE1. T8 je opatřen malým chladičem.

Zpětnou vazbou zavedenou rezistorem R38 je nastaveno takové zesílení OZ, aby při vzrůstu teploty čidla pozvolně stoupaly otáčky ventilátoru až do maxima a teplota chladiče tranzistorů T1 a T1A se tak udržovala přibližně konstantní. Minimální otáčky ventilátoru se při chladném čidle teploty D15 nastavují trimrem P2.

Radiální ventilátor VE1 má provozní napětí 12 V a rozměry 80 x 80 x 25 mm.

Jako čidlo D15 je použit přechod BE tranzistoru KC238 (přechod se chová jako dioda, u tranzistoru NPN je báze její anodou a emitor katodou).

Konstrukce

Součástky nabíječe jsou umístěny na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojů je na obr. 3, rozmístění součástek na desce je na obr. 4.

Součástky indikačního obvodu jsou umístěny na zvláštní desce, čímž byla nabídnuta konstruktérovi větší variabilita při rozmísťování indikačních prvků na čelním panelu nabíječe.

Obrazec jednostranných plošných spojů základní varianty (varianty 1) indikačního obvodu je na obr. 5, rozmístění součástek na desce je na obr. 6.

Nabíječ neobsahuje žádnou záludnost a při jednoduchém proměření součástek digitálním multimetrem a po kontrole plošných spojů na trhliny, měděné můstky a přerušení zaručuje tato konstrukce 100 % reprodukovatelnost.

Kondenzátory není nutné z hlediska přesnosti kapacity nikterak zvlášť vybírat. Rezistory jsou již předepsány s tolerancí 1 %.

Indikační LED mohou mít průměr 10 nebo 5 mm.

U výkonových diod řady KY710 je vhodné použít malý jednoduchý hliníkový chladič tvaru U. Praktické zkoušky a dlouhodobý provoz však prokázaly, že umístěním aktivní chladicí jednotky (tj. ventilátoru) do plastové skříňky nabíječe odpadla nutnost tyto diody zvlášť chladit, protože cirkulace vzduchu uvnitř skříně zabezpečuje jejich dostatečné chlazení.

Výkonové tranzistory T1 a T1A jsou opatřeny společným izolovaným žebrovaným chladičem ZH610 (žebra o výš-

ce 15 mm s roztečí 10 mm) o půdorysu 150 x 80 mm, na kterém je umístěno i čidlo teploty D15. Nad chladič je namontován ventilátor VE1 tak, aby byl chladič dobře ofukován.

Velkou pozornost je nutné věnovat návrhu transformátoru. Transformátor musí být dimenzován na výkon 200 až 250 W. Primární vinutí je pro 230 V, sílové sekundární vinutí musí poskytovat napětí 16 až 17 V při proudu 10 A, pomocné sekundární vinutí má mít 12 až 14 V při proudu 0,5 A.

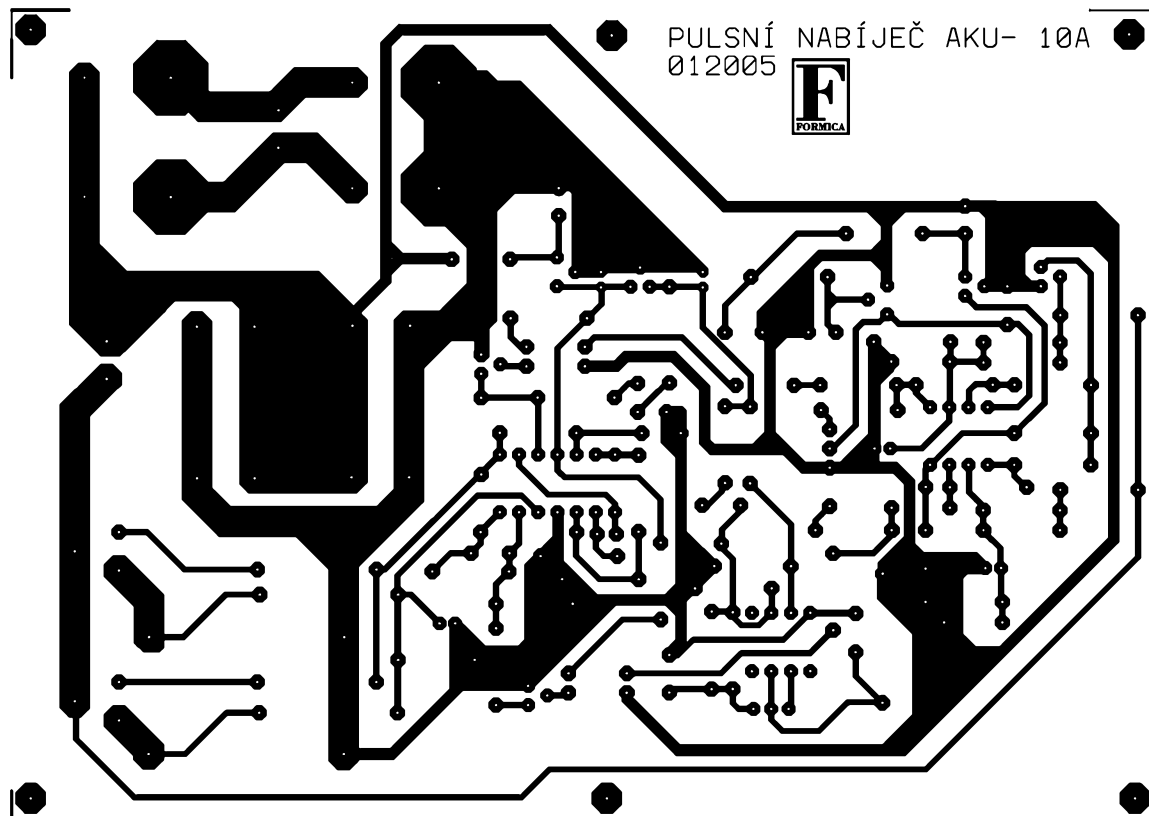
Nabíječka je vestavěna do plastové skříňky o rozměrech přiměřených velikosti transformátoru a desky nabíječky s chladičem a ventilátorem.

Lze použít i skříňku kovovou podle vlastního návrhu konstruktéra anebo zakoupit již vyrobenou kovovou skříňku v příslušném obchodě s elektrooborou (např. u firmy PS electronic s.r.o.). Pak je ovšem třeba použít síťovou šňůru se třemi vodiči a kovovou skříňku připojit na nulovací vodič se žlutozelenou izolací.

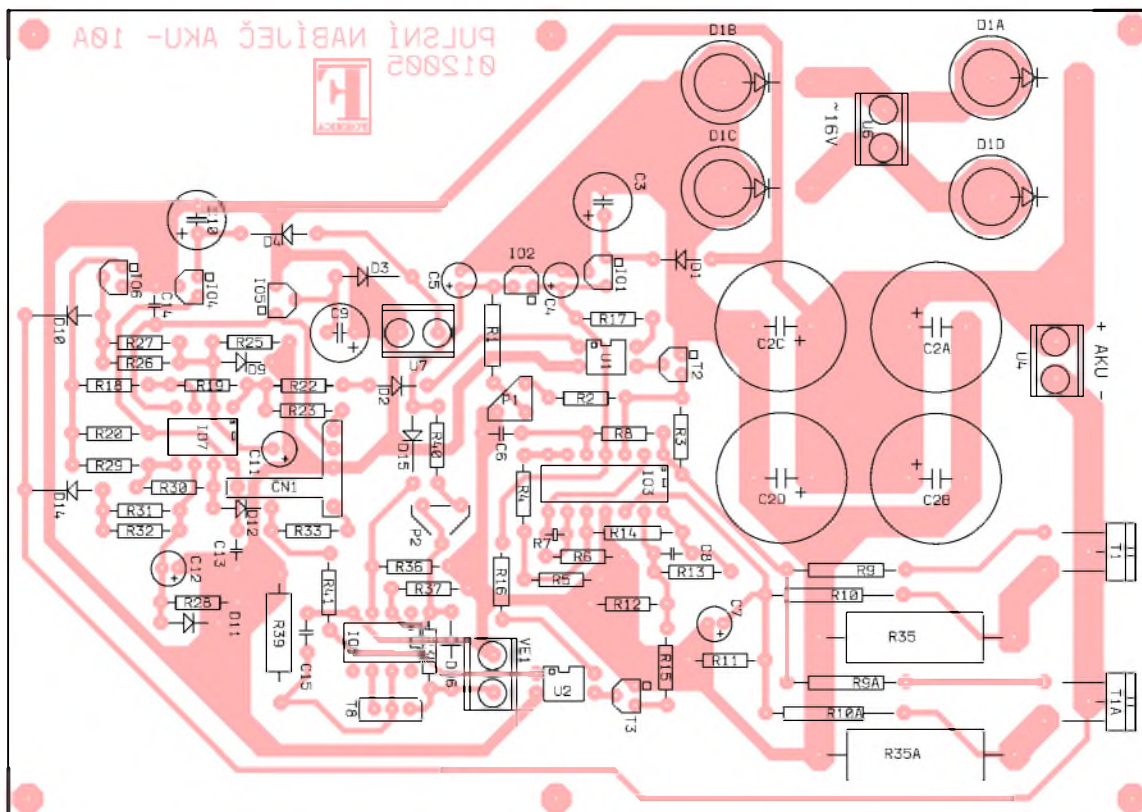
Síťový spínač může být libovolné konstrukce se spínacími kontakty dimenzovanými na proud nejméně 1 A.

Samozřejmě by bylo ještě možné v tomto nabíječi realizovat určitá vylepšení, ale domnívám se, že jeho současná konstrukce osloví i ty nejnáročnější uživatele nabíječů olověných akumulátorů.

Závěrem chci upozornit na skutečnost, že zvláště menší akumulátory není vhodné nabíjet příliš velkým proudem (ani při pulsním nabíjení). I v tomto případě platí, že méně znamená více, a proto akumulátor raději nabíjíme menším proudem po delší čas.



Obr. 3. Obrazec spojů pulsního nabíječe (měř.: 1 : 1)



Obr. 4. Rozmístění součástek na desce pulsního nabíječe

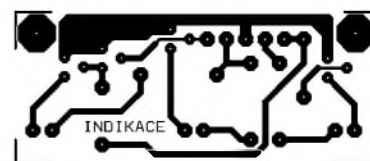
Seznam součástek pulsního nabíječe

R1, R9, R9A	100 Ω /1 %/0,5 W, metal.	C9	470 μ F/25 V, radiální
R2	1 k Ω /1 %/0,5 W, metal.	C10	470 μ F/25 V, radiální
R3, R4, R5,		C11	10 μ F/16 V, radiální
R7, R8, R11,		C12	10 μ F/16 V, radiální
R13, R14	100 k Ω /1 %/0,5 W, metal.	D1, D3, D4	1N4002
R6	47 k Ω /1 %/0,5 W, metal.	D1A, D1B,	
R10, R10A,		D1C, D1D	KY710
R12, R15,		D2, D9, D10,	
R18, R20,		D11, D12,	
R25, R28,		D14, D16	KA262
R29, R36,		D15	KC238
R37	10 k Ω /1 %/0,5 W, metal.	T1, T1A	IRF540
R16, R17,		T2, T3	KC238
R23, R33	4,7 k Ω /1 %/0,5 W, metal.	T8	KD135
R19, R30	560 k Ω /1 %/0,5 W, metal.	IO1	78L09
R22, R40,		IO2	78L06
R41	1,2 k Ω /1 %/0,5 W, metal.	IO3	LM324
R26, R31	390 k Ω /1 %/0,5 W, metal.	IO4	78L12
R27, R32	22 k Ω /1 %/0,5 W, metal.	IO5	79L12
R35	0,06 Ω /10 W (2 rezistory	IO6	79L05
	0,12 Ω /5 W paralelně)	IO7	LM1458
R35A	0,06 Ω /10 W (2 rezistory	IO8	LM741
	0,12 Ω /5 W paralelně)	U1, U2	PC817, optočlen
R38	470 k Ω /1 %/0,5 W, metal.	U4, U6, U7	ARK500/2, svorkovnice
R39	47 Ω /2 W	VE1	ventilátor 12 V/80 mm
P1	2,5 k Ω /N,	CN1	kontaktní lišta (5 pólů)
P2	potenciometr TP160		
	500 Ω , trimr PT6V		
C2A, C2B,			
C2C, C2D	4 700 μ F/35 V, radiální		
C3	100 μ F/35 V, radiální		
C4	10 μ F/16 V, radiální		
C5	4,7 μ F/25 V, radiální		
C6	150 nF (TC351)		
C7	10 μ F/16 V, radiální		
C8, C13,			
C14, C15	100 nF, keramický		

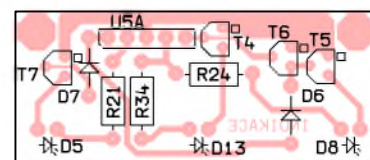
Seznam součástek

základní varianty 1 indikačního obvodu

R21, R24,	
R34	470 Ω /1 %/0,5 W, metal.
D5	LED rudá, 10 mm
D6, D7	KA262
D8	LED zelená, 10 mm
D13	LED žlutá, 10 mm
T4, T5, T6	KC237
T7	KC308
U5A	kontaktní lišta (5 pólů)



Obr. 5. Obrazec spojů varianty 1 indikačního obvodu (měř.: 1 : 1)



Obr. 6. Rozmístění součástek na desce varianty 1 indikačního obvodu

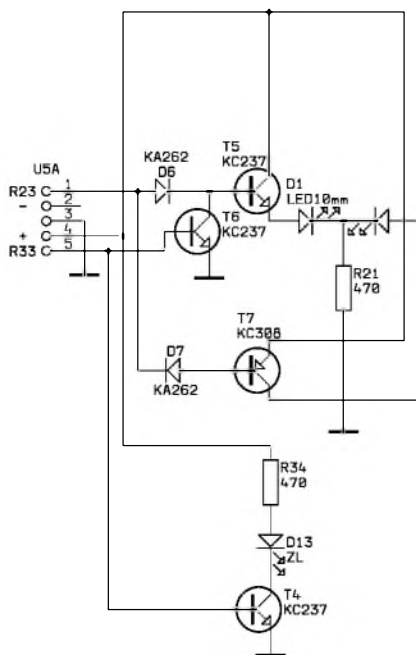
Varianta 2 indikačního obvodu s LED D1 se společnou katodou

Pro tzv. „fajnšmekry“ jsem ještě sestavil trošičku jiné zapojení indikátoru stavů, které obsahuje jen dvě LED.

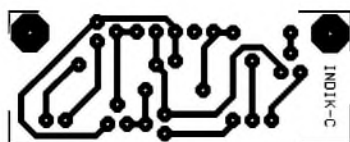
LED D1 je dvoubarevná se společnou katodou a LED D13 je stejná jako v původním indikátoru. Jelikož dvojité LED se společnou anodou se na českém trhu obtížněji shánějí, zvolil jsem zapojení LED D1 se společnou katodou. Připojovací body k nabíječce jsou stejné jako u původního indikátoru.

Schéma varianty 2 indikátoru je na obr. 7 a je tak jednoduché, že je ho zbytečné popisovat.

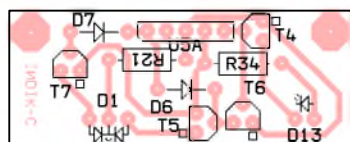
Varianta 2 indikátoru je zapojena na desce s jednostrannými plošnými spoji.



Obr. 7. Variant 2 indikačního obvodu (s dvoubarevnou LED D1 se společnou katodou)



Obr. 8. Obrazec spojů varianty 2 indikačního obvodu (měř.: 1 : 1)



Obr. 9. Rozmístění součástek na desce varianty 2 indikačního obvodu

Obrazec spojů je na obr. 8, rozmístění součástek na desce je na obr. 9.

LED D1 je orientována tak, aby její zelený systém byl připojen k emitoru T5 a červený systém ke kolektoru T7.

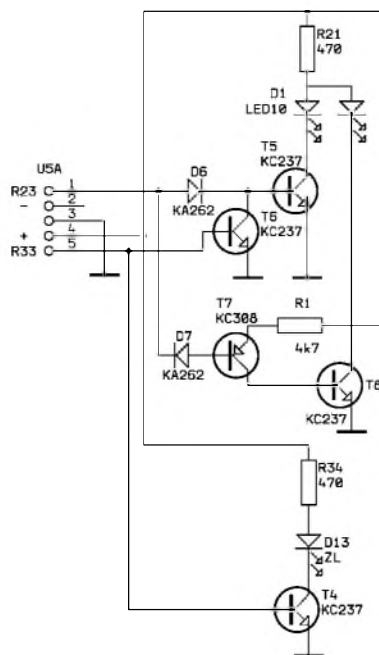
Seznam součástek

varianty 2 indikačního obvodu

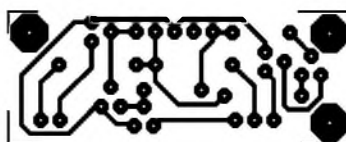
R21, R34	470 Ω /1 %/0,5 W, metal.
D1	LED dvoubarevná (zelená/červená) se spol. katodou, 10 mm
D6, D7	KA262
D13	LED žlutá, 10 mm
T4, T5, T6	KC237
T7	KC308
U5A	kontaktní lišta (5 pólů)

Variant 3 indikačního obvodu s LED D1 se společnou anodou

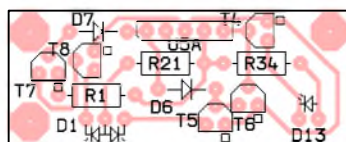
Pokud se podaří agilním radioamatérům sehnat dvoubarevné LED se společnou anodou, tak příkladem ještě



Obr. 10. Varianta 3 indikačního obvodu (s dvoubarevnou LED D1 se společnou anodou)



Obr. 11. Obrazec spojů varianty 3 indikačního obvodu (měř.: 1 : 1)



Obr. 12. Rozmístění součástek na desce varianty 3 indikačního obvodu

zapojení indikačního obvodu s tímto typem LED.

Schéma varianty 3 indikátoru je na obr. 10. I tato varianta je zapojena na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojů je na obr. 11, rozmístění součástek na desce je na obr. 12.

Dvoubarevná LED D1 je orientována tak, aby její zelený systém byl připojen ke kolektoru T5 a červený systém ke kolektoru T8.

Seznam součástek

varianty 3 indikačního obvodu

R1	4,7 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R21, R34	470 Ω /1 %/0,5 W, metal.
D1	LED dvoubarevná (zelená/červená) se spol. anodou, 10 mm
D6, D7	KA262
D13	LED žlutá, 10 mm
T4, T5, T6, T8	KC237
T7	KC308
U5A	kontaktní lišta (5 pólů)

2. Nabíjecí automat olověných akumulátorů

Mezi oblíbené nabíječe patří tzv. nabíjecí automaty. Jsou založeny na speciálních integrovaných obvodech, které svou vnitřní konstrukcí jsou uzpůsobeny nabíjecímu procesu tak, že obsluha nabíječe do procesu nabíjení vůbec nezasahuje a jen jej zevrubně kontroluje pomocí indikačních prvků.

Cena těchto obvodů je v současném období na velice přijatelné úrovni a i v amatérských podmínkách lze s nimi postavit špičkový nabíječ olověných akumulátorů.

Mezi velice oblíbené obvody patří bezesporu typ UC2906. Tento obvod vykazuje velkou stabilitu a dostatečnou variabilitu při návrhu a dimenzování výkonového stupně podle požadovaného výstupního nabíjecího proudu.

Popis funkce

Základní schéma nabíjecího automatu (dále jen nabíječe) je na obr. 13.

Nabíječ je určen pro nabíjení hermeticky uzavřených olověných akumulátorů (tzv. bezúdržbových), které nelze jednoduše nabíjet jednoduchým nabíječem, protože ten nevylučuje možnost jejich přebíjení a následného poškození.

Popisovaný nabíječ, jehož srdcem je obvod UC2906 (IO1), speciálně navržený pro nabíjení hermetických olověných akumulátorů, si můžete sestavit ve třech variantách. Následující popis jednotlivých funkcí se týká základní verze (zapojené podle doporučení výrobce obvodu UC2906), další varianty budou mít popsány jen odlišnosti v zapojení.

Obvod UC2906 řídí nabíjení akumulátoru ve třech fázích.

V první fázi je akumulátor nabíjen zmenšeným a pak plným proudem do 95 % maximálního nabíjecího napětí.

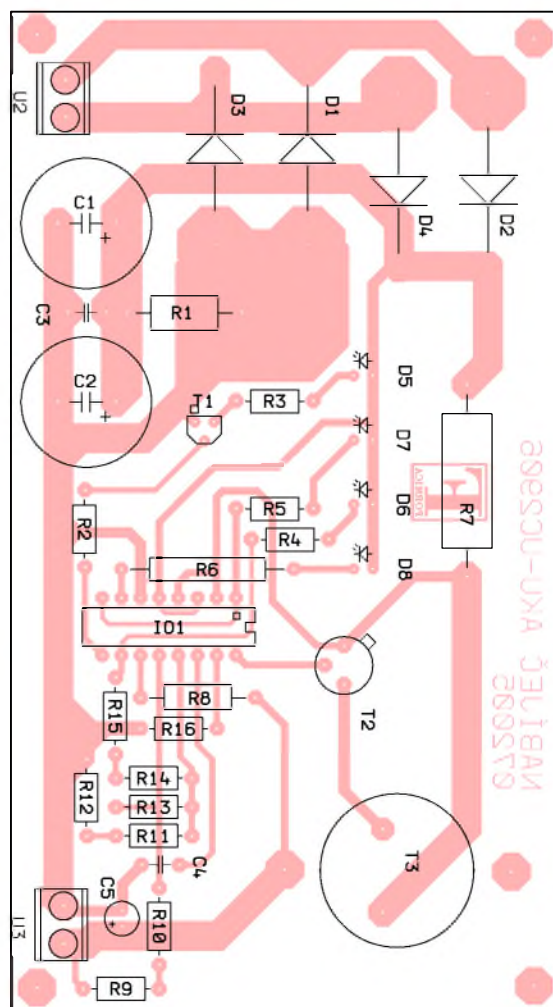
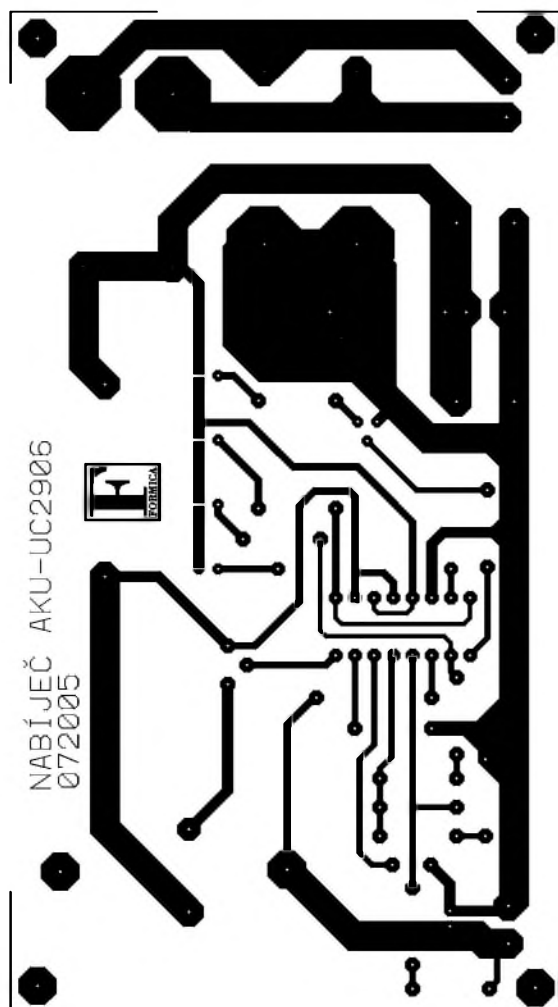
Proces nabíjení začíná kontrolou akumulátoru a počátečním nabítem (formováním) případných hlubokých vybitých článků. Akumulátor se nabíjí malým proudem asi 30 mA až do okamžiku, ve kterém dosáhne napětí na jeho svorkách určité minimální velikosti U_T (U_T odpovídá napětí 2 V na článek). Pokud jsou v akumulátoru některé články vadné, napětí akumulátoru nedosáhne potřebné velikosti U_T a nabíjení nemůže pokračovat.

Pokud jsou všechny články akumulátoru v pořádku, je akumulátor od okamžiku, ve kterém jeho napětí dosáhlo velikosti U_T , nabíjen stálým proudem I_{max} . Konstantní nabíjecí proud I_{max} v ampérech je roven 1/10 jmenovité kapacity akumulátoru v ampérhodinách.

Proudem I_{max} je akumulátor nabíjen do té doby, než jeho napětí dosáhne úrovně U_{12} , která je rovna 95 % ma-

Obr. 13.
Nabíjecí automat
olověných akumulátorů

Napájecí zdroj nabíjecího automatu je tvořen síťovým transformátorem se sekundárním napětím 16 až 18 V/6 A (který se připojuje na vstupní svorkovnici U2), dvojcestným usměrňovačem v zapojení Graetzova můstku (diody D1 až D4), filtračním kondenzátory C1 a C2 a odrušovacím keramickým kondenzátorem C3. Rezistor R1 vybilí



Obr. 15. Rozmístění součástek na desce nabíjecího automatu

elektrolytické kondenzátory C1 a C2 po vypnutí nabíječe ze sítě.

Velikost maximálního nabíjecího proudu I_{max} , která je závislá na jmenovité ampérhodinové kapacitě akumulátoru, je určena odporem bočnicku R7. Z bočnicku R7 se odebírá napětí pro zesilovač napětí v IO1 (vývody 4 a 5IO1), který řídí velikost I_{max} . Proud I_{max} lze určit ze vztahu: $R7 = 0,24/I_{max}$.

Pro I_{max} o velikosti asi 4,5 A (pro akumulátory o kapacitě 44 Ah ve vozech Fabia, Felicia apod.) je bočnick R7 o odporu $0,05 \Omega$ složen ze dvou drátových rezistorů $0,1 \Omega/5 W$ zapojených paralelně (jsou použity rezistory ve tvaru bílých keramických kvádrů).

Rezistory R9 až R15 jsou zapojeny jako snímače napětí v jednotlivých fázích nabíjení a jejich odpory byly vypočítány tak, aby charakteristická napětí nabíječky měla správnou velikost.

Jednotlivé fáze nabíjecího procesu jsou indikovány čtyřmi diodami LED D5 až D8, připojenými k obvodu IO1.

Nabíječ je na výstupu chráněn rychlou tavnou pojistkou, která je umístěna na skříňce nabíječe.

Výkonový stupeň je složen z výkonového tranzistoru T2 vodivosti pnp a tranzistoru T3 vodivosti npn. Tato dvojice se chová jako Darlingtonova dvojice s výstupním pnp tranzistorem. Pracovní proud báze tranzistoru T2 je nastaven rezistorem R16. Tak jsem dokázal použít šuplíkový výkonový tranzistor s kovovým pouzdem. T2 je prostřednictvím hliníkového uhlíku přimontován na hliníkový žebrovaný chladič ZH610 o půdorysu 150×80 mm, který je ofukován univerzální ventilátorovou jednotkou (viz str. 18).

Konstrukce a oživení

Součástky nabíjecího automatu jsou umístěny na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojů je na obr. 14, rozmístění součástek na desce je na obr. 15.

Pro zvětšení proudové zátěžitelnosti plošných spojů je vhodné spoje ve výkonové části páječkou pocínovat. Po zevrubné kontrole desky s plošnými spoji a proměření součástek můžeme přistoupit k montáži nabíječe. Doporučuji osadit pro IO1 objímku DIL16.

Osazenou desku upevníme do skříňky na distanční sloupky.

Pro vyzkoušení funkce připojíme k nabíječce elektronickou Zenerovu diodu (EZD), která je popsána na str. 37.

Po zapnutí napájecího napětí se trvale rozsvítí zelená LED D8 (ZAPNUTO), která signalizuje přítomnost napájení. Když napětí na EZD dosáhne úrovně U_T , rozsvítí se červená LED D7 (PROUD) a nabíjecí proud se zvětší na asi 4,5 A. Při dosažení úrovně U_{12} se rozsvítí žlutá LED D6 (POLOVIČNÍ NÁBOJ). Přesáhne-li napětí na EZD velikost U_{OC} , začne se proud zmenšovat. Při poklesu proudu na asi 450 mA se nabíjení ukončí, zhasne LED D6 a rozsvítí se žlutá LED D5 (PLNÝ NÁBOJ). LED D5 až D7 poskytují vizuální informaci, v jaké fázi se proces nabíjení nachází.

Nabíječ je vhodný i pro nabíjení automobilových akumulátorů se jmenovitou kapacitou větší než 50 Ah. Nabíjení trvá déle, je však šetrnější a akumulátor se vždy plně nabije.

Seznam součástek

R1	2,2 k Ω /2 W
R2	220 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R3, R4, R5, R6, R15	1 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R7	0,05 Ω /10 W (2x 0,1 Ω /5 W paralelně, viz text)
R8	330 Ω /1 %/0,5 W, metal.
R9	220 Ω /1 %/0,5 W, metal.
R10	5,6 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R11	39 Ω /1 %/0,5 W, metal.
R12	1,2 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R13	270 Ω /1 %/0,5 W, metal.
R14	10 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R16	6,8 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
C1, C2	4 700 μ F/35 V, radiální
C3	100 nF, keramický
C4	4,7 nF, TC352
C5	47 μ F/25 V, radiální
D1, D2, D3, D4	KY710
D5, D6	LED žlutá, 5 mm
D7	LED rudá, 5 mm
D8	LED zelená, 5 mm
T1	BC517
T2	KF517
T3	KD502 (KD501 až KD503)
IO1	UC3906
U2, U3	svorkovnice ARK500/2

Varianty nabíjecího automatu

V úvodu této kapitoly jsme si řekli, že obvod UC2906 umožňuje s velkou variabilitou měnit výkonový stupeň z hlediska nároku na výstupní nabíjecí proud. Aby se zmenšilo výkonové namáhání koncového tranzistoru, lze bez problému použít i tranzistory VMOS, které jsou spínány napětím (na rozdíl od tranzistoru KD502, který potřebuje ke svému dobrému sepnutí přiměřeně velký budicí proud báze).

Na obr. 16 je zapojení nabíjecího automatu s tranzistorem T3 typu VMOS IRF9540, který má kanál vodivosti p.

Obrazec spojů je na obr. 17, rozmístění součástek na desce je na obr. 18. Na desce je přemístěn rezistor R16 do řídicí elektrody tranzistoru T3 a tranzistor T2 ze základní varianty (obr. 13) není použit, deska je i jinak zapojena.

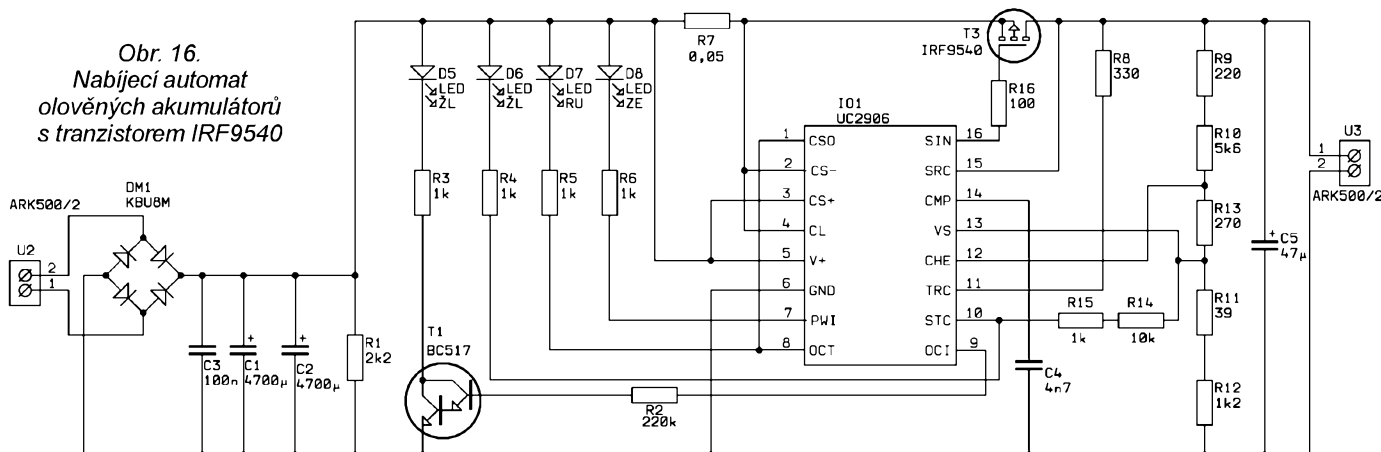
Tranzistor T3 je umístěn na chladiči ofukovaném ventilátorem - stejně jako v předchozí základní variantě nabíječe.

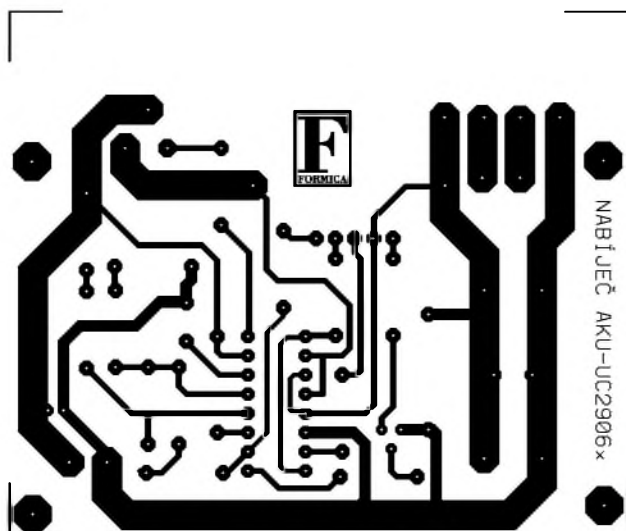
Seznam součástek

varianty nabíjecího automatu s IRF9540

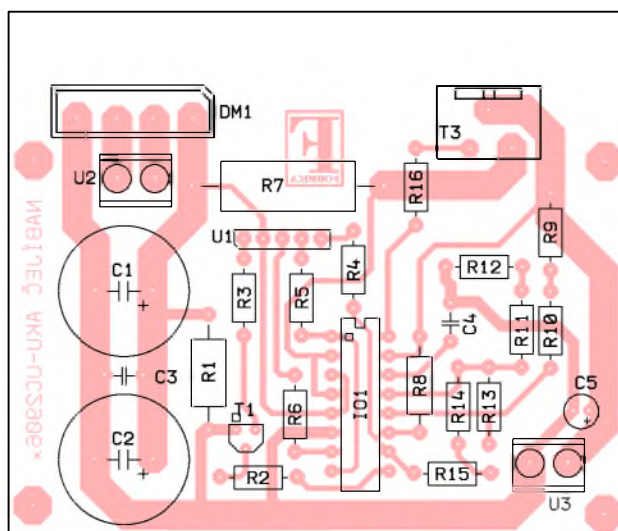
R1	2,2 k Ω /2 W
R2	220 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R3, R4, R5, R6, R15	1 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R7	0,05 Ω /10 W (2x 0,1 Ω /5 W paralelně, viz text)
R8	330 Ω /1 %/0,5 W, metal.
R9	220 Ω /1 %/0,5 W, metal.
R10	5,6 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R11	39 Ω /1 %/0,5 W, metal.
R12	1,2 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R13	270 Ω /1 %/0,5 W, metal.
R14	10 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R16	100 Ω /1 %/0,5 W, metal.
C1, C2	4 700 μ F/35 V, radiální
C3	100 nF, keramický
C4	4,7 nF, TC352
C5	47 μ F/25 V, radiální
DM1	KBU8M
D5, D6	LED žlutá, 5 mm
D7	LED rudá, 5 mm
D8	LED zelená, 5 mm
T1	BC517
T3	IRF9540
IO1	UC3906
U2, U3	svorkovnice ARK500/2

Obr. 16.
Nabíjecí automat
olověných akumulátorů
s tranzistorem IRF9540





Obr. 17. Obrazec spojů nabíjecího automatu s tranzistorem IRF9540 (měř.: 1 : 1)



Obr. 18. Rozmístění součástek na desce nabíjecího automatu s tranzistorem IRF9540

Jako poslední možnost si ukážeme modifikaci nabíjecího automatu s tranzistorem T3 typu VMOS IRF540 (obr. 19).

Tento tranzistor má řídicí kanál typu n a vynikající spínací vlastnosti. K při-

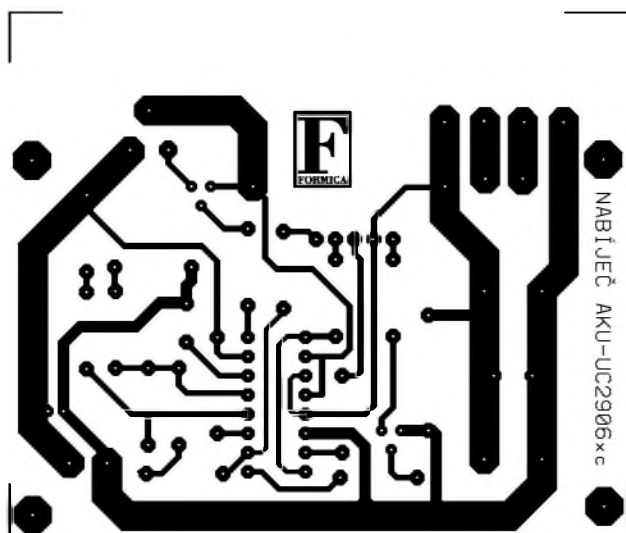
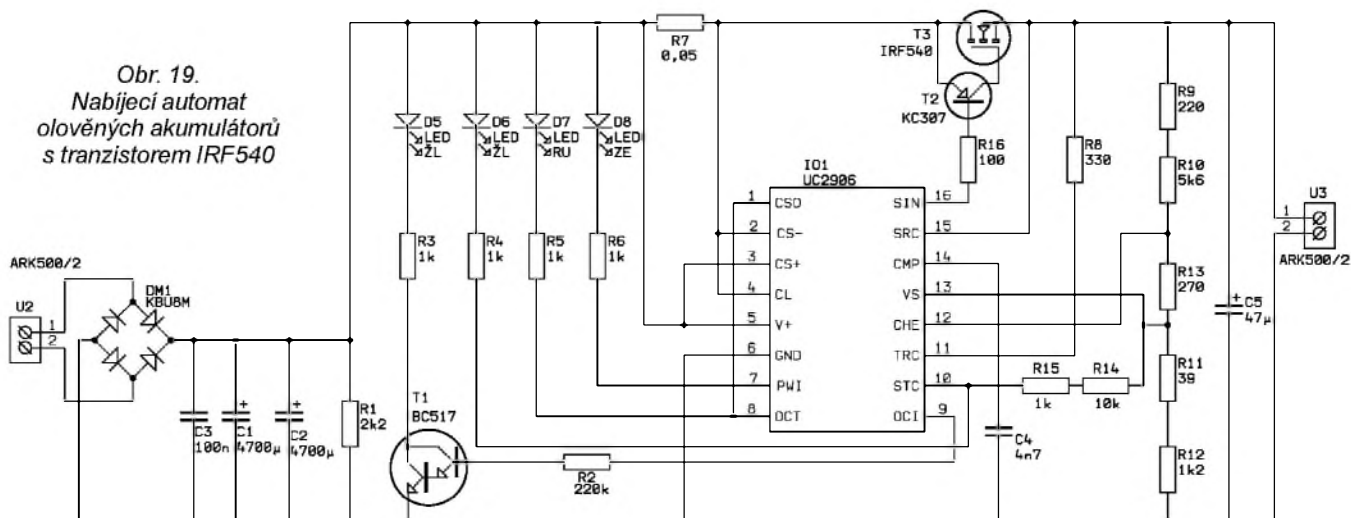
způsobení T3 k IO1 je nutné použít budicí tranzistor T2 s vodivostí pnp. V tomto zapojení mají výkonové součástky nejmenší tepelné ztráty a doporučuji ho standardně používat v plastové skřínce. Rovněž z hledis-

ka rozměrů je tato varianta velice vyhovující.

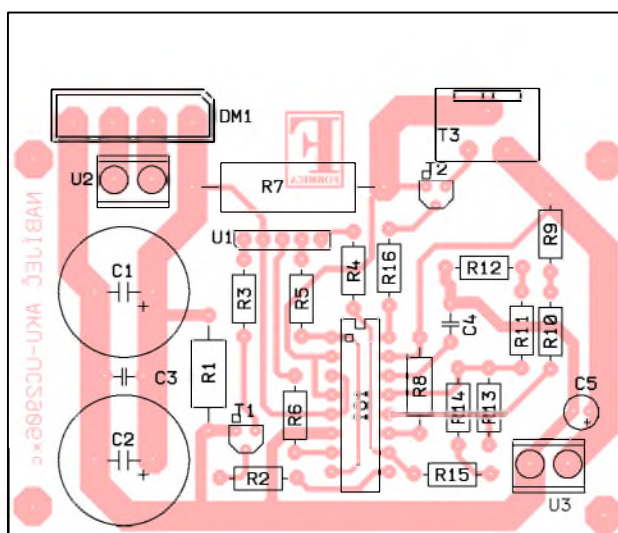
Obrazec spojů je na obr. 20, rozmístění součástek na desce je na obr. 21.

I v této variantě je tranzistor T3 nuceně chlazen.

Obr. 19. Nabíjecí automat olověných akumulátorů s tranzistorem IRF540



Obr. 20. Obrazec spojů nabíjecího automatu s tranzistorem IRF540 (měř.: 1 : 1)



Obr. 21. Rozmístění součástek na desce nabíjecího automatu s tranzistorem IRF540

varianty nabíjecího automatu s IRF540

R1	2,2 k Ω /2 W
R2	220 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R3, R4, R5, R6, R15	1 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R7	0,05 Ω /10 W (2x 0,1 Ω /5 W paralelně, viz text)
R8	330 Ω /1 %/0,5 W, metal.
R9	220 Ω /1 %/0,5 W, metal.
R10	5,6 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R11	39 Ω /1 %/0,5 W, metal.
R12	1,2 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R13	270 Ω /1 %/0,5 W, metal.
R14	10 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R16	100 Ω /1 %/0,5 W, metal.
C1, C2	4 700 μ F/35 V, radiální
C3	100 nF, keramický
C4	4,7 nF, TC352
C5	47 μ F/25 V, radiální
DM1	KBU8M
D5, D6	LED žlutá, 5 mm
D7	LED rudá, 5 mm
D8	LED zelená, 5 mm
T1	BC517
T2	KC307 (KC308)
T3	IRF540
IO1	UC3906
U2, U3	svorkovnice ARK500/2

Všechny varianty nabíjecího automatu byly vyzkoušeny s velice kladnými výsledky v praktickém provozu.

3. Dobíječ olověných akumulátorů 12 V s obvodem LM317T

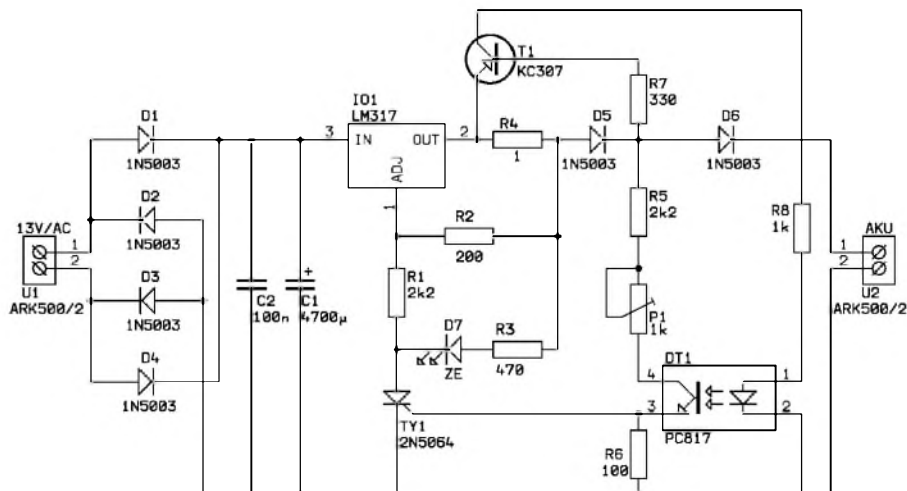
Zcela vybité olověné akumulátory, jsou-li dlouho skladovány, mají velký vnitřní odpor. Po připojení k nabíječi jejich svorkové napětí i při malém nabíjecím proudu rychle stoupá. Nabíječ vybavený automatikou, která sleduje pouze napětí na výstupních svorkách nabíječe, přepne příliš brzy na udržovací nabíjení.

Předložená konstrukce dobíječe sleduje nejen napětí, ale i nabíjecí proud, a zajišťuje tak dostatečně dlouhé nabíjení větším proudem. Dobíječ obsahuje oblíbenou součástku vhodnou pro regulaci nabíjení - integrovaný třisvorkový stabilizátor napětí řady LM317.

Popis funkce

Schéma dobíječe je na obr. 22. Střídavé napětí 12 až 14 V/1,5 A ze sekundárního vinutí síťového transformátoru je přiváděno na vstupní svorkovnici U1 a pak je dvoucestně usměrňováno Graetzovým můstkem s diodami D1 až D4. Stejnoseměrné tepavé napětí je filtrováno elektrolytickým kondenzátorem C1. Rušivé složky v obvodu jsou potlačovány keramickým kondenzátorem C2.

Tyristor Ty1 je na začátku nabíjecího cyklu vypnut, následkem toho je svorka ADJ regulátoru LM317 (IO1) od-



Obr. 22. Dobíječ olověných akumulátorů 12 V s obvodem LM317T

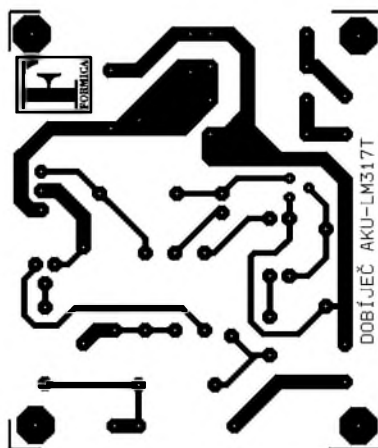
pojena od země, a nabíječ pracuje jako zdroj proudu o velikosti 1,2 A. Do dlouhodobě vybitého akumulátoru však teče proud jen několik desítek mA.

Průchodem nabíjecího proudu vzniká na rezistoru R4 a diodě D5 úbytek napětí, kterým se přes ochranný rezistor R7 otevírá tranzistor T1 a LED v optočlenu DT1. K tomu, aby byl tranzistor T1 uveden do vodivého stavu a pomocí optočlenu DT1 se uzavřel obvod R5, P1 a R6, je nutné, aby nabíjecí proud převýšil 50 mA.

Běžec trimru P1 je nastaven tak, aby se tyristor otevřel až při napětí 14,4 V na svorkách akumulátoru. Potom se IO1 přepne do funkce stabilizátoru napětí o velikosti asi 13,8 V (napětí U_O stabilizátoru ve voltech je určeno vztahem: $U_O = 1,25 \cdot R1/R2$).

Od tohoto okamžiku až do vypnutí nabíječe je akumulátor dobijen proudem 10 až 50 mA. Stav dobíjení při konstantním napětí je signalizován zelenou LED D7. Pracovní proud LED D7 je nastaven rezistorem R3 a je asi 20 mA.

Výstup dobíječe je připojen na svorkovnici U2. Dioda D6 chrání dobíječ při nesprávně připojeném (přepólovaném) akumulátoru.



Obr. 23. Obrazec spojů dobíječe
olověných akumulátorů 12 V
(měř.: 1 : 1)

Konstrukce

Dobíječ je zkonstruován z vývodových součástek na desce s jednostrannými plošnými spoji.

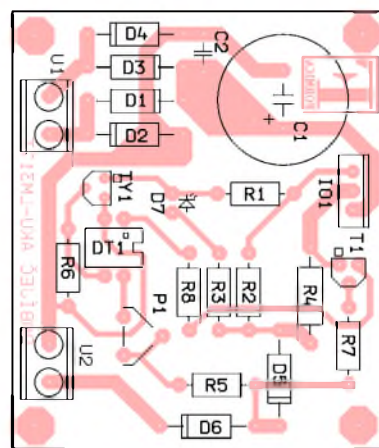
Obrazec spojů je na obr. 23, rozmístění součástí na desce je na obr. 24.

Při stavbě je nutné věnovat zvýšenou pozornost chladiči obvodu IO1, protože regulační obvod IO1 má značný ztrátový výkon.

I toto zapojení nemá žádné záležitosti a při dobrých součástkách a pečlivé kontrole plošných spojů (zda nemají trhliny, přerušeni nebo vodivé můstky) vykazuje po dvou hodinách práce velice dobré výsledky.

Seznam součástí

R1, R5	2,2 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R2	200 Ω /1 %/0,5 W, metal.
R3	470 Ω /1 %/0,5 W, metal.
R4	1 Ω /1 W
R6	100 Ω /1 %/0,5 W, metal.
R7	330 Ω /1 %/0,5 W, metal.
R8	1 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
P1	1 k Ω , trimr TP011
C1	4700 μ F/25 V, radiální
C2	100 nF, keramický
D1, D2, D3, D4, D5, D6	1N5403 (3 A)



Obr. 24. Rozmístění součástek na desce dobíječe olověných akumulátorů 12 V

D7 LED zelená
DT1 PC817, optočlen
T1 KC307, $\beta \approx 120$
TY1 2N5064, tyristor
(TO92, $I_{gt} = 0,2 \text{ mA}$)
IO1 LM317

4. Nabíječ olověných akumulátorů 12 V proudem až 5,3 A

Jako další konstrukci nabíječe olověných akumulátorů pro osobní automobily a motocykly si představíme opět jednoduchý nabíječ, využívající třísvorkového stabilizátoru napětí řady LM317T. Velice dobré charakteristické vlastnosti tohoto obvodu ho předurčují do podobných konstrukcí. Výstupní proud obvodu LM317T, který je max. 1,2 A, je posílen na potřebnou velikost výkonovým tranzistorem.

Popis funkce

Schéma nabíječe je na obr. 25. Střídavé napětí 16 V/6 A ze sekundárního vinutí síťového transformátoru je přiváděno přes svorkovnici U1 na výkonový dvoucestný usměrňovač typu Graetzův můstek, který je tvořen diodami D1 až D4. Usměrněné tepavé napětí je vyhlazováno dvojicí elektrolytických kondenzátorů C1 a C2. V rušivé složce usměrněného napětí jsou potlačovány keramickým kondenzátorem C3.

Připojíme-li k nabíječi vybitý akumulátor, teče do něj velký počáteční proud, který se během nabíjení postupně zmenšuje. Maximální výstupní proud nabíječe je omezen rezistorem R4 na velikost asi 5,3 A.

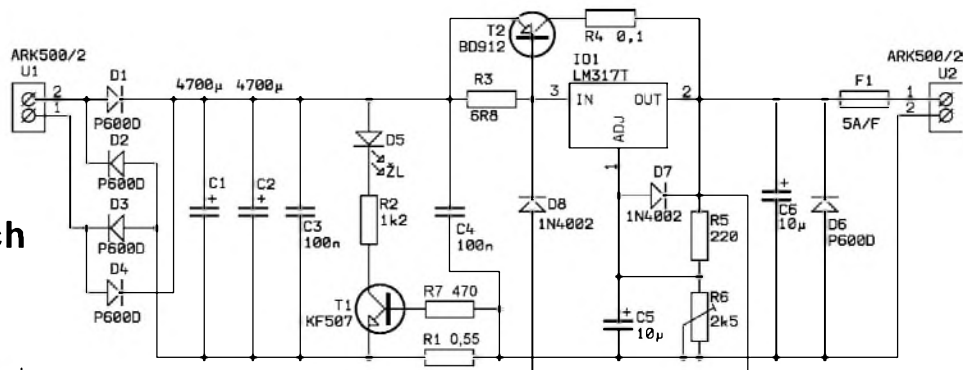
Protože stabilizátor napětí LM317T (IO1) je schopen díky své vnitřní struktuře poskytnout proud jen 1,2 A, je doplněn výkonovým tranzistorem T2, který má dostatečnou výkonovou rezervu, aby mohl poskytovat požadovaný výstupní proud. Pracovní bod výkonového tranzistoru T2 je nastaven rezistorem R3.

Součástky R5 a R6 představují napěťový dělič, který určuje výstupní napětí stabilizátoru IO1. Trimrem R6 se nastavuje výstupní napětí 14,4 V. Výstupní napětí musí být nastaveno pokud možno co nejpřesněji pomocí digitálního multimetru.

Ochranné diody D7 a D8 a kondenzátory C5 a C6 chrání podle doporučení výrobce obvod IO1 před napěťovými špičkami a případným zkratem na výstupních svorkách nabíječe.

Dioda D6 spolu s rychlou pojistkou F1 ochraňují nabíječ při obrácené připojení (přepólování) akumulátoru. Při přepólování protéká diodou velký proud, který pojistku přepálí.

Rozsvícená žlutá LED D5 signalizuje, že akumulátor je dobíjen maximálním proudem. Je buzena tranzistorem T1, který je sepnut, když se průchodem nabíjecího proudu vytváří



Obr. 25. Nabíječ olověných akumulátorů 12 V proudem až 5,3 A

na rezistoru R1 napětí větší než 0,8 V. Při nabíjecím proudu menším než 1,2 A LED D5 zhasne.

Nabíječ se zapíná kolébkovým spínačem s integrovanou zelenou LED, která indikuje stav zapnuto.

Důležitý je dobrý odvod tepla ze součástek T1 a IO1. Lze je izolovaně připevnit na dostatečně mohutný pasivní chladič nebo je můžeme izolovaně připevnit na menší chladič (žebrovaný hliníkový chladič ZH610 o půdorysné ploše 150 x 80 mm se žebry o výšce 15 mm s roztečí 10 mm), který bude ofukovat univerzální ventilátorovou jednotkou. Tato jednotka je popsána na str. 18.

Samozřejmě by bylo možné tento jednoduchý nabíječ dovybavit i dalšími

signalizačními obvody, ale důraz byl kladen na jednoduchost konstrukce při zachování její funkčnosti a spolehlivosti.

Konstrukce

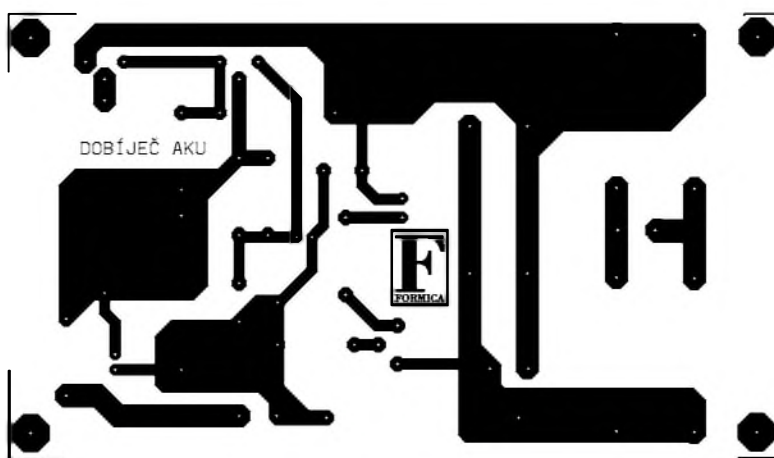
Nabíječ je zkonstruován na desce s jednostrannými plošnými spoji, viz obr. 26 a obr. 27.

Rezistor R1 je tvořen dvěma rezistory zapojenými do série, které jsou na desce umístěny nastojato.

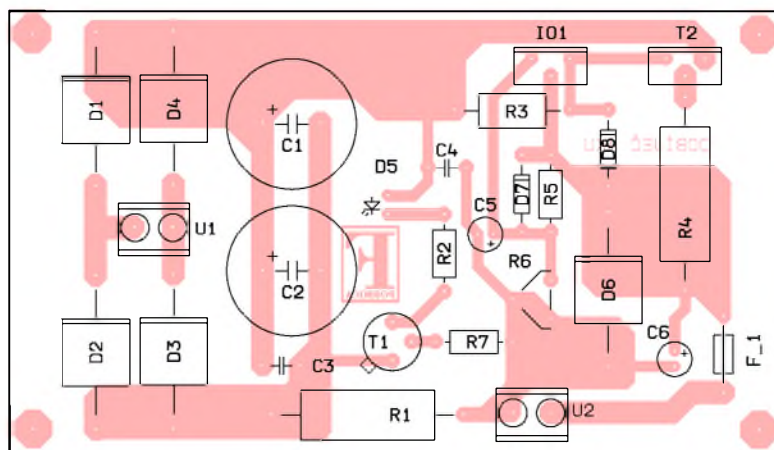
Ani tato konstrukce nemá žádné zálučnosti a pracuje na první zapojení.

Seznam součástek

R1	0,55 Ω (0,33 Ω /10 W a 0,22 Ω /10 W sériově)
R2	1,2 k Ω /1 %/0,5 W, metal.



Obr. 26. Obrazec spojů nabíječe olověných akumulátorů 12 V (měř.: 1 : 1)



Obr. 27. Rozmístění součástek na desce nabíječe olověných akumulátorů 12 V

R3	6,8 Ω /2 W
R4	0,1 Ω /5 W
R5	220 Ω /1 %/0,5 W, metal.
R6	2,5 k Ω , trimr TP011
R7	470 Ω /1 %/0,5 W, metal.
C1	4700 μ F/35 V, radiální
C2	4700 μ F/35 V, radiální
C3, C4	100 nF, keramický
C5	10 μ F/25 V, radiální
C6	10 μ F/25 V, radiální
D1, D2, D3,	
D4, D6	P600D
D5	LED žlutá
D7, D8	1N4002
T1	KF507
T2	BD912
IO1	LM317T
F1	pojistka F 5 A (5 x 20 mm)
U1, U2	ARK500/2, svorkovnice

5. Nabíječ olověných akumulátorů 12 V s obvodem LM350N

Velice vhodným integrovaným obvodem pro nabíječe olověných akumulátorů pro osobní automobily je také populární třísvorkový stabilizátor napětí LM350T.

Tento stabilizátor se vyznačuje velice dobrými elektrickými vlastnostmi, mezi které patří nastavitelné výstupní napětí (v rozsahu 1,2 až 33 V), výstupní proud minimálně 3 A (vnitřně omezen typicky na 4,5 A), dobrá teplotní stabilita a přesnost regulace lepší než 1 %.

Popis funkce

Schéma velice jednoduchého nabíječe s IO LM350T na obr. 28. Akumulátor je nabíjen při konstantním napětí 14,4 V maximálním proudem asi 4 A.

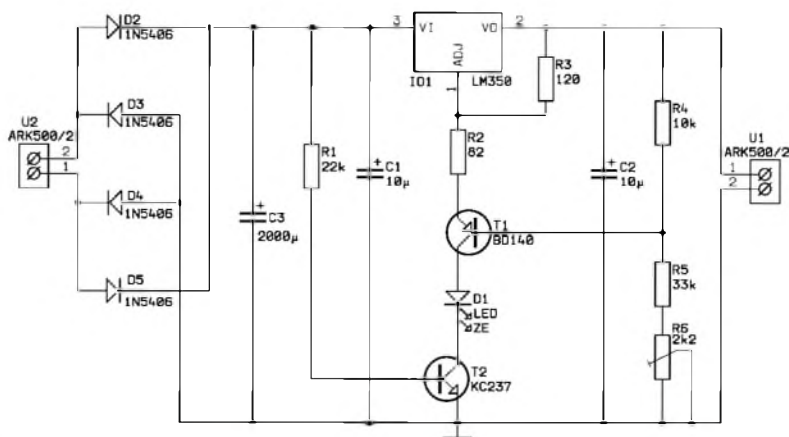
Sekundární napětí 16 V/6 A ze síťového transformátoru je přiváděno na vstupní svorkovnici U1 a pak je usměrňováno Graetzovým můstkem s diodami D2 až D5 a vyhlazováno elektrolýtickým kondenzátorem C3.

Stabilizátor LM350T (IO1) udržuje mezi svým výstupem (vývod 2 IO1) a zemí takové napětí, aby mezi vývody 2 a 1 IO1 bylo napětí rovné vnitřnímu referenčnímu napětí 1,25 V. Díky tomu protéká rezistorem R3 konstantní proud a přibližně tentýž proud protéká i součástkami R2, T1, LED D1 a T2.

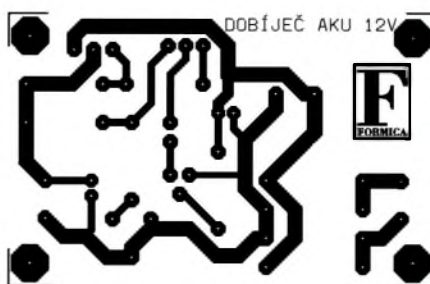
Protože firma Bosch považuje za ideální, aby výstupní napětí nabíječe záviselo na teplotě okolí, a to s teplotním koeficientem -8 mV/°C, je v obvodu stabilizátoru zapojen tranzistor T1, který tuto závislost zajišťuje.

Výstupní napětí stabilizátoru je určováno děličem ze součástek R4 až R6, ke kterému je připojena báze tranzistoru T1. Trimrem R6 je možné nastavit výstupní napětí v rozsahu +13,5 až +14,5 V, optimální je napětí +14,4 V. Rozsah regulace výstupního napětí lze upravit změnou odporu rezistoru R5.

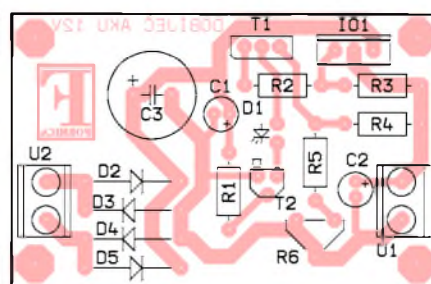
Tranzistor T2 zabraňuje tomu, aby se při vypnutí napájení nabíječe při-



Obr. 28. Nabíječ olověných akumulátorů 12 V s obvodem LM350N



Obr. 29. Obrazec spojů nabíječe s obvodem LM350N (měř.: 1 : 1)



Obr. 30. Rozmístění součástek na desce nabíječe s obvodem LM350N

pojený akumulátor nevybijel přes rezistor R3. Tranzistor T2 je sepnut napětím z vyhlazovacího kondenzátoru C3, které je přes rezistor R1 přiváděno na jeho bázi. Při absenci napájecího napětí je T2 vypnutý a řetězcem součástek R1, R2 atd. nemůže protékat žádný proud.

Elektrolýtické kondenzátory C1 a C2 zabraňují kmitání stabilizátoru a měly by být tantalové.

Výstup nabíječe je vyveden na výstupní svorkovnici U2. Nabíjení je indikováno zelenou LED D1.

Konstrukce

Nabíječ je jako obvykle zkonstruován z vývodových součástek na desce s jednostrannými plošnými spoji.

Obrazec spojů je na obr. 26, rozmístění součástek na desce je na obr. 27.

I u tohoto nabíječe doporučuji použít ke chlazení IO1 univerzální ventilátorovou jednotku (viz str. 18) nebo dostatečně velký pasivní hliníkový chladič.

Také tranzistor T1 musí být opatřen malým chladičem, aby se neohřival vlastním ztrátovým výkonem. Tento chladič musí být umístěn tak, aby měl teplotu okolí, a T1 tak mohl v závislosti na teplotě okolí ovlivňovat výstupní napětí nabíječe. Chladič T1 nesmí být ohříván teplem z chladiče IO1!

Ani toto zapojení nemá žádné zásluhnosti. Jestliže předem zkontrolujeme plošné spoje a součástky, pracuje spolehlivě na první zapojení.

Seznam součástek

R1	22 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R2	82 Ω /1 %/0,5 W, metal.
R3	120 Ω /1 %/0,5 W, metal.

R4	10 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R5	33 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R6	2,2 k Ω , trimr TP011
C1, C2	10 μ F/35 V, tantalový
C3	2000 μ F/25 V, radiální
D1	LED zelená, 8 až 10 mm
D2, D3,	
D4, D5	1N5406
T1	BD140
T2	KC237
IO1	LM350 (TO220)
U1, U2	ARK500/2, svorkovnice

6. Další varianta nabíječe olověných akumulátorů 12 V s obvodem LM350N

Popis funkce

Schéma praktického nabíječe s obvodem LM350N (IO1) je na obr. 31.

Sekundární napětí 16 V/6 A z transformátoru je přiváděno přes svorkovnici U1 na usměrňovač s Graetzovým můstkem (D1 až D4) a filtračními kondenzátory C3 (elektrolýtickým) a C4 (keramickým).

Akumulátor je nabíjen při konstantním napětí asi 14,4 V, které poskytuje stabilizátor IO1.

Nabíjení se spouští stisknutím tlačítka S1. Při vybité baterii je nabíjecí proud vnitřně omezen obvodem IO1 a je asi 4 A. Během nabíjení proud postupně klesá, a když se po nabití akumulátoru zmenší asi na 150 mA, nabíjení se automaticky ukončí.

Výstupní napětí stabilizátoru +14,4 V je určeno odpory rezistorů R1, R6, R7

dokonalé potlačuje vysokofrekvenční rušení, které by jinak pronikalo do rozvodné sítě.

Aby se zmenšily a vyhladily špičky proudu, kterým je akumulátor nabíjen, je vhodné do cesty nabíjecího proudu zařadit dostatečně dimenzovanou tlumivku. To však v konečném důsledku znamená nárůst pořizovacích nákladů a hmotnosti nabíječe.

I přes všechny tyto nedostatky však mnoho motoristů používá tyristorové nabíječe dodnes.

I my si představíme dva typy takových nabíječů, které se dají zhotovit téměř zadarmo ze „šuplíkových zásob“ a které opět pracují k spokojenosti uživatele na první zapojení.

Úvodem chci uvést, že při návrhu transformátoru volím proudové hustoty u primárního i u sekundárního vinutí stejné, a to $J = 2,55 \text{ A/mm}^2$.

Popis funkce

Schéma tyristorového nabíječe 1 je na obr. 34.

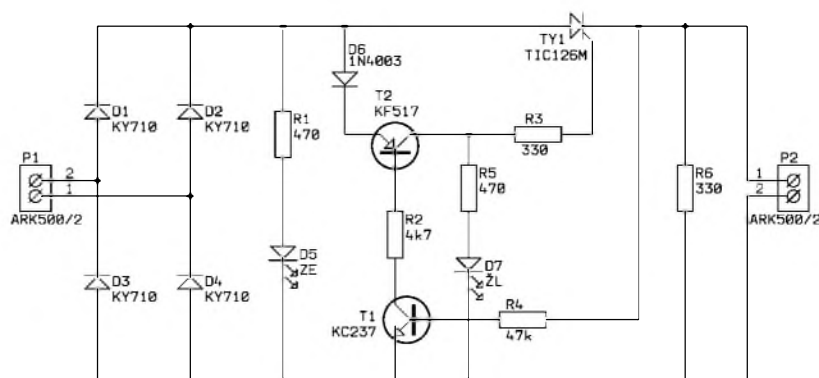
Pro nabíječ je potřebný síťový transformátor, který poskytuje sekundární napětí 16 až 18 V a proud 6 A. Kvůli správnému sycení jádra volte průřez jádra pro výkon 120 VA.

Sekundární napětí z transformátoru je přiváděno přes svorkovnici P1 na Graetzův můstkový usměrňovač s diodami D1 až D4. Tepavé stejnosměrné napětí z usměrňovače je přiváděno na anodu výkonového tyristoru TY1. Zelená LED D5 signalizuje, že je nabíječ připojen k síťovému napětí.

Když je nabíjený akumulátor správně připojen k výstupní svorkovnici P2 nabíječe, sepne se napětím akumulátoru přes rezistor R4 řídicí tranzistor T1, který připojí k zemi rezistor R2. Tím se otevře tranzistor T2, který přes odělovací diodu D6 a rezistor R3 přenáší kladné špičky napětí z usměrňovače na řídicí elektrodu výkonového tyristoru TY1.

Tyristor pak spíná v každé kladné půlperiodě síťového napětí a propouští impulsy nabíjecího proudu do připojeného akumulátoru. Rezistor R6 zajišťuje vypínání tyristoru a tvoří předzátěž nabíječe.

O probíhající nabíjení nám poskytuje světelnou informaci žlutá LED D7.



Obr. 34. Tyristorový nabíječ olověných akumulátorů 1

Pokud je výstup nabíječe zkratován nebo je akumulátor připojen s opačnou polaritou, tranzistor T1 se neotevře a následkem toho se neotevře ani tranzistor T2 a tyristor TY1. Proto nemůže téci z přepólovaného akumulátoru do vypnutého tyristoru proud, který by nabíječku poškodil. V tomto chybovém stavu LED D7 nesvítí.

Aby mohl téci nabíjecí proud, musí být k výstupním svorkám nabíječe připojen zdroj (akumulátor) s napětím alespoň 1,5 V.

Konstrukce

Nabíječ je zkonstruován z vývodových součástek na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrázec spojů je na obr. 35, rozmístění součástek na desce je na obr. 36.

Široké plošné spoje doporučuji pocínovat (alespoň pistolovou páječkou), aby se zvýšila jejich proudová zátěžitelnost.

Tranzistor T2 je nutné opatřit malým vějířovitým chladičem, především při použití tyristoru, který má ovládací proud větší než 15 mA. U předepsaného typu tyristoru není nutné chladič na tranzistor T2 montovat.

Tyristor TY1 umístíte na dostatečně mohutný hliníkový žebrovaný chladič. Je rovněž možné použít menší žebrovaný chladič ofukovaný univerzální ventilátorovou jednotkou (viz str. 18).

Konstrukce je velice jednoduchá a při dodržení správných zásad při pájení, proměření součástek a vizuální kontrole plošných spojů nabíječ funguje na první zapojení.

Seznam součástek

R1, R5	470 Ω /1 %/0,5 W, metal.
R2	4,7 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R3	330 Ω /2 W
R4	47 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R6	330 Ω /5 W
D1, D2, D3, D4	KY710
D5	LED zelená
D6	1N4003
D7	LED žlutá
T1	KC237
T2	KF517
TY1	TIC126M ($I_t = 8$ až 12 A, $I_{gt} = 5$ až 20 mA)
P1, P2	ARK500/2, svorkovnice

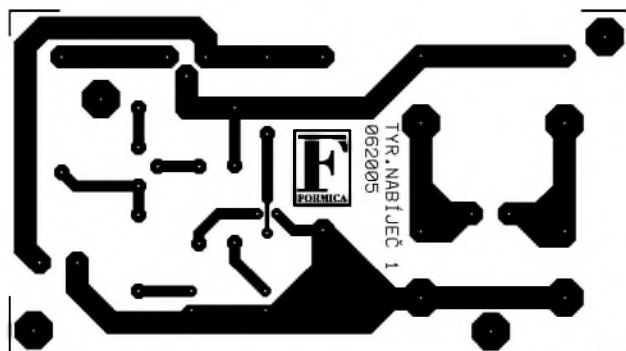
8. Tyristorový nabíječ olověných akumulátorů 2

Jako druhou ukázkou si představíme tyristorový nabíječ, který je ještě jednodušší než předchozí. Jeho pořizovací náklady jsou rovněž minimální, protože potřebné součástky se dají velice levně pořídit ve výprodeji.

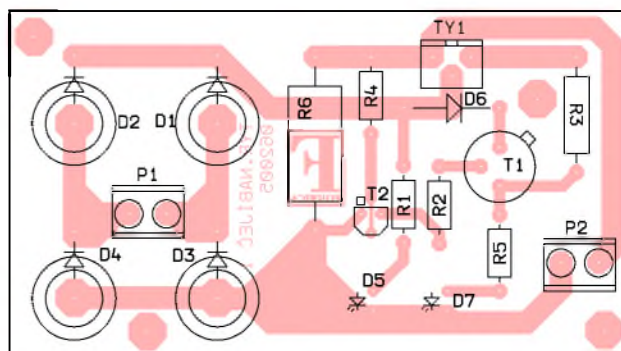
Popis funkce

Schéma tyristorového nabíječe 2 je na obr. 37. Nabíječ se vyznačuje tím, že v okamžiku, kdy napětí na akumulátoru dosáhne určité velikosti, se nabíjení ukončí, a tím se zabrání přebíjení nebo zničení akumulátoru.

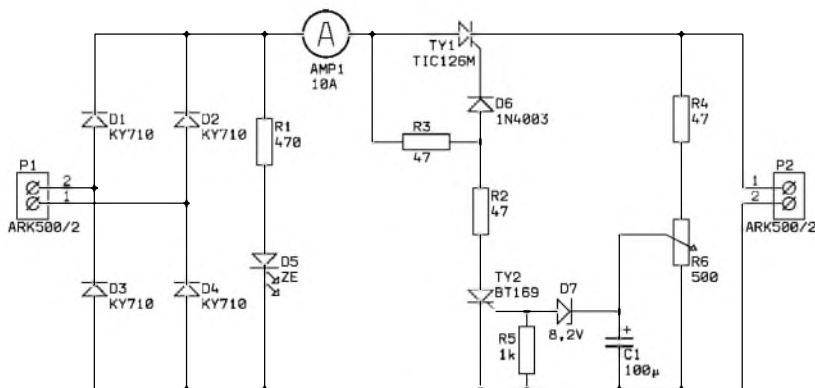
Síťový transformátor, který není na schématu kvůli jednoduchosti nakres-



Obr. 35. Obrázec plošných spojů tyristorového nabíječe 1 (měř.: 1 : 1)



Obr. 36. Rozmístění součástek na desce tyristorového nabíječe 1



Obr. 37. Tyristorový nabíječ olověných akumulátorů 2

len, je na primární straně chráněn rychlou tavnou pojistkou F 1 A.

Sekundární napětí transformátoru je přivedeno na vstupní svorkovnici nabíječe P1. Nabíjecí proud je dvojcestně usměrňován výkonovými křemíkovými diodami D1 až D4 a jeho střední hodnota je měřena panelovým ampérmetrem AMP1 s rozsahem 10 A.

Tyristor TY1 je po připojení nabíječe k vybitému akumulátoru otevírá proudem, který do jeho řídicí elektrody protéká rezistorem R3 a diodou D6.

Napětí nabíjeného akumulátoru je snímáno rezistorovým odporovým děličem napětí, který je složen z rezistoru R4 a drátového potenciometru R6.

Běžec potenciometru R6 je nastaven tak, aby po nabití akumulátoru, tj. potom, co napětí na svorkách akumulátoru dosáhne velikosti 14,4 až 14,6 V, začal působit ochranný obvod proti přebíjení a nabíjení se ukončilo.

Tento ochranný obvod se skládá ze Zenerovy diody D7 o Zenerově napětí 8,2 V, z tyristoru TY2, pracovního rezistoru R5 a filtračního kondenzátoru C1.

Když dosáhne napětí na svorkách akumulátoru velikosti asi 14,5 V, začne Zenerovou diodou D7 procházet proud do řídicí elektrody tyristoru TY2 a tyristor sepne. Začne procházet proud v obvodu rezistorů R2 a R3 a napětí na řídicí elektrodě tyristoru TY1 se zmenší natolik, že se TY1 přestane otevírat. Tím se nabíjení ukončí.

Konstrukce a oživení

Nabíječ je, stejně jako všechny předchozí, zkonstruován z vývodových

součástek na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojů je na obr. 38, rozmístění součástek na desce je na obr. 39.

Panelové měřidlo AMP1 lze použít libovolně s rozsahem 10 A.

Transformátor je navinut na jádru z plechů EI 40 x 40 mm. Primární vinutí (230 V) má 660 závitů měděného lakovaného drátu o průměru 0,5 mm, sekundární vinutí má 53 závitů měděného lakovaného drátu o průměru 2,2 mm.

Tyristor TY1 musí být namontován na dostatečně mohutný žebrovaný chladič, popř. na menší chladič, který je ofukován univerzální ventilátorovou jednotkou popsanou na str. 18.

Po zhotovení nabíječe je nutné nastavit běžec potenciometru R6 tak, aby se nabíjení ukončovalo při napětí 14,5 V na svorkách akumulátoru.

Při prvním nabíjení nastavíme běžec potenciometru R6 do krajní polohy směrem k uzemněnému vývodu R6 a začneme nabíjet.

Vnější měřidlem (nejlépe digitálním multimetrem) kontrolujeme napětí akumulátoru a popř. ověřujeme stupeň nabití akumulátoru hustoměrem (hustoměr ukazuje koncentraci kyseliny, která je měřítkem náboje akumulátoru).

Když napětí akumulátoru dosáhne požadované velikosti 14,5 V, jemně otočíme běžcem potenciometru R6 nazpět tak, aby přestal procházet nabíjecí proud (aby výchylka ručky ampérmetru AMP1 poklesla na nulu).

Tím je nastavení nabíječe ukončeno.

Ani tento nabíječ nevykazuje žádné zásludnosti, a když zkontrolujeme ploš-

né spoje a proměříme součástky, funguje na první zapojení.

Seznam součástek

R1	470 Ω/1 %/0,5 W, metal.
R2, R3, R4	47 Ω/2 W
R5	1 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R6	500 Ω/2 W, drátový potenciometr
C1	100 μF/16 V, radiální
D1, D2, D3, D4	KY710
D5	LED zelená, 8 až 10 mm
D6	1N4003
D7	BZX83V008.2 (Zenerova dioda 8,2 V/0,5 W)
TY1	TIC126M ($I_t = 8$ až 12 A, $I_{gt} = 5$ až 20 mA)
TY2	BT169 ($I_t = 0,6$ A, $I_{gt} = 0,6$ až 5 mA)
AMP1	ss ampérmetr 10 A, (MP40 nebo MP80 apod.)
P1, P2	ARK500/2, svorkovnice

9. Univerzální ventilátorová jednotka

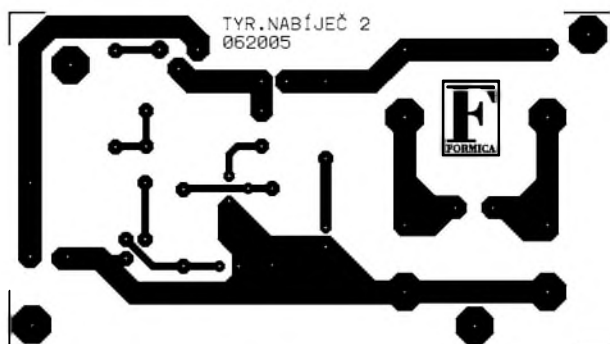
Jedná se o ventilátorovou jednotku z pulsního nabíječe popsaného v 1. kapitole, která byla dodatečně zkonstruována jako samostatný modul. Ukázalo se totiž, že je velmi vhodná k aktivnímu chlazení (tj. k ofukování chladičů) výkonových polovodičových součástek i v ostatních popisovaných nabíječích.

Popis funkce

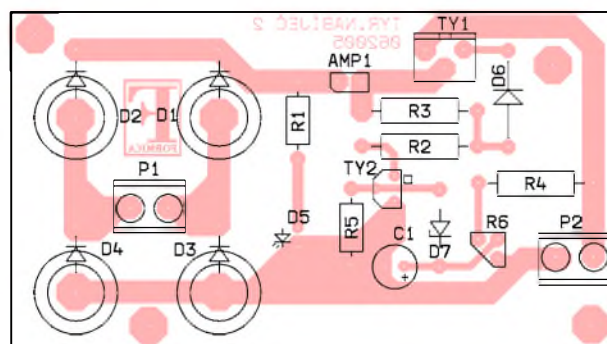
Schéma ventilátorové jednotky je na obr. 40. Otáčky ventilátoru jsou analogově regulovány v závislosti na teplotě prostředí.

Jako čidlo teploty D1 je použit přechod BE tranzistoru KC238 (přechod se chová jako dioda, u tranzistoru NPN je báze její anodou a emitor její katodou). Přes rezistor R1 protéká přechodem BE přibližně konstantní proud, který vytváří na přechodu úbytek napětí v propustném směru o velikosti přibližně 0,6 V. Tento úbytek je výrazně závislý na teplotě přechodu (s teplotním koeficientem přibližně -2 mV/°C) a jeho vyhodnocováním se zjišťuje teplota čidla.

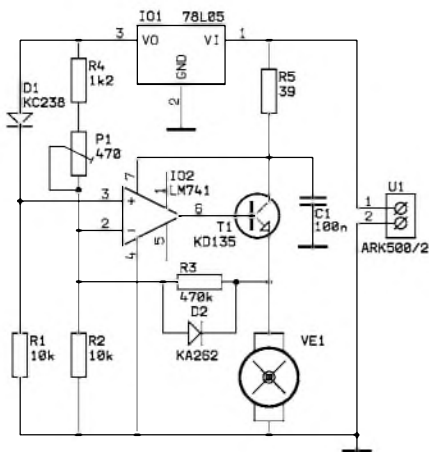
Tranzistor v plastovém pouzdru je ke snímání teploty použit proto, že je



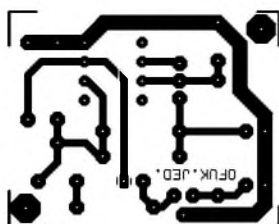
Obr. 38. Obrazec plošných spojů tyristorového nabíječe 2 (měř.: 1 : 1)



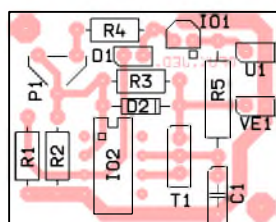
Obr. 39. Rozmístění součástek na desce tyristorového nabíječe 2



Obr. 40. Univerzální ventilátorová jednotka



Obr. 41. Obrazec spojů univerzální ventilátorové jednotky (měř.: 1 : 1)



Obr. 42. Rozmístění součástek na desce univerzální ventilátorové jednotky

dobře izolovaný a snadno se upevňuje na potřebné místo.

Namontujeme-li čidlo D1 na chladič výkonové polovodičové součástky, pak bude ventilátor udržovat přibližně konstantní teplotu tohoto chladiče.

Umístíme-li čidlo volně do prostoru uvnitř skříňky nabíječe, bude ventilátor udržovat přibližně konstantní teplotu uvnitř celé skříňky.

V regulátoru otáček ventilátoru je operačním zesilovačem IO2 porovnáváno napětí z čidla teploty D1 s referenčním napětím z děliče R4, P1 a R2. IO8 svým výstupním napětím řídí prostřednictvím výkonového tranzistoru T1 malý axiální ventilátor VE1.

Zápornou zpětnou vazbou zavedenou rezistorem R3 je nastaveno takové zesílení operačního zesilovače IO2, aby při vzrůstu teploty čidla se pozvolně zvětšovala rychlost otáčení ventilátoru až do maxima a teplota čidla tak byla udržována téměř konstantní.

Jako zdroj referenčního napětí +5 V, ze kterého se napájí i čidlo D1, slouží stabilizátor 78L05 (IO1).

Ventilátorová jednotka je napájena z hostitelského přístroje nestabilizova-

ným napětím 12 až 20 V, které je přiváděno přes svorkovnici U1.

Konstrukce a nastavení

Deska s plošnými spoji ventilátorové jednotky je na obr. 41 a obr. 42.

Výkonový tranzistor T1 umístíme na malý hliníkový chladič.

Radiální ventilátor VE1 má provozní napětí 12 V a rozměry 80 x 80 x 25 mm.

Konstrukce nemá žádné záudnosti a funguje na první zapojení.

Po oživení nastavíme trimrem P1 požadované minimální otáčky ventilátoru při chladném čidle teploty D1.

Seznam součástek

R1, R2	10 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R3	470 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R4	1,2 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R5	39 Ω/2 W
P1	470 Ω, trimr TP011
C1	100 nF, keramický
D1	KC238
D2	KA262
T1	KD135
IO1	78L05
IO2	LM741
VE1	ventilátor 12 V/80 mm
U1	ARK500/2, svorkovnice

10. Nabíječ olověných akumulátorů 12 V s tranzistory IRF540

Jako poslední ukázkou velice jednoduchého nabíječe olověných akumulátorů pro osobní automobily si popíšeme nabíječ, který k regulaci nabíjecího proudu využívá spínací vlastnosti výkonových tranzistorů N-MOSFET řady IRF540.

Popis funkce

Schéma nabíječe je na obr. 43. Sekundární napětí 16 V/6 A ze síťového transformátoru je přiváděno na vstupní svorkovnici P1, pak je dvoucestně usměrňováno Graetzovým můstkem s diodami D1 až D4 a vyhlazováno elektrolitickým kondenzátorem C1.

Nabíjecí proud se reguluje dvěma výkonovými tranzistory N-MOS typu

IRF540 (T1, T2), které jsou zapojeny paralelně. Tranzistory jsou buzeny kladnými impulsy napětí, které jsou získávány usměrněním střídavého napětí ze svorkovnice P1 diodami D5 a D6.

Nabíjecí proud se ovládá potenciometrem R3. Trimrem R1 se nastavuje maximální velikost a trimrem R2 minimální velikost (může být i téměř nulová) nabíjecího proudu (nastavení obou trimrů se vzájemně ovlivňují).

Z běžce potenciometru R3 jsou buďcí impulsy vedeny na řídící elektrody tranzistorů T1 a T2 přes oddělovací diodu D7. Rezistor R6 tvoří zátěž diody D7, Zenerova dioda D8 společně s rezistory R4 a R5 chrání řídící elektrody před nadměrným napětím.

Výkonová dioda D9 spolu s rychlou pojistkou F1 (F 5 A) chrání nabíječ při nesprávně připojení (přepólování) akumulátoru. Pojistka F1 není nakreslena na schématu na obr. 43 a je zapojena do okruhu nabíjecího proudu za svorkovnici P2.

Střední hodnotu nabíjecího proudu měří panelový ampérmetr AMP1 s rozsahem 10 A.

Konstrukce a nastavení

Nabíječ je zhotoven z vývodových součástek, které jsou připájeny na desce s jednostrannými plošnými spoji.

Obrazec spojů je na obr. 44, rozmístění součástek na desce je na obr. 45.

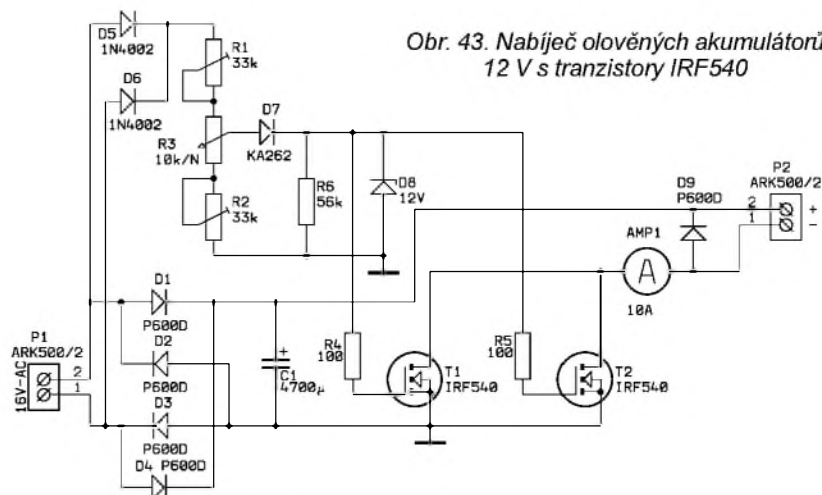
Výkonové tranzistory T1 a T2 není nutné párovat. Použil jsem takové, jaké jsem obdržel v prodejně.

Oba tranzistory jsou umístěny na společném žebrovaném chladiči. Cirkulaci vzduchu okolo chladiče a ve skříňce nabíječe zajišťuje univerzální ventilátorová jednotka (viz str. 18).

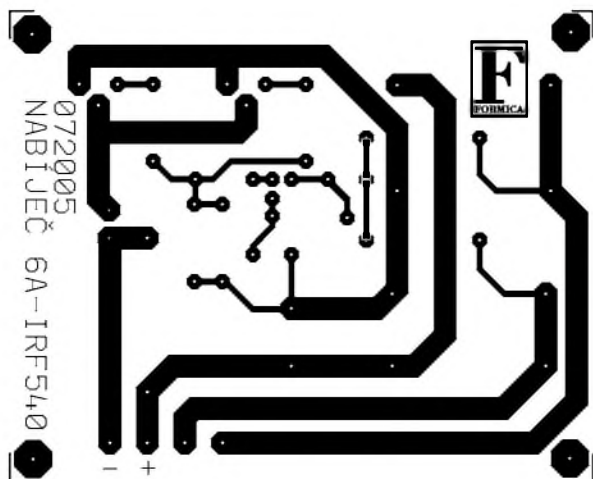
Panelové měřidlo AMP1 lze použít libovolně s rozsahem 10 A.

Před osazováním pečlivě zkontrolujeme plošné spoje, zda neobsahují trhliny, přerušeni nebo měděné můstky. Doporučuji plošné spoje v silové části pocínovat (alespoň páječkou). Pak proměříme součástky (alespoň multimetrem) a osadíme je do desky.

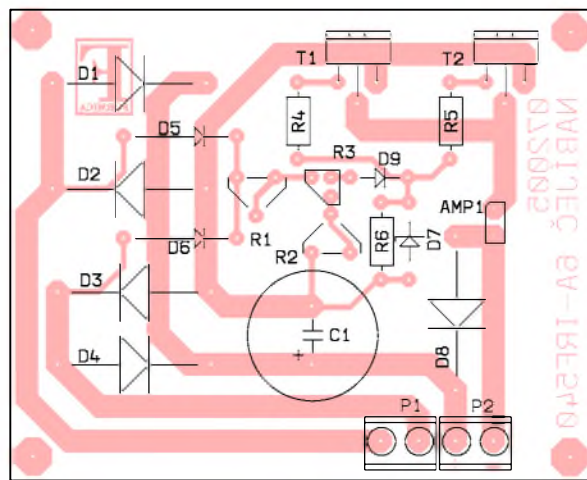
Před uváděním nabíječe do provozu nastavíme trimr R1 doprostřed odporo-



Obr. 43. Nabíječ olověných akumulátorů 12 V s tranzistory IRF540



Obr. 44. Obrazec plošných spojů nabíječe s tranzistory IRF540 (měř.: 1 : 1)



Obr. 45. Rozmístění součástek na desce nabíječe s tranzistory IRF540

vé dráhy, trimr R2 na nejmenší odpor a běžec potenciometru R3 k zemnímu vývodu odporové dráhy. Na výstup nabíječe připojíme např. automobilovou žárovku 12 V/45 až 55 W.

Po zapnutí nabíječe zvolna potenciometrem R3 zvyšujeme napětí na řídicích elektrodách tranzistorů T1 a T2. Tranzistory by se měly začít otevírat při napětí asi 2,5 V. Ampérmetrem AMP1 sledujeme, jak se zvětšuje výstupní proud. Když ampérmetr reaguje na změnu polohy běžce potenciometru, můžeme zatěžovací žárovku odpojit.

Potenciometr R3 vrátíme zpět do výchozí polohy, připojíme nabíjený olo-

věný akumulátor a opět postupně zvětšujeme nabíjecí proud až na 6 A. Maximální zvolený nabíjecí proud nastavíme trimrem R1 a minimální trimrem R3. Nastavení trimrů několikrát opakujeme, neboť změna polohy běžce každého z trimrů ovlivňuje obě meze nabíjecího proudu.

Nabíječ nemá žádné záludnosti a funguje na první zapojení. Nabíjecí proud je téměř konstantní až do konce nabíjecího cyklu (ke konci nabíjení se mírně zmenšuje).

Seznam součástek

R1, R2 33 k Ω , trimr TP011

R3 10 k Ω /N, lineární potenciometr TP160A
R4, R5 100 Ω /1 %/0,5 W, metal.
R6 56 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
C1 4700 μ F/35 V, radiální
D1, D2, D3, D4, D9 P600D
D5, D6 1N4002
D7 KA262 (KA261 až KA267)
D8 BZX83V012 (Zenerova dioda 12 V/0,5 W)
T1, T2 IRF540
AMP1 ss ampérmetr 10 A, (MP40 nebo MP80 apod.)
F1 pojistka F 5 A (5 x 20 mm)
P1, P2 ARK500/2, svorkovnice

Nízkofrekvenční zesilovače

Mezi velice oblíbené konstrukce začínajících, ale i pokročilých amatérů, bezesporu patří nf zesilovače.

Tyto přístroje můžeme rozdělit na vstupní zesilovače, korekční zesilovače, koncové zesilovače a kompletní nízkofrekvenční zesilovače.

V této kapitole si z každé kategorie představíme několik zapojení, které svými technickými parametry vyhovují nárokům třídy hi-fi.

11. Korekční zesilovač s OZ LM833

Jako první si představíme předzesilovač s velice dobrým dvojitým operačním zesilovačem (OZ) řady LM833, který je svými parametry určen pro audiozesilovače.

OZ LM833 má rychlost přeběhu typicky 7 V/ μ s, mezní kmitočet 15 MHz, kmitočtovou charakteristiku výkonu plochou do 120 kHz, zkreslení 0,002 % a vstupní napětí nesymetrie 0,3 mV.

Popis funkce

Schéma předzesilovače je na obr. 46. Pro zjednodušení si popíšeme zapojení levého kanálu. Pravý kanál je

identický, pouze čísla součástek jsou o stovku vyšší.

Zesilovač je napájen symetrickým napětím ± 12 až ± 18 V, které je přiváděno na napájecí svorkovnici U3. Kladné napájecí napětí je připojeno na kontakt 3 U3, záporné na 2 U3 a zem na kontakt 1 U3. Filtry RC tvořené rezistory R14, R15 a keramickými kondenzátory C10 a C11 účinně potlačují rušivá napětí na napájecích vývodech OZ IO1 a IO101.

Vstupní nf signál ze tří zdrojů audio-signálu, tj. z gramofonu s magnetodynamickou přenoskou (GRAMO), magnetofonu (TAPE) a CD přehrávače (CD), je přiváděn ze vstupních zásuvek DIN přes přepínač SW1 pro volbu zdroje signálu na vstupní svorkovnici U1 zesilovače.

Ze svorkovnice U1 je nf signál veden přes oddělovací kondenzátor C12 na neinvertující vstup 3 OZ IO1A. Rezistor R6 zavádí na tento vstup potenciál země a určuje vstupní odpor zesilovače (tj. 47 k Ω). Keramický kondenzátor C3 účinně potlačuje zákmit a rušivé složky zvukového signálu v nadakustickém pásmu.

Mezi výstupem 1 a invertujícím vstupem 2 OZ IO1A je zavedena přepínatel-

nými zpětnovazebními děliči záporná zpětná vazba. Děliče se přepínají dalšími sekci přepínače SW1 a podle zvoleného zdroje signálu určují potřebné zesílení a kmitočtovou charakteristiku zesilovače. Pro TAPE a CD je kmitočtová charakteristika plochá, pro GRAMO je upravena články RC se součástkami C1, C2, R4 a R5 tak, aby odpovídala průběhu RIAA.

Zesílený popř. zkorigovaný nf signál je veden přes oddělovací kondenzátor C4 na aktivní zpětnovazební korektor hlubokých a vysokých tónů.

Hloubky se korigují lineárním potenciometrem P1. Kmitočet zlomu korekce hloubek je určen kapacitami kondenzátorů C8, C9. Rozsah regulace je omezen rezistory R7 a R8 a na kmitočtu 32 Hz dosahuje ± 17 dB.

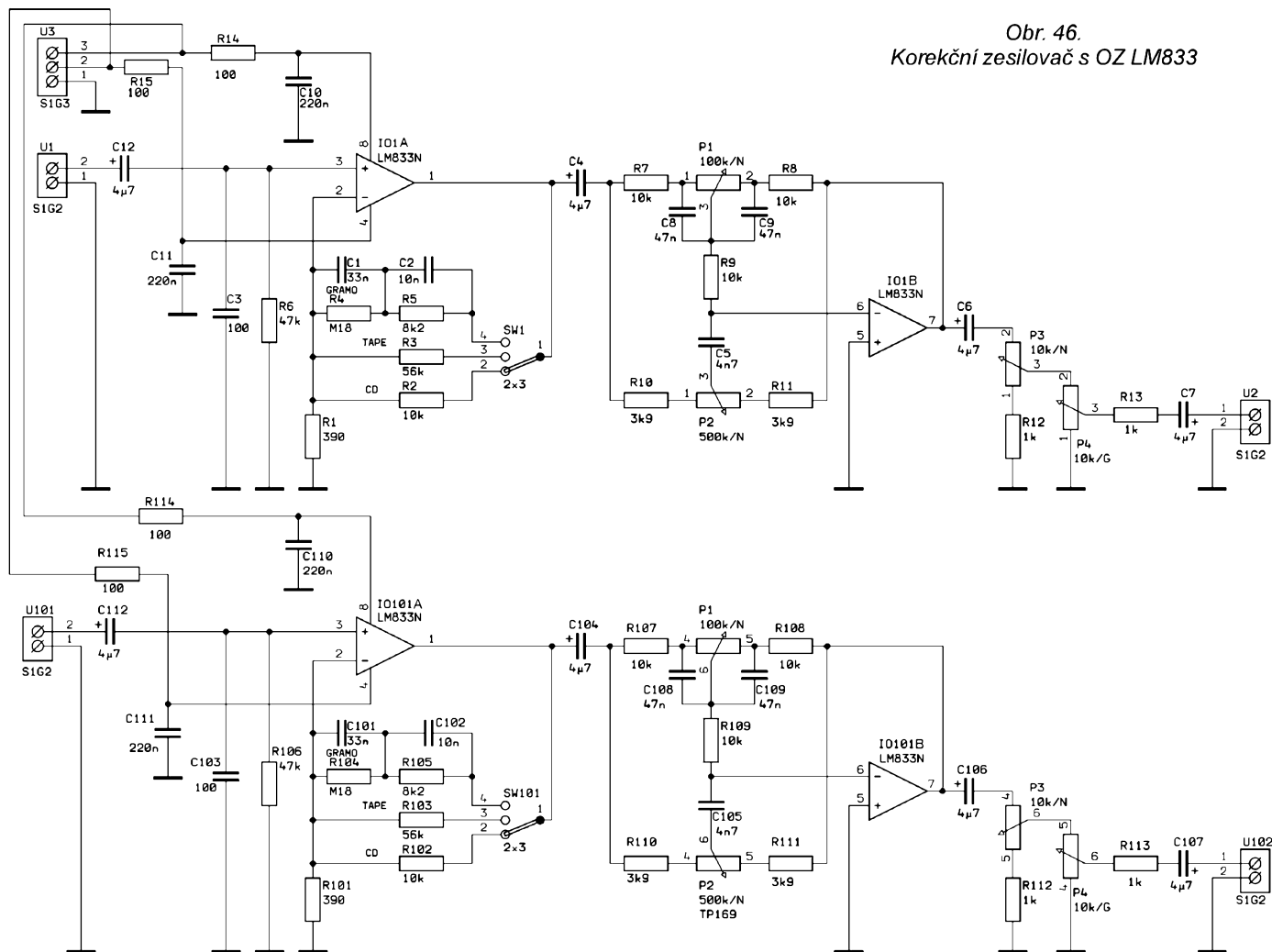
Výšky se korigují lineárním potenciometrem P2. Kmitočet zlomu korekce výšek je určen kapacitou kondenzátoru C5. Rozsah regulace na kmitočtu 11 kHz je ± 17 dB.

Aby se zamezilo vzájemnému ovlivňování regulátorů hloubek a výšek, jsou korektory hloubek a výšek odděleny rezistorem R9.

Korekční obvod s potenciometry P1 a P2 je zapojen ve větvi záporné zpětné vazby OZ IO1B.

Z výstupu IO1B je nf signál veden přes oddělovací kondenzátor C6 na potenciometr P3, kterým se ovládá stere-

Obr. 46.
Korekční zesilovač s OZ LM833



ofonní vyvážení. Rozsah regulace P3 je omezen sériovým rezistorem R12.

Z běžce P3 nf signál postupuje na potenciometr P4 pro regulátor hlasitosti. P4 je logaritmický a obě jeho sekce by měly mít souběh 3 dB.

Z běžce P4 je nf signál vyveden přes oddělovací rezistor R13 a oddělovací kondenzátor C7 na výstupní svorkovnici U2.

Konstrukce a oživení

Zesilovač je postaven z vývodových součástek na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrázec spojů je na obr. 47, rozmístění součástek na desce je na obr. 48.

Na desce nejsou osazeny obvyklé svorkovnice typu ARK500, ale jsou použity levnější konektorové kolíky. Přívody též mohou být připájeny přímo na pájecí plošky spojů na desce.

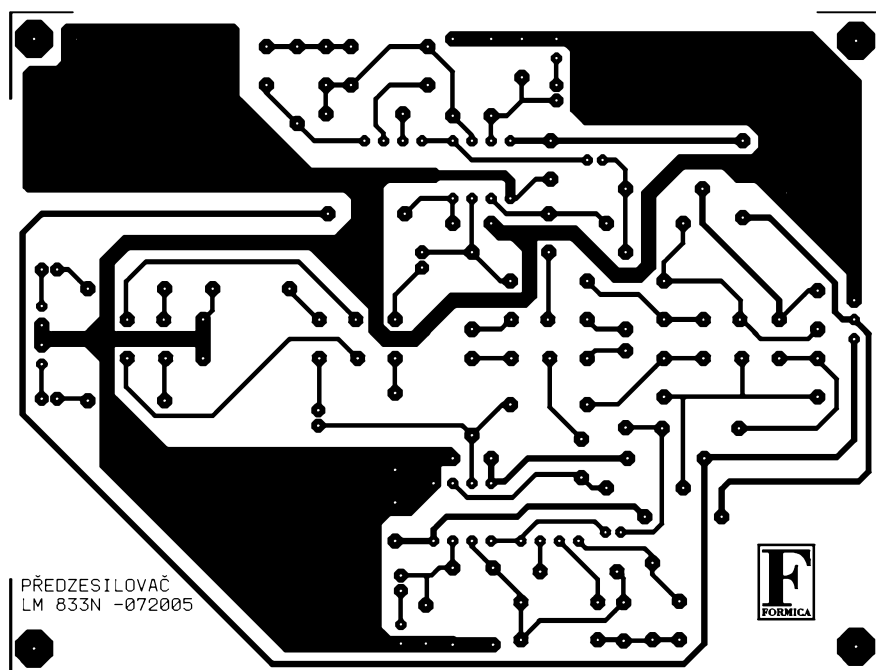
Konstrukce nemá žádné záluďnosti a po obvyklé kontrole plošných spojů a proměření pasivních součástek můžeme asi po dvou hodinách svědomité práce začít korekční zesilovač oživovat.

Oživení spočívá pouze v tom, že změříme napětí na vývodech 1 a 7 OZ IO1 a IO101 a klidový napájecí proud (při běžci potenciometru P4 vytočeném do levé krajní polohy - směrem k zemi). Napětí na vývodech 1 a 7 OZ IO1 a IO101 by mělo být přibližně nulové, klidový napájecí proud by se měl pohybovat v rozmezí 10 až 20 mA.

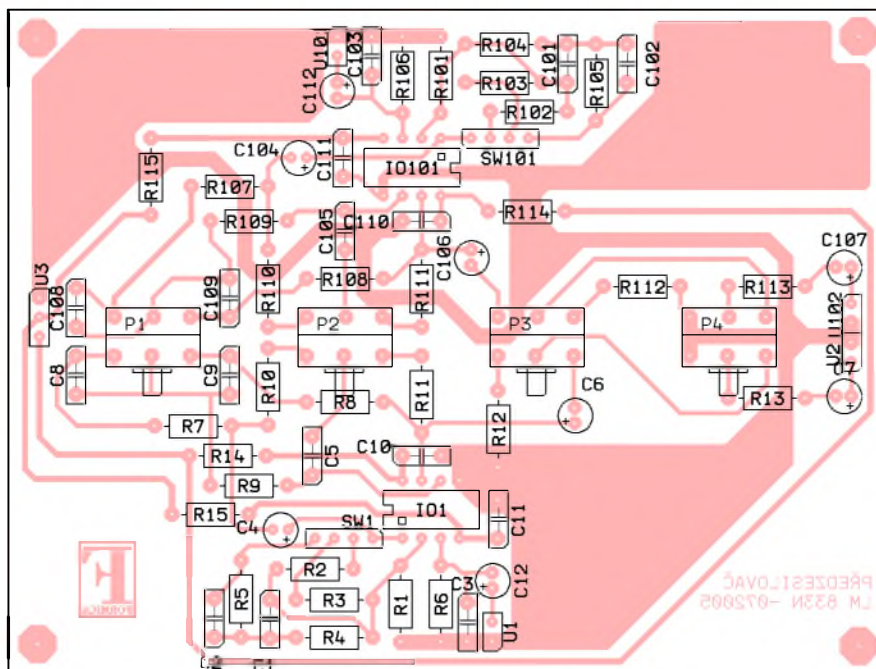
Seznam součástek

R1, R101 390 Ω /1 %/0,5 W, metal.
R2, R7, R8,
R9, R102,
R107, R108,
R109 10 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R3, R103 56 k Ω /1 %/0,5 W, metal.

R4, R104 180 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R5, R105 8,2 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R6, R106 47 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R10, R11,
R110, R111 3,9 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R12, R13,
R112, R113 1 k Ω /1 %/0,5 W, metal.



Obr. 47. Obrázec plošných spojů korekčního zesilovače s OZ LM833 (měř.: 1 : 1)



Obr. 48. Rozmístění součástek na desce korekčního zesilovače s OZ LM833

Popis funkce

Schéma korekčního předzesilovače je na obr. 49. Je osazen křemikovými tranzistory BC413 s malým šumem a je třístupňový. V prvním a ve třetím stupni jsou tranzistory zapojeny se společným emitorem, prostřední stupeň je emitorový sledovač.

Pro zjednodušení si popíšeme levý kanál. Pravý je identický, avšak čísla jeho součástek jsou o stovku vyšší.

Signál z magnetodynamické přenosky je přiváděn na svorkovnici U1 a odtud přes rezistor R1 a oddělovací kondenzátor C1 na bázi tranzistoru T1.

Rezistor R1 účinně potlačuje rušivé zámkity v užitečném nf signálu, keramický kondenzátor C4 svádí na zem zbytkové rušivé složky v nadakustickém pásmu.

Vstupní odpor předzesilovače je určen odporem paralelní kombinace rezistorů R2 a R6 a je přibližně 50 kΩ.

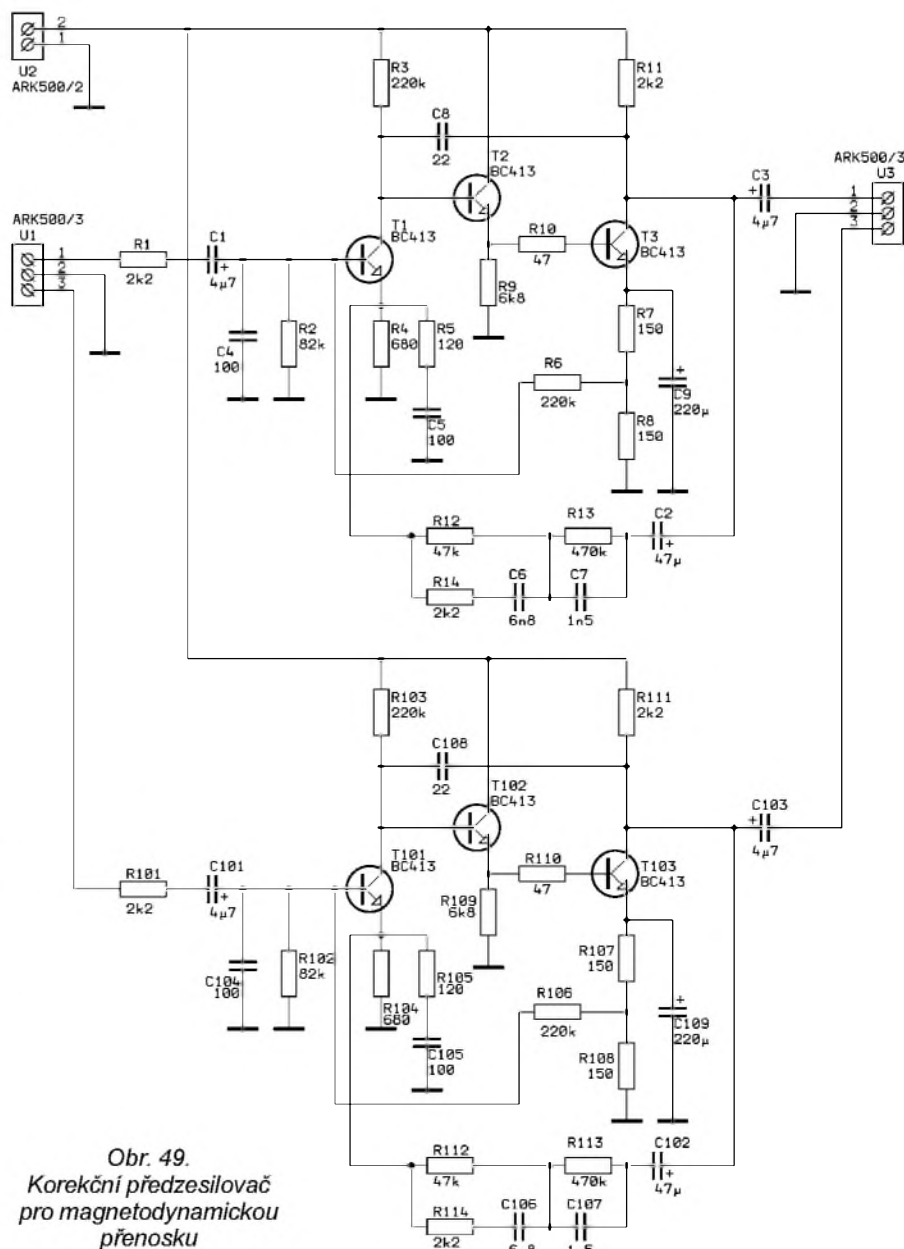
Stejnoseměrná záporná zpětná vazba, která určuje a stabilizuje pracovní body všech tranzistorů, je zavedena

- R14, R15,
R114, R115 100 Ω/1 %/0,5 W, metal.
P1 100 kΩ/N, tandem. lin. potenciometr TP169
P2 500 kΩ/N, tandem. lin. potenciometr TP169
P3 10 kΩ/N, tandem. lin. potenciometr TP169
P4 10 kΩ/G, tandem. log. potenciometr TP169
C1, C101 33 nF/5 %, TC351
C2, C102 10 nF/5 %, TC351
C3, C103 100 pF, keramický
C4, C6, C7, C12, C104, C106, C107, C112 4,7 μF/35 V, radiální
C5, C105 4,7 nF, TC352
C8, C9, C108, C109 47 nF, TC351
C10, C11, C110, C111 220 nF, keramický
IO1, IO101 LM833N
SW1, SW101 otočný přepínač, čtyřpólový, třipolohový
U1, U2, U101, U102 svorkovnice S1G2 (konektorové kolíky)
U3 svorkovnice S1G3 (konektorové kolíky)

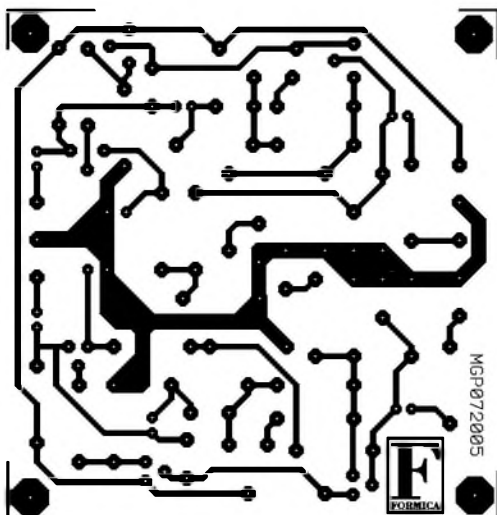
12. Korekční předzesilovač pro magnetodynamickou přenosku

Příznivci hudby z černých vinylových desek potřebují vhodný korekční předzesilovač pro magnetodynamickou přenosku, který má kmitočtovou charakteristiku podle normy RIAA.

Zapojení takovýchto předzesilovačů je mnoho a lze si ze široké škály vybrat. Jedno z řady zapojení, které se vyznačuje dobrými parametry a stabilitou, je dále popsáno.

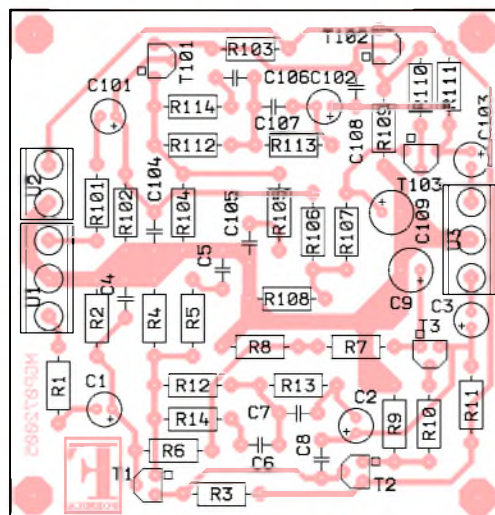


Obr. 49. Korekční předzesilovač pro magnetodynamickou přenosku



Obr. 50.
Obrazec spojů
korekčního
zesilovače
pro magneto-
dynamickou
přenosku
(měř.: 1 : 1)

Obr. 51.
Rozmístění
součástek
na desce
korekčního
zesilovače
pro magneto-
dynamickou
přenosku



z emitoru T3 do báze T1. Pracovní body jsou nastaveny odporovými děliči s rezistory R8, R7 a R6, R2. Emitor T3 je zablokován kondenzátorem C9. Na kolektoru T3 je přibližně polovina napájecího napětí, kolektorový proud T3 je asi 2,5 mA.

Střídavá záporná zpětná vazba, která určuje kmitočtovou charakteristiku předzesilovače, je zavedena z kolektoru T3 do emitoru T1. Je galvanicky oddělena kondenzátorem C2. Jednotlivé časové konstanty RIAA 3180 μ s, 318 μ s a 75 μ s jsou určeny zpětnovazebními články RC se součástkami R12, R13, C6 a C7. Aby se zmenšilo dunění na nízkých kmitočtech, je do série s C6 přidán rezistor R14.

Napětové zesílení bylo vypočteno a nastaveno tak, že na kmitočtu 1 kHz má nf signál na výstupní svorce U3 napětí 150 až 300 mV.

Stabilitu zesilovače zajišťuje článek RC se součástkami R5 a C5 a keramický kondenzátor C8.

Z kolektoru T3 je výstupní nf signál veden přes oddělovací kondenzátor C3 na výstupní svorkovnici U3.

Předzesilovač je napájen asymetricky napětím 12 až 24 V, které se přivádí na svorkovnici U2. Kladný pól napájecího napětí je připojen na kontakt 2 U2, zem na 1 U2.

Při nejvyšším napájecím napětí se dosáhne největší přebuditelnosti, doporučuji však používat napětí 12 až 15 V.

Konstrukce

Korekční předzesilovač je zkonstruován z vývodových součástek připájených na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojů je na obr. 50, rozmístění součástek na desce je na obr. 51.

Aby měla kmitočtová charakteristika předzesilovače předepsaný průběh, musí být kondenzátory C6, C7, C106 a C107 vybrány s tolerancí kapacity maximálně 5 % (takové kondenzátory lze běžně zakoupit - tolerance 5 % je označena písmenem J).

Pro zmenšení pořizovacích nákladů můžeme vstupní a výstupní svorkovnice nahradit pájecími kolíky.

Zkontrolujeme-li plošné spoje, proměříme-li součástky a pracujeme-li pečlivě, funguje předzesilovač na první zapojení.

Záměrem autora nebylo nabídnout co nejmenší rozměry předzesilovače, ale co největší stabilitu zapojení a bezproblémovou funkci. I tak je deska malá.

Seznam součástek

R1, R11,	
R14, R101,	
R111, R114	2,2 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R2, R102	82 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R3, R6,	
R103, R106	220 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R4, R104	680 Ω /1 %/0,5 W, metal.
R5, R105	120 Ω /1 %/0,5 W, metal.
R7, R8,	
R107, R108	150 Ω /1 %/0,5 W, metal.
R9, R109	6,8 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R10, R110	47 Ω /1 %/0,5 W, metal.
R12, R112	47 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R13, R113	470 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
C3, C101,	
C103	4,7 μ F/35 V, radiální
C2, C102	47 μ F/35 V, radiální
C4, C5,	
C104, C105	100 pF, keramický
C6, C106	6,8 nF/5 %, TC352
C7, C107	1,5 nF/5 %, TC352
C8, C108	22 pF, keramický
C9, C109	220 μ F/16 V, radiální
T1, T2, T3,	
T101, T102,	
T103	BC413
U1, U3	ARK500/3, svorkovnice
U2	ARK500/2, svorkovnice

13. Korekční zesilovač s obvodem TDA4292

Velice populární stereofonní korekční zesilovač, publikovaný v článku Užitelná zapojení z dlouholeté praxe v časopise KE 6/2004, využíval ke své činnosti integrovaný obvod LM1040N.

Je velká škoda, že se tento obvod již přestal vyrábět bez náhrady. Mnoho čtenářů mi psalo, že si tento zesilovač postavili a zda uvedený IO nemám. A tak jsem několik kousků, které jsem si

zakoupil na cestě v Belgii, musel nakonec postrádat.

Proto jsem se rozhodl použít v korekčním zesilovači doposud vyráběný obvod TDA4292, který je svými vlastnostmi velice podobný obvodu LM1040 a v některých parametrech ho předčí. Jen v oblasti šumu je na tom malinko hůře oproti nahrazovanému typu. Jeho podstatnou výhodou je, že je běžně dostupný a jeho cena je velice přijatelná.

Popis funkce

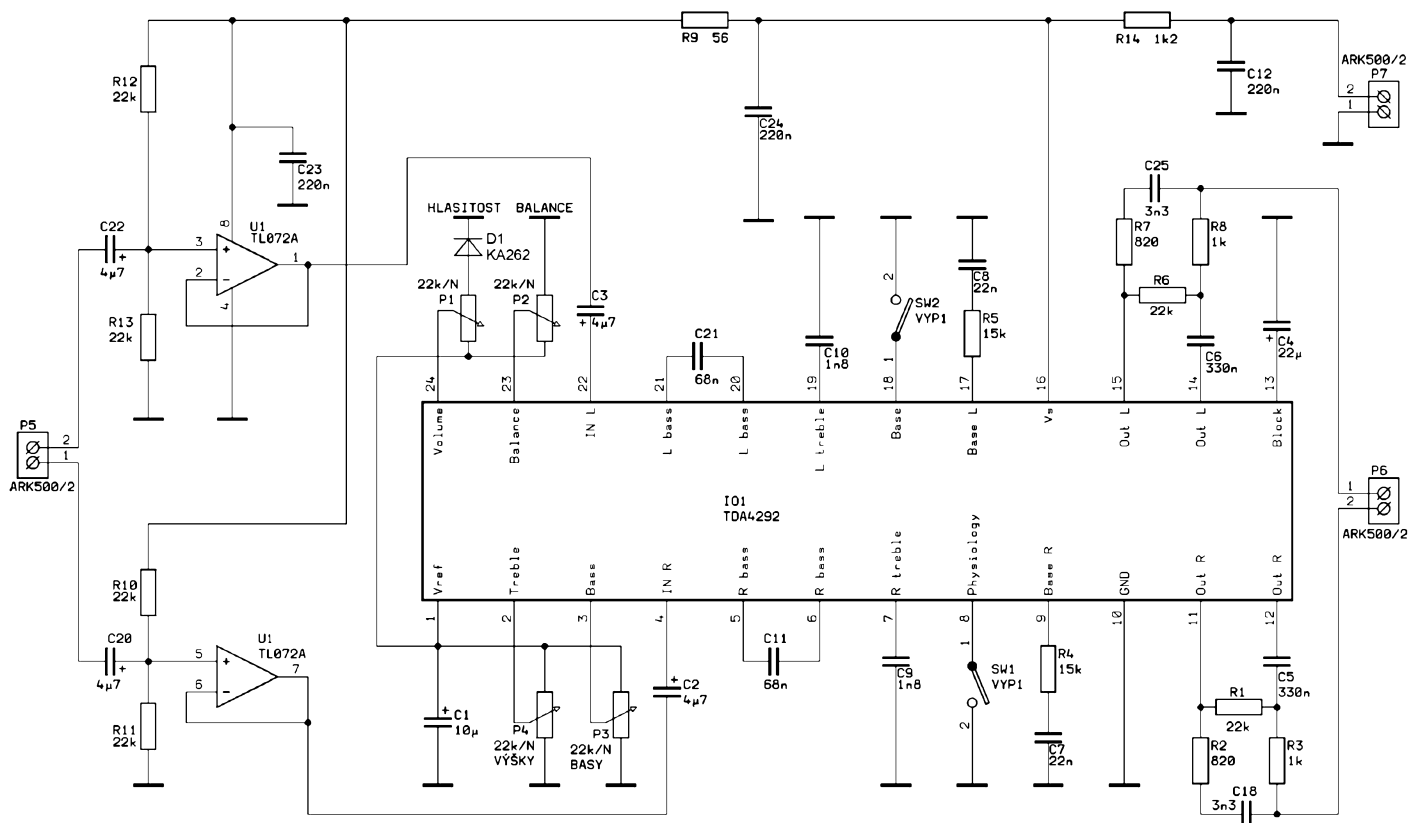
Schéma korekčního zesilovače je na obr. 52. Pro zjednodušení si opět popíšeme levý kanál.

Vstupní stereofonní nf signál je přiváděn z vnějšího zdroje (nebo vhodného vstupního zesilovače) na vstupní svorkovnici P5. Dále postupuje přes oddělovací kondenzátor C22 na operační zesilovač (OZ) typu TL072 (U1) s malým šumem. Tento OZ je použit jako impedanční převodník a zajišťuje korektoru IO1 dostatečný vstupní odpor. Pracovní bod OZ je nastaven rezistory R12 a R13 tak, aby na výstupu OZ byla polovina napájecího napětí. Z U1 jde nf signál do IO1 přes oddělovací kondenzátor C3.

Korekční obvod TDA4292 (IO1) má kromě regulace hlasitosti, vyvážení stereofonie a korekci hloubek a výšek ještě vnitřně vestavěné funkce fyziologie při regulaci hlasitosti a rozšíření stereofonní báze (funkce WIDE). K zapínání funkcí WIDE a fyziologie jsou použity běžné tlačítkové spínače, i když lze spínání řešit elektronicky. Pro co největší jednoduchost zapojení bylo od elektronické varianty upuštěno.

Zapojení korekčního IO TDA4292 vychází ze zapojení doporučeného výrobcem. Hlasitost atd. se reguluje změnou stejnosměrného napětí na příslušných vývodech IO1 (vývod 2 IO1 je určen pro regulaci výšek, vývod 3 pro regulaci hloubek, vývod 23 pro regulaci vyvážení a vývod 24 pro regulaci hlasitosti).

Rozsah regulace hloubek je ± 14 dB na kmitočtu 40 Hz a rozsah regulace výšek je ± 14 dB na kmitočtu 10 kHz.



Obr. 52. Korekční zesilovač s obvodem TDA4292

Regulační rozsah hloubek je možné v určitých mezích měnit velikostí kapacity kondenzátoru C21, regulační rozsah výšek je možno ovlivnit změnou kapacity kondenzátoru C10.

Referenční napětí o velikosti 5,2 V je odebíráno z vývodu 1 IO1 a je filtrováno kondenzátorem C1.

Stabilitu IO1 zajišťuje článek RC se součástkami R5 a C8.

Výstupní nf signál je veden z vývodu 14 IO1 na článek RC se součástkami R6, R7 a R8 a C25, který určuje kmitočtový průběh fyziologické regulace hlasitosti. Úpravou hodnot těchto součástek lze průběh křivek fyziologické regulace měnit. Doporučují však dodržet hodnoty předepsané.

Z článku RC nf signál postupuje na výstupní svorkovnici P6.

Pro zlepšení průběhu regulace hlasitosti je do obvodu potenciometru P1 zapojena křemiková dioda D1. Na diodě je úbytek napětí asi 0,7 V, který posunuje úroveň ss ovládacího napětí.

Pokud by někdo chtěl, aby potenciometr P1 měl v levé krajní poloze na svém běžci nulové ss napětí, diodu D1 do desky s plošnými spoji neosadí a nahradí ji drátovou propojkou.

Korekční zesilovač je napájen asymetricky dobře filtrovaným ss napětím o velikosti 12 až 35 V. Napájecí napětí se přivádí na svorkovnici P7, na kontaktu 2 P7 je kladný pól a na 1 P7 je zem.

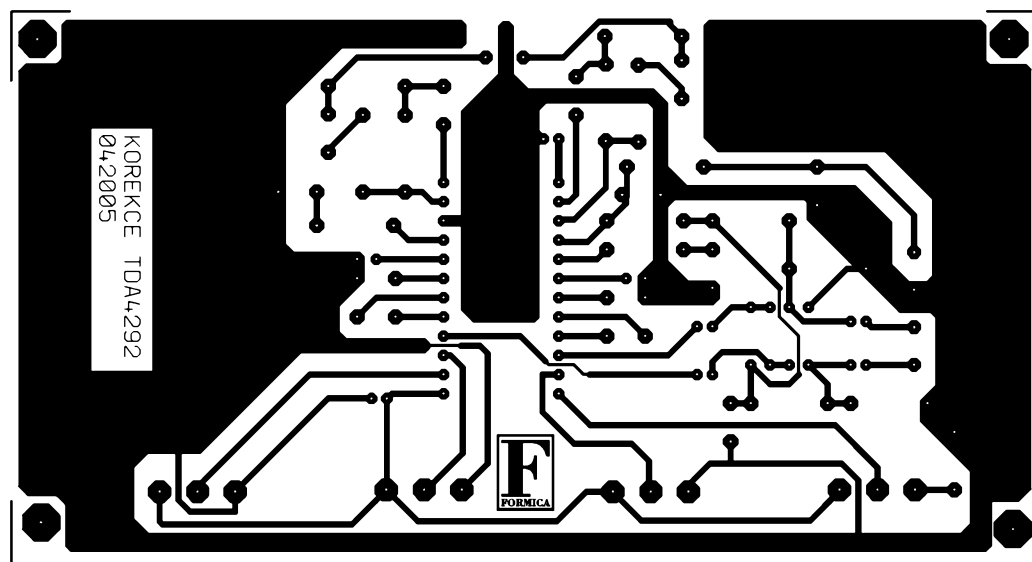
Aby se obvody U1 a IO1 nerozkmitaly, jsou jejich napájecí vývody zablokovány keramickými kondenzátory C23 a C24 a do napájecí sběrnice jsou vloženy rezistory R9 a R14.

Rezistor R14 slouží také jako „srážecí“ a zmenšuje vnější napájecí napětí tak, aby IO1 byl napájen napětím 12 až 15 V. Při výpočtu odporu rezistoru R14 vycházíme ze skutečné změřené velikosti vnějšího napájecího napětí a z toho, že napájecí proud celého korekčního zesilovače je 20 až 30 mA. Při vnějším napájecím napětí 12 V má rezistor R14 odpor 100 Ω .

Konstrukce a oživení

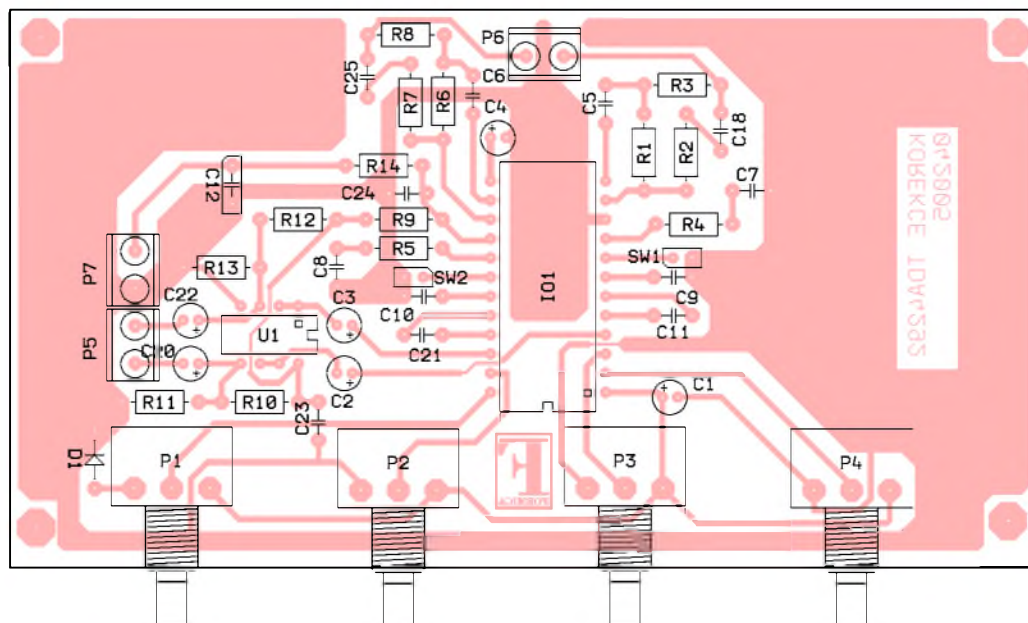
Korekční zesilovač je zkonstruován z vývodových součástek na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojů je na obr. 53, rozmístění součástek na desce je na obr. 54.

Před osazováním součástek doporučuji důkladně vizuálně zkontrolovat plošné spoje a alespoň staticky proměřit.



Obr. 53.
Obrazec spojů
korekčního
zesilovače
s obvodem
TDA4292
(měř.: 1 : 1)

Obr. 54.
Rozmístění
součástek
na desce
korekčního
zesilovače
s obvodem
TDA4292



řít multimetrem pasivní součástky. Pro IO1 je vhodné použít objímku.

Po zapájení součástek natočíme běžec potenciometru P1 do levé krajní polohy (k zemi) a ostatní potenciometry nastavíme do střední polohy. Připojíme napájecí napětí (12 až 24 V) a měříme napětí na vývodu 16 IO1. Pokud nebude v rozmezí 12 až 15 V, upravíme podle potřeby odpor rezistoru R14. Když je vše v pořádku, zkontrolujeme klidový napájecí proud, který by měl být 20 až 30 mA.

Můžeme ještě zkontrolovat osciloskopem, zda korekční zesilovač nekmitá v nadakustickém pásmu. Pokud by zakmitával, připájejte ze strany plošných spojů mezi běžce potenciometrů P1 až P4 a zem keramické kondenzátory o kapacitě 47 až 220 nF. Můj vzorek zesilovače nekmital a byl stabilní v celém akustickém pásmu.

Seznam součástek

R1, R6, R10, R11, R12, R13	22 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R2, R7	820 Ω /1 %/0,5 W, metal.
R3, R8	1 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R4, R5	15 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R9	56 Ω /1 %/0,5 W, metal.
R14	1,2 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
P1, P2, P3, P4	22 k Ω /N, lineární potenciometr TP160A
C1	10 μ F/25 V, radiální
C2, C3, C20, C22	4,7 μ F/25 V, radiální
C4	22 μ F/25 V, radiální
C5, C6	330 nF, TC350
C7, C8	22 nF, TC350
C9, C10	1,8 nF, TC352
C11, C21	68 nF, TC351
C12, C23, C24	220 nF, keramický
C18, C25	3,3 nF, TC352
D1	KA262
IO1	TDA4292
U1	TL071A
SW1, SW2	spínač, dvoupólový
P5, P6, P7	ARK500/2, svorkovnice

14. Korekční zesilovač s OZ OP07

Další ukázka korekčního zesilovače s parametry hi-fi je na obr. 55.

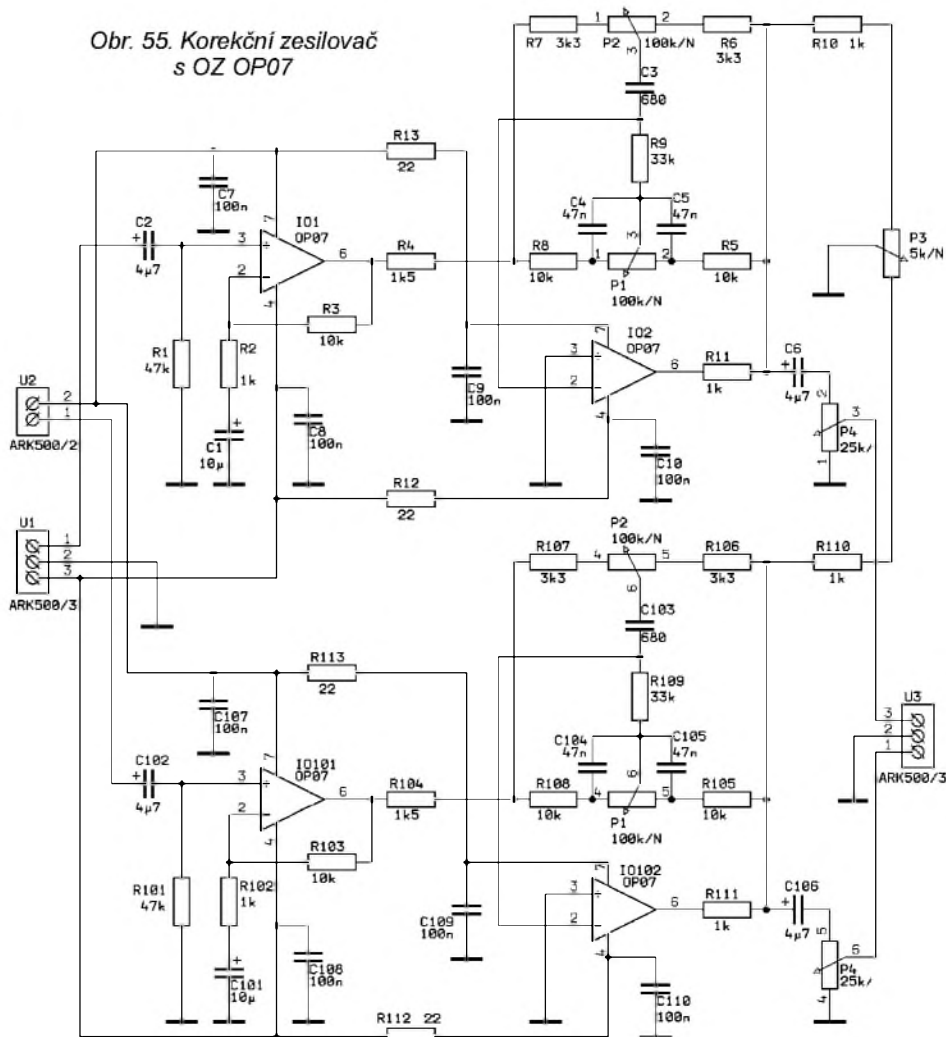
Popis funkce

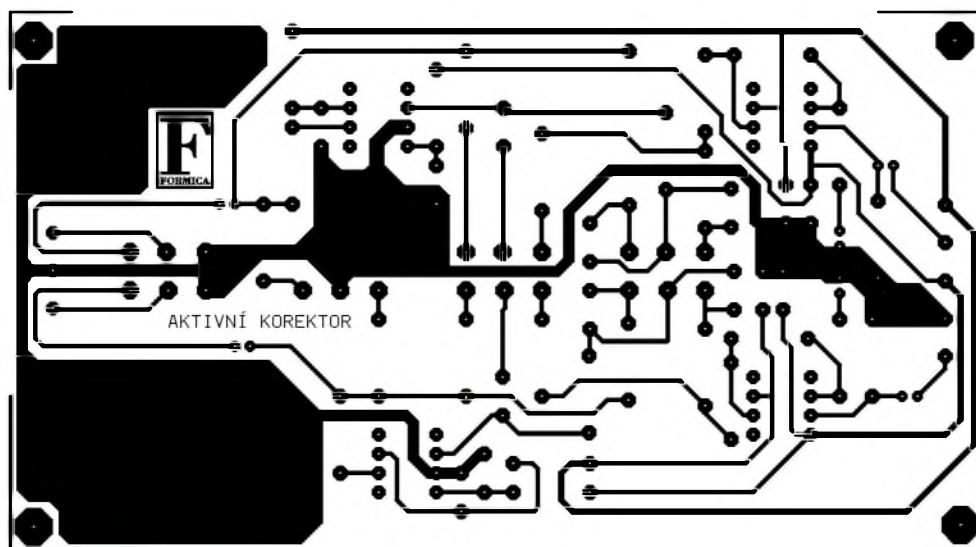
Korektor je napájen symetricky napětím ± 12 až ± 18 V. Kladné napájecí napětí je přiváděno na kontakt 2 svor-

kovnice U2, záporné napětí na kontakt 3 svorkovnice U1. I když použité operační zesilovače (OZ) OP07 s malým šumem jsou velmi odolné vůči rušivým složkám napájecího napětí, jsou do napájecích větví vloženy články RC tvořené rezistory R13 a R12 a keramickými kondenzátory C7, C8, C9 a C10.

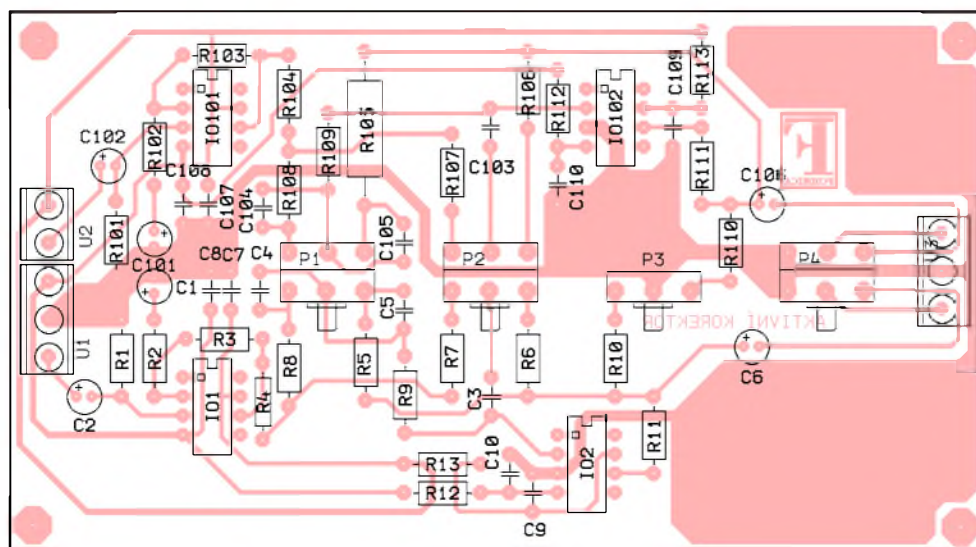
Pro jednoduchost si popíšeme levý kanál. Právý je zapojen shodně, ale jeho součástky mají čísla od sta výše.

Obr. 55. Korekční zesilovač s OZ OP07





Obr. 56.
Obrazec spojů
korekčního
zesilovače
s OZ OP07
(měř. 1 : 1)



Obr. 57.
Rozmístění
součástek
na desce
korekčního
zesilovače
s OZ OP07

Vstupní nf signál je přiváděn přes kontakt 1 svorkovnice U1 a přes oddělovací kondenzátor C2 na neinvertující vstup 3 IO1. Rezistorem R1 je nastaven pracovní bod tohoto OZ a zároveň určen vstupní odpor zesilovače.

OZ IO1 pracuje jako oddělovací zesilovač, jehož napětové zesílení je nastaveno odpory rezistorů R3 a R2 na velikost 10. Pokud bychom požadovali jiné napětové zesílení, lze je upravit bez větších obtíží změnou odporu rezistoru R3. Zmenšením odporu se zesílení zmenší, zvětšením odporu se naopak zvětší. Doporučuji ponechat zesílení 10, aby nebezpečí přebuzení následujícího stupně. K potlačení záskmitů je do výstupu 6 IO1 zapojen rezistor R4.

Druhý stupeň s OZ IO2 představuje klasický Baxandallův aktivní korektor výšek a hloubek.

Obvod regulace hloubek je osazen omezovacími rezistory R5 a R8, regulačním potenciometrem P1 s lineárním průběhem a kondenzátory C4 a C5, jejichž kapacita určuje zlomový kmitočet regulace. Rozsah regulace hloubek je ± 14 dB na kmitočtu 40 Hz.

Regulační obvod výšek se skládá s omezovacími rezistory R6 a R7, re-

gulačního potenciometru P2 a kondenzátoru C3, který svou kapacitou rovněž určuje zlomový bod kmitočtové charakteristiky, od něhož se začíná uplatňovat regulace výšek. Rozsah regulace výšek je ± 12 dB na kmitočtu 10 kHz.

Aby se korektory hloubek a výšek navzájem neovlivňovaly, je v jejich obvodu zapojen oddělovací rezistor R9.

Pro zvýšení stability OZ je do výstupu 6 IO2 zapojen rezistor R11.

Výstupní nf signál je veden přes oddělovací kondenzátor C6 na regulátor hlasitosti P4 a na potenciometr P3, kterým se ovládá stereofonní vyvážení. Rozsah regulace vyvážení je omezen rezistorem R10 na ± 6 dB.

Z běžce potenciometru P4 je nf signál vyváděn na výstupní svorkovnici U3.

Konstrukce

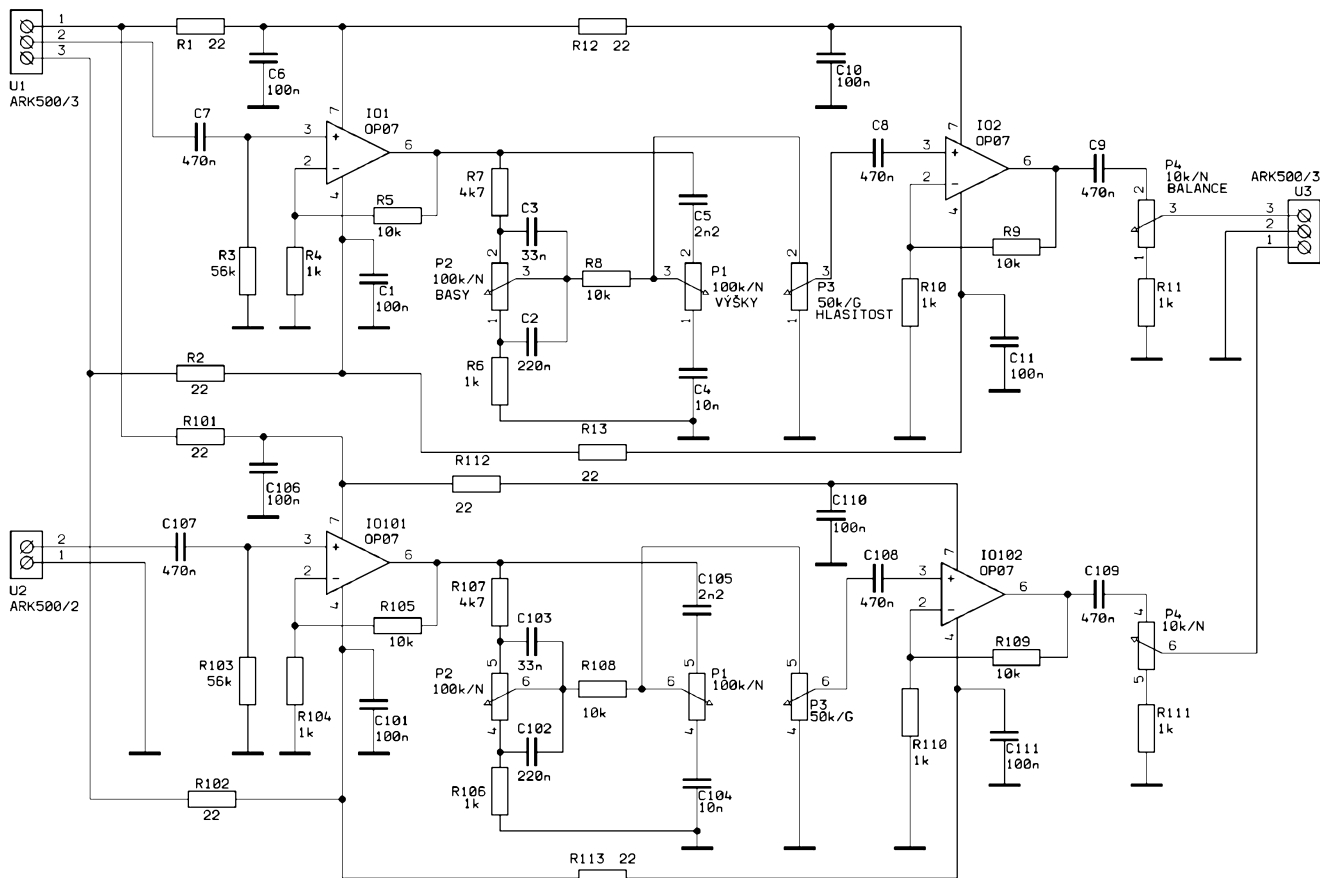
Korekční zesilovač je zkonstruován z vývodových součástek na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojů je na obr. 56, rozmístění součástek na desce je na obr. 57.

Stavba zesilovače je velmi jednoduchá a neskýtá žádná úskalí a záludnosti.

Pokud použijeme dobré součástky a desku s bezchybnými plošnými spoji, pracuje zesilovač na první zapojení.

Seznam součástek

R1, R101	47 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R2, R10,	
R11, R102,	
R110, R111	1 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R3, R5,	
R8, R103,	
R105, R108	10 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R4, R104	1,5 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R6, R7,	
R106, R107	3,3 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R9, R109	33 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R12, R13,	
R112, R113	22 Ω /1 %/0,5 W, metal.
P1, P2	100 k Ω /N, tandemový lin. potenciometr PC16SL
P3	5 k Ω /N, jednoduchý lin. potenciometr PC16ML
P4	25 k Ω /G, tandem. log. potenciometr PC16SL
C1, C101	10 μ F/16 V, radiální
C2, C6,	
C102, C106	4,7 μ F/35 V, radiální
C3, C103	680 pF, TC352
C4, C5,	
C104, C105	47 nF, TC351
C7, C8, C9,	
C10, C107,	
C108, C109,	
C110	100 nF, keramický



Obr. 58. Pasivní korektor s OZ OP07

IO1, IO2, IO101, IO102 OP07
U1, U3 ARK500/3, svorkovnice
U2 ARK500/2, svorkovnice

15. Pasivní korektor s OZ OP07

Mezi radioamatéry se vyskytují i konstruktéři, kteří dávají přednost pasivním korektorům nf signálu před korektory aktivními (zpětnovazebními).

U pasivního korektoru je zesílení aktivních prvků zesilovače v celém akustickém pásmu konstantní a korekční obvody jsou zařazeny pouze v přímé cestě nf signálu.

Popis funkce

Schéma velice jednoduchého pasivního korektoru pro audiozesilovač je na obr. 58. Opět pro jednoduchost si popíšeme pouze levý kanál.

Korektor obsahuje vstupní a výstupní zesilovač, mezi které jsou zařazeny pasivní korekční obvody a regulátor hlasitosti.

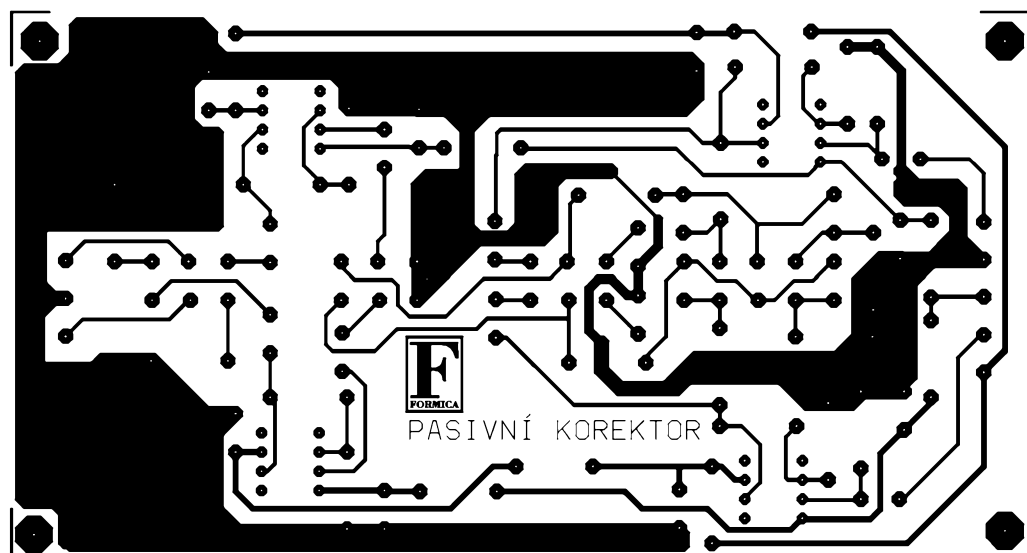
Vstupní zesilovač je zapojen s operačním zesilovačem (OZ) typu OP07 (IO1). Nf signál se přivádí přes kontakt 2 svorkovnice U2 a přes oddělovací kondenzátor C7 na neinvertující vstup 3 IO1. Vstupní odpor korekčního zesilovače je určen odporem rezistoru R3 a je obvyklých 47 kΩ. Zpětná vazba je zavedena děličem s rezistory R5 a R4.

Jeho dělicím poměrem je nastaveno napětové zesílení 11x. Napájecí vývody IO1 jsou zablokovány kondenzátory C6 a C1. Vstupní zesilovač též působí jako převodník impedance - jeho velmi malý výstupní odpor je nutný pro správnou funkci následujících korekčních obvodů.

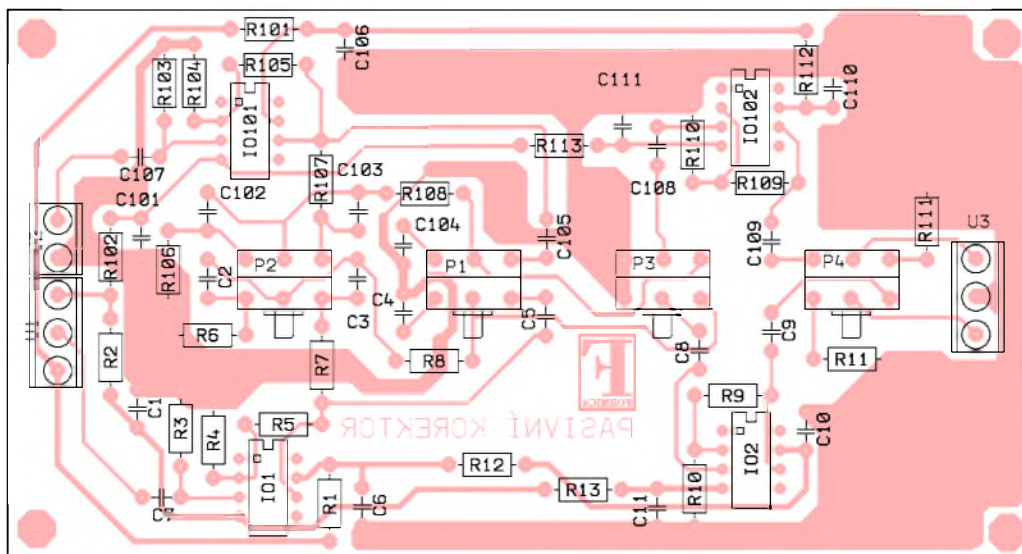
Za vstupním zesilovačem jsou zapojeny pasivní korekční obvody nf signálu. Obvod s potenciometrem P2 koriguje hloubky a obvod s P1 výšky.

Pokud jsou běžce potenciometrů P2 i P1 ve střední poloze, není přenos nf signálu korekčními obvody nijak frekvenčně ovlivněn.

Jsou-li potenciometry nastaveny mimo střední polohu, uplatní se kmitočtově závislý přenos připojených článků



Obr. 59.
Obrazec spojů
pasivního
korektoru
s OZ OP07
(měř.: 1 : 1)



Obr. 60.
Rozmístění
součástek
na desce
pasivního
korektoru
s OZ OP07

RC a hloubky nebo výšky jsou zdůrazněny nebo potlačeny. V krajních polohách běžců potenciometrů lze na kmitočtech 100 Hz a 10 kHz dosáhnout změny asi ± 10 dB oproti přenosu na kmitočtu 1 kHz.

Zlomový kmitočet pro korekci hloubek je určen kapacitou kondenzátorů C2 a C3, regulační rozsah je omezen rezistory R6 a R7. Zlomový kmitočet pro regulaci výšek je určen kapacitou kondenzátorů C4 a C5. Rezistor R8 zabraňuje vzájemnému ovlivňování korekčních obvodů.

Z korekčních obvodů je nf signál veden na regulátor hlasitosti - na tandemový logaritmický potenciometr P3 se souběhem 3 dB.

Z regulátoru hlasitosti signál postupuje do výstupního zesilovače, jehož úlohou je vyrovnávat ztráty zesílení v pasivních korekčních obvodech.

Výstupní zesilovač je rovněž zapojen s OZ typu OP07 (IO2) a zesiluje 11x. Zesílení je určeno zpětnovazebním děličem s rezistory R9 a R10. Napájecí vývody IO2 jsou zablokovány kondenzátory C10 a C11.

Nf signál z výstupu OZ IO2 je veden na výstupní svorkovnici U3 přes potenciometr P4, kterým se ovládá stereo-fonní vyvážení. Rozsah regulace vyvážení je omezen rezistorem R11.

Doporučené napájecí napětí korektoru je ± 12 až ± 15 V. V napájecích větvích jsou vřazeny oddělovací rezistory R1, R2 a R12, R13.

Konstrukce

Pasivní korektor s OZ OP07 obsahuje vývodové součástky připájené na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojů je na obr. 59, rozmístění součástek na desce je na obr. 60.

Při oživování zkontrolujeme ss napětí vůči zemi na výstupech všech OZ, které by mělo být přibližně nulové, a napájecí proud, který by měl být v každé větvi asi 10 mA.

Po předběžné kontrole plošných spojů a součástek by měl korektor pracovat na první zapojení.

Seznam součástek

R1, R2, R12, R13, R101, R102, R112, R113	22 Ω /1 %/0,5 W, metal.
R3, R103	56 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R4, R6, R10, R11, R104, R106, R110, R111	1 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R5, R8, R9, R105, R108, R109	10 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R7, R107	4,7 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
P1, P2	100 k Ω /N, tandem. lin. potenciometr TP169
P3	50 k Ω /G, tandem. log. potenciometr TP169
P4	10 k Ω /N, tandem. lin. potenciometr TP169
C1, C6, C10, C11, C101, C106, C110, C11	100 nF, keramický
C2, C102	220 nF, TC350
C3, C103	33 nF, TC351
C4, C104	10 nF, TC351
C5, C105	2,2 nF TC352
C7, C8, C9, C107, C108, C109	470 nF, TC350
IO1, IO2, IO101, IO102	OP07
U1, U3	ARK500/3, svorkovnice
U2	ARK500/2, svorkovnice

16. Stereofonní zesilovač s TDA2030A

Mezi nejoblíbenější konstrukce z mého předchozího čísla KE 6/2004, jak bylo možno usuzovat z množství dotazů dychtivých čtenářů a konstruktérů, patřil stereofonní zesilovač se sinusovým výkonem 2x 20 W. Právě na této konstrukci se ukázalo, po čem „bastlíř“ touží. Nejvíce jsem byl žádán o zjednodušení zesilovače a případně i o zlepšení jeho technických parametrů.

Protože nejčastěji je tento zesilovač využíván při práci v garáži nebo dílně, bohatě většině postačuje jeden univerzální vstup pro přehrávač CD nebo tuner. Taktéž fyziologickou regulaci hlasitosti mnoho lidí oželí, protože právě v těchto prostorách nejsou akustické podmínky nejlepší.

Je však podstatné, aby výkonový stupeň přenášel nf signál co nejvěrněji a s co nejmenším intermodulačním zkreslením.

Po několika experimentech vzniklo upravené zapojení původního zesilovače, které má jen jeden vstup pro CD a postrádá fyziologickou regulaci hlasitosti, na druhé straně má však větší stabilitu a větší odstup signál/šum.

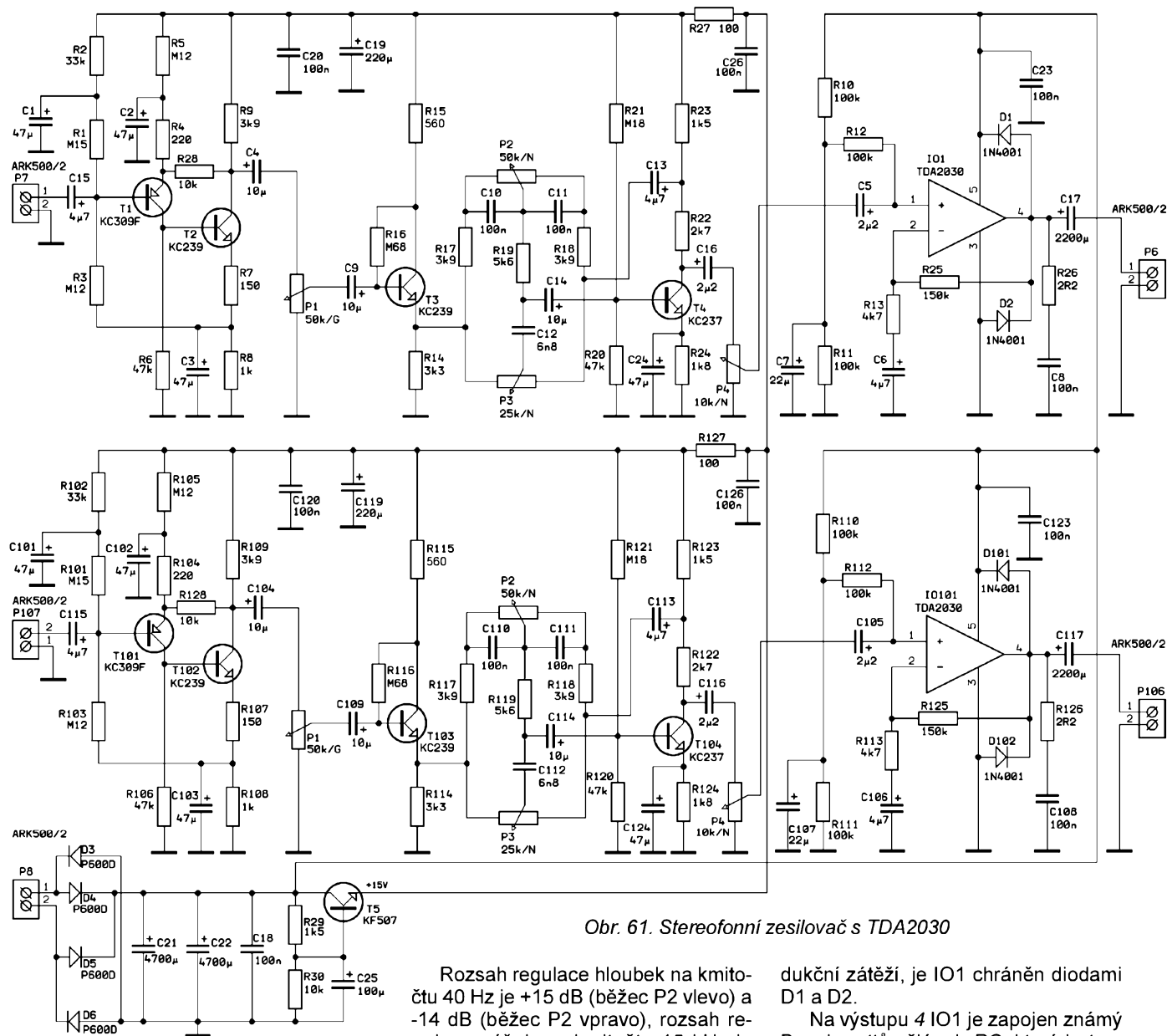
Popis funkce

Schéma zesilovače je na obr. 61. Kvůli zjednodušení si popíšeme pouze funkci levého kanálu. Pravý kanál pracuje shodně, jeho součástky mají čísla o stovku větší.

Nf signál např. z přehrávače CD je přiváděn přes vstupní svorkovnici P7 do vstupního předzesilovače s doplňkovými tranzistory T1 a T2.

Pracovní body tranzistorů jsou nastaveny rezistorem R3. Potřebný odpor rezistoru R3 je závislý na proudovém zesílení tranzistorů T1 a T2. Při oživování je vhodné upravit odpor rezistoru R3 tak, aby na kolektoru T2 byla polovina napájecího napětí. Vstupní odpor zesilovače je asi 50 k Ω . Kvůli minimalizaci šumu má T1 kolektorový proud 100 μ A. T2 má kolektorový proud 3 mA, aby se dosáhlo dostatečného rozkmitu výstupního napětí a malého zkreslení. Rezistory R28 a R4 tvoří zpětnovazební dělič, kterým je určeno napěťové zesílení předzesilovače (asi 46).

Pro plné vybuzení zesilovače musí být na vstupu nf signál o efektivním napětí 150 mV. Vstupní signál z přehrávače CD má většinou úroveň 1,0 V, takže musí být zmenšen rezistorovým děličem napětí, který je umístěn přímo na vstupním konektoru (tento dělič není uveden na schématu).



Obr. 61. Stereofonní zesilovač s TDA2030

Zesílený nf signál je veden do regulátoru hlasitosti s logaritmickým potenciometrem P1.

Z regulátoru hlasitosti postupuje nf signál přes emitorový sledovač s tranzistorem T3 do zpětnovazebního kmitočtového korektoru s tranzistorem T4.

Emitorový sledovač s T3 je vložen do cesty signálu proto, aby byl zpětnovazební korektor buzen ze zdroje nf signálu o malé vnitřní impedanci, jak to vyžaduje. Pracovní bod tranzistoru T3 je určen rezistorem R3. R3 musí mít takový odpor, aby na emitoru T3 byla polovina napájecího napětí.

Zpětnovazební korektor s T4 je Baxandallův typu. Signál z emitorového sledovače se přivádí do regulátoru hloubek s lineárním potenciometrem P2 a do regulátoru výšek s lineárním potenciometrem P3. Z druhé strany se na potenciometry přivádí zpětnovazební signál z kolektoru T4. Kondenzátory C10 až C12 zajišťují potřebné kmitočtové charakteristiky korektoru. Použité kondenzátory by měly mít toleranci 5 %, rezistory by měly mít toleranci 1 %.

Rozsah regulace hloubek na kmitočtu 40 Hz je +15 dB (běžec P2 vlevo) a -14 dB (běžec P2 vpravo), rozsah regulace výšek na kmitočtu 15 kHz je +15 dB (běžec P3 vlevo) a -14,5 dB (běžec P3 vpravo). Ve střední poloze potenciometru je kmitočtová charakteristika korektoru plochá.

Pracovní bod tranzistoru T4 je nastaven děličem s rezistory R20 a R21. Za kmitočtovým korektorem následuje regulátor stereofonního výstupu s lineárním potenciometrem P4.

Z běžce P4 je nf signál veden do monolitického výkonového zesilovače TDA2030 (IO1).

Obvod TDA2030 je zapojen podle doporučení výrobce.

Pracovní podmínky obvodu IO1, tj. polovina napájecího napětí na výstupu 4 IO1, jsou nastaveny předpětím z děliče s rezistory R10 a R11. Předpětí je filtrováno kondenzátorem C7 a přes oddělovací rezistor R12 je přiváděno na neinvertující vstup 1 IO1.

Napěťové zesílení obvodu IO1 je určeno zpětnovazebním děličem s rezistory R25 a R13 a je asi 30. V obvodu zpětné vazby je oddělovací kondenzátor C6.

Proti napěťovým špičkám ve vstupním signálu, způsobeným např. in-

dukční zátěží, je IO1 chráněn diodami D1 a D2.

Na výstupu 4 IO1 je zapojen známý Boucherottův článek RC, který je tvořen rezistorem R26 a keramickým kondenzátorem C8. Tento článek zamezuje rozkmitání výkonového zesilovače v nadakustickém pásmu.

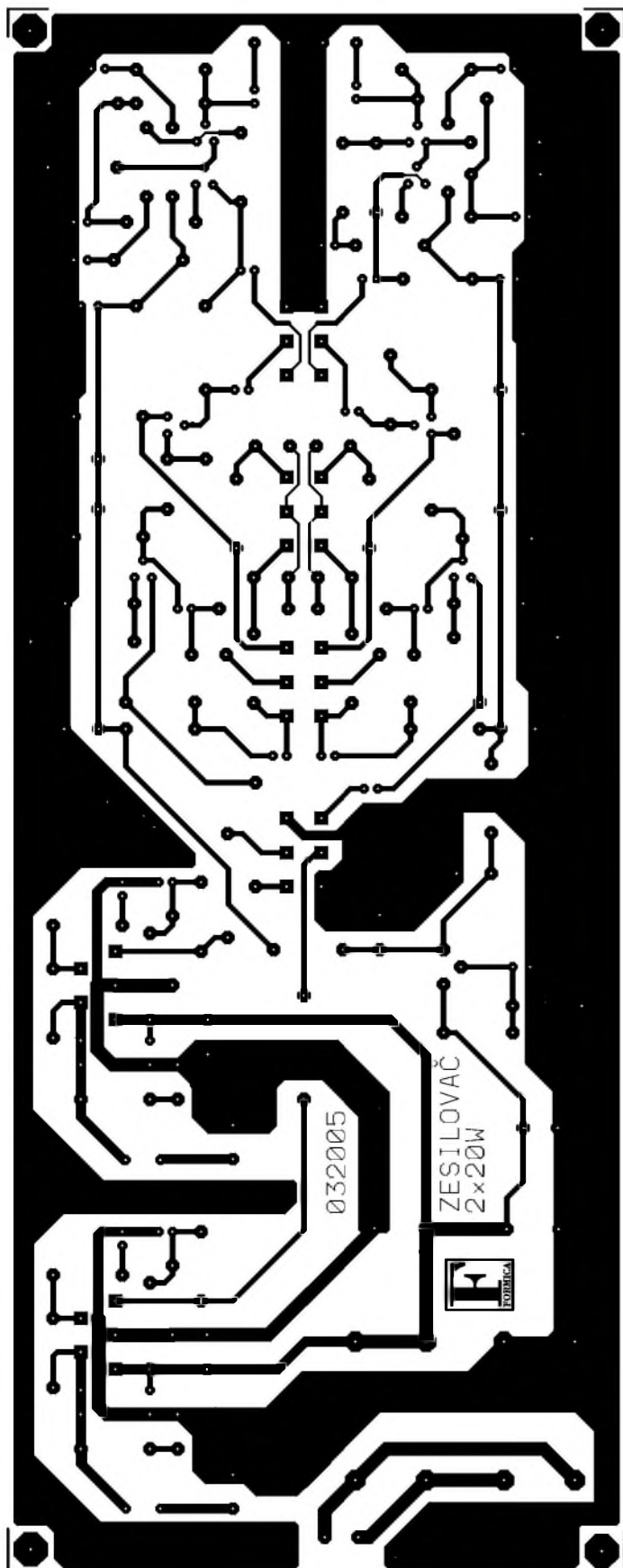
Z výkonového zesilovače je nf signál vyveden přes oddělovací kondenzátor C17 na výstupní svorkovnici P6.

K zesilovači připojujeme reproduktorovou soustavu o jmenovité impedanci 4 Ω. Při této doporučené impedanci a napájecím napětí 25 V je dosažitelný sinusový výkon v každém kanálu minimálně 20 W (na referenčním kmitočtu 1 kHz) při intermodulačním zkreslení menším než 0,2 %.

Můžeme použít i reproduktorovou soustavu o impedanci 8 Ω, v tom případě se však sinusový výkon zmenší asi o 40 %, tj. asi na 12 W.

Celý zesilovač je napájen asymetricky napětím +23 až +30 V ze síťového zdroje.

Síťový transformátor není součástí desky zesilovače. Transformátor má mít sekundární napětí 15 až 22 V a měl by být dimenzován na výkon alespoň 60 VA. Může být navinut na jakémkoliv jádru (EI, M, C nebo i toroidním).



Obr. 62. Obrazec spojů stereofonního zesilovače s TDA2030 (měř.: 1 : 1)

Sekundární napětí z transformátoru je přiváděno do zesilovače přes vnější tavnou pojistkou 2 A na svorkovnici P8.

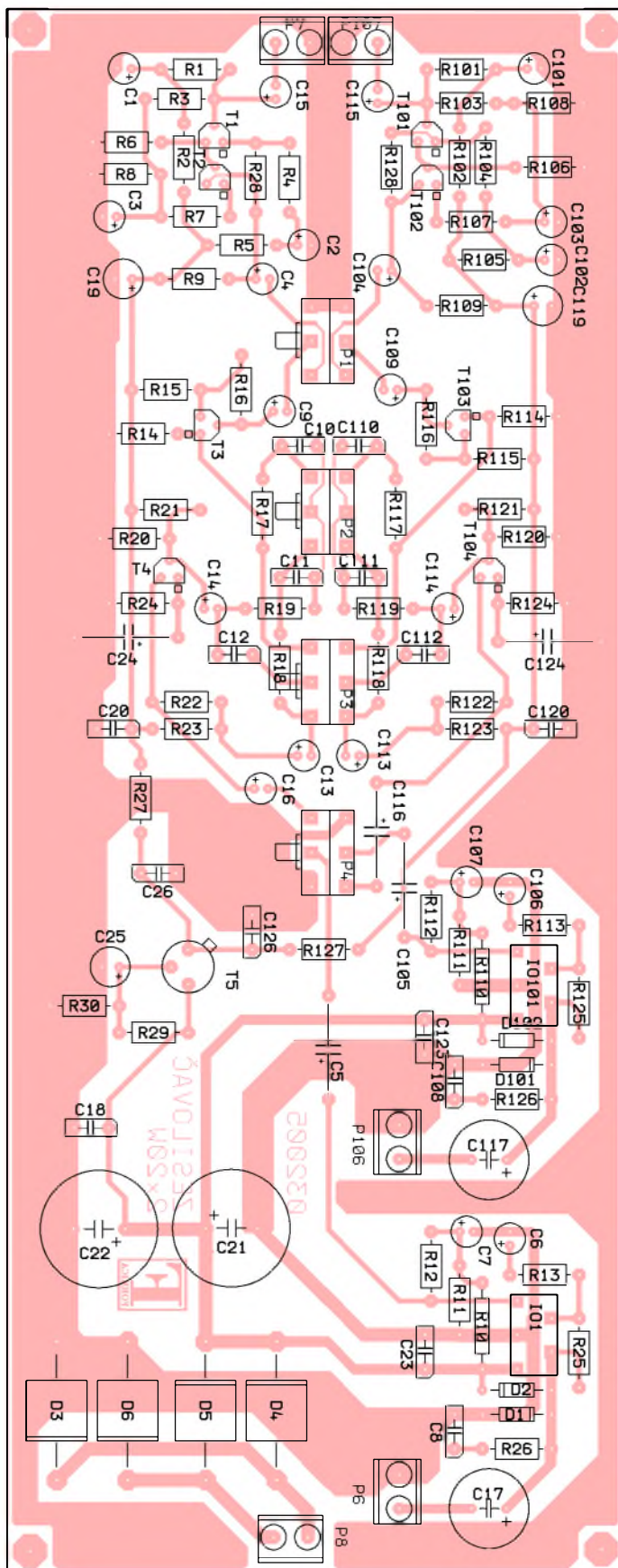
Střídavé napětí z transformátoru je dvoucestně usměrňováno můstkem z diod D3, D4, D5 a D6 a filtrováno kon-

denzátoři C18 a C21, C22. Ss napětím +23 až +30 V z C21, C22 jsou napájeny výkonové zesilovače IO1 a IO101.

Tranzistorové zesilovací stupně jsou napájeny přes filtr s násobičem kapacity s tranzistorem T5. Výstupní

napětí z násobiče kapacity by mělo být asi +15 V. Toto napětí se nastaví úpravou odporu rezistoru R29.

V kladné napájecí větvi jsou zapojeny nezbytné kondenzátory C19, C20 a C26 a rezistor R27.



Obr. 63. Rozmístění součástek na desce stereofonního zesilovače s TDA2030

Konstrukce

Stereofonní zesilovač s TDA2030 je postaven z vývodových součástek na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojí je na obr. 62, rozmístění součástek na desce je na obr. 63.

Použité rezistory jsou běžné miniaturní metalizované s tolerancí 1 %.

Výkonové zesilovače IO1 a IO101 doporučuji připevnit izolovaně na chladič. Jako izolaci použijeme slídovou podložku namáznutou tenkou vrstvou tepelně vodivé pasty (silikonovou vazelinou).

Hliníkový chladič je běžného provedení, tj. se žebry jen z jedné strany. Lze použít známý typ ZH610 nebo profesionální chladič od firmy Fischer (katalog GM, GES apod.).

Stavba zesilovače nemá žádné zásluhnosti a při použití proměřených součástek a desky se zkontrolovanými plošnými spoji bude zesilovač „šlapat“ na první zapojení.

Zapojený zesilovač oživíme. Na vycházovacích kondenzátorech C21 a C22 by mělo být napájecí napětí +20 až +30 V. Na výstupech 4 IO1 a 4 IO101 byste měli naměřit +10 až +15 V. Klidový proud výkonových zesilovačů by měl být 25 až 40 mA v každém kanále. Odporem rezistoru R29 nastavíme napětí +15 V na výstupu násobiče kapacity (na emitoru T5).

Dále nastavíme rezistorem R3 napětí +7 až +8 V na kolektoru T2, rezistorem R16 napětí +7 až +8 V na emitoru T3 a rezistorem R21 napětí +9 až +10 V na kolektoru T4. Obdobně nastavíme stejná napětí i v pravém kanále. Při použití předepsaných součástek nebylo nutné odpory těchto rezistorů vůči schématu měnit.

Nahradíme-li IO1 a IO101 výkonnějším typem TDA2040 a zvětšíme-li napájecí napětí až na 40 V, lze dosáhnout sinusového výkonu až 30 W v každém kanálu. V tom případě musí transformátor poskytovat 27 V/90 VA a kondenzátory C21 a C22 musí být dimenzovány na napětí 50 V.

Protože pro poslech v garáži nebo v dílně stačí bohatě výkon okolo 5 W, má zesilovač s obvody TDA2030 dostatečnou výkonovou rezervu a obvody TDA2040 jsem nepoužil.

Seznam součástek

R1, R101	150 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R2, R102	33 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R3, R5,	
R103, R105	120 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R4, R104	220 Ω /1 %/0,5 W, metal.
R6, R20,	
R106, R120	47 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R7, R107	150 Ω /1 %/0,5 W, metal.
R8, R108	1 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R9, R17, R18,	
R109, R117,	
R118	3,9 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R10, R11,	
R12, R110,	
R111, R112	100 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R13	4,7 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R14, R114	3,3 k Ω /1 %/0,5 W, metal.

R15, R115	560 Ω /1 %/0,5 W, metal.
R16, R116	680 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R19, R119	5,6 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R21, R121	180 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R22, R122	2,7 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R23, R29,	
R123	1,5 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R24, R124	1,8 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R25, R125	150 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R26, R126	2,2 Ω /1 %/0,5 W, metal.
R27, R127	100 Ω /1 %/0,5 W, metal.
R28, R128	10 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R30	10 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R113	4,7 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
P1	50 k Ω /G, tandemový log. potenciometr PC16SL
P2	50 k Ω /N, tandemový lin. potenciometr PC16SL
P3	25 k Ω /N, tandemový lin. potenciometr PC16SL
P4	10 k Ω /N, tandemový lin. potenciometr PC16SL
C1, C2, C3,	
C101, C102,	
C103	47 μ F/16 V, radiální
C4, C9,	
C104, C109	10 μ F/16 V, radiální
C5, C105	2,2 μ F/63 V, axiální
C6, C13,	
C15, C106,	
C113, C115	4,7 μ F/16 V, radiální
C7, C107	22 μ F/25 V, radiální
C8, C20, C26,	
C108, C120,	
C123, C126	100 nF, TK744
C10, C11,	
C110, C111	100 nF, TC350
C12, C112	6,8 nF, TC351
C14, C114	10 μ F/16 V, radiální
C16	2,2 μ F/16 V, radiální
C17, C117	2200 μ F/16 V, radiální
C18, C23	100 nF, TK754
C19, C119	220 μ F/16 V, radiální
C21, C22	4700 μ F/35 V, radiální
C24, C124	47 μ F/25 V, axiální
C25	100 μ F/16 V, radiální
C116	2,2 μ F/63 V, axiální
D1, D2,	
D101, D102	1N4001
D3, D4,	
D5, D6	P600D
T1, T101	KC309F
T2, T3,	
T102, T103	KC239
T4, T104	KC237
T5	KF507
IO1, IO101	TDA2030
P6, P7, P8,	
P106, P107	ARK500/2, svorkovnice

17. Zesilovač 2x 15 W s obvodem TDA4292

Pro konstruktéry, kteří si oblíbili ovládání korekčního obvodu ss napětím, jsem spojil výhodné vlastnosti IO TDA4290 a koncového stupně s doplňkovými křemíkovými tranzistory. Tak vznikl velice zajímavý kompaktní zesilovač, který vyžaduje ke své dobré činnosti jen připojit na vstupní svorkovnici potřebné napájecí napětí. Schéma tohoto zesilovače je na obr. 64.

Popis funkce

Pro zjednodušení si opět popíšeme jen levý kanál. Pravý kanál je zapojen shodně, odpovídající součástky mají čísla o stovku vyšší.

Vstupní korekční zesilovač s OZ TL072 (U1) a korekčním obvodem TDA4292 (IO1) se zcela shoduje s korekčním zesilovačem popsáným v kapitole 13 na str. 23, a proto jeho funkce nebudeme znovu popisovat.

Výkonový zesilovač je osazen čtyřmi křemíkovými tranzistory a je zapojen klasicky s koncovým stupněm s doplňkovými tranzistory T6 a T7. Budič s tranzistorem T5 pracuje ve třídě A, což přispívá k ochraně koncových tranzistorů při jejich přetížení. Zvětšení rozkmitu napětí na kolektoru T5 je dosaženo proudovou pumpou (tzv. bootstrapem), tvořenou děličem napětí s rezistory R21 a R22 a kondenzátorem C14. Předzesilovací stupeň je od budiče stejnosměrně oddělen a je osazen tranzistorem T4. Napěťové zesílení výkonového zesilovače je určeno poměrem odporů rezistorů R24 a R19 a je asi 25. Článek R25 a C17 zabraňuje rozkmitání zesilovače v nadakustickém pásmu. Klidový proud koncových tranzistorů je stabilizován emitorovými rezistory R27 a R28.

Výstupní nf signál je vyveden na výstupní svorkovnici RE1 a z ní přes vnější konektor do reproduktorové soustavy o impedanci 4 Ω .

Celý zesilovač je napájen asymetricky napětím 25 až 35 V/2 A, které se přivádí přes svorkovnici P6.

Zesilovač má při napájecím napětí 30 V a zatěžovací impedanci 4 Ω sinusový výkon 2x 15 W při činiteli harmonického zkreslení menším než 0,2 %. Zvlnění kmitočtové charakteristiky (při neutrálních korekcích) je v akustickém pásmu menší než 0,5 dB.

Konstrukce a nastavení

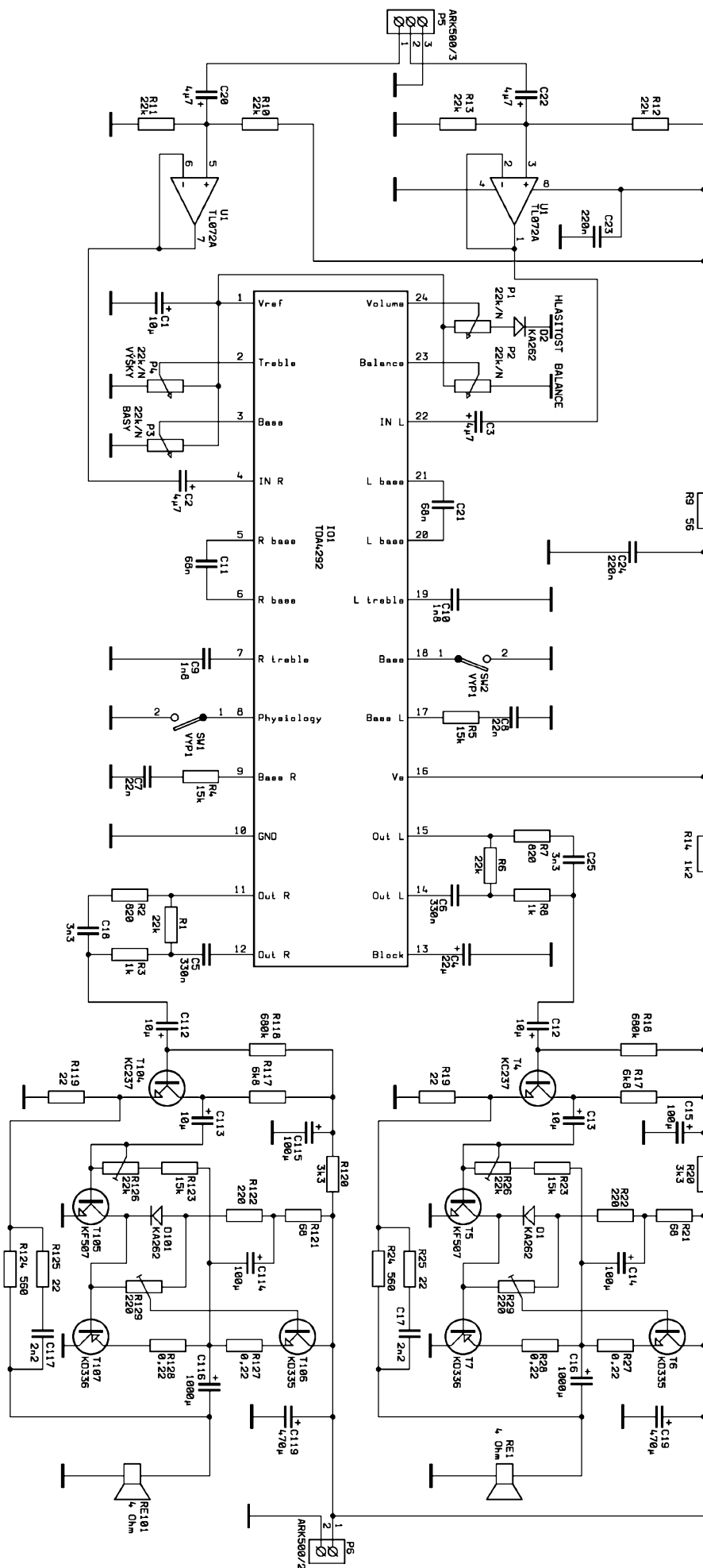
Zesilovač 2x 15 W je zkonstruován z vývodových součástek na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojí je na obr. 65, rozmístění součástek na desce je na obr. 66.

Všechny součástky jsou běžně dostupné na trhu. Rezistory jsou miniaturní na zatížení 0,6 W s tolerancí 1 %, kondenzátory v korektoru jsou vybírané s tolerancí 5 %. Na tranzistor T5 nasadíte malý hliníkový chladič (především při napájecím napětí větším než 25 V). Pro IO1 doporučuji použít objímku.

Výkonové tranzistory T6, T7, T106 a T107 izolovaně namontujte na hliníkový úhelník o tloušťce materiálu alespoň 3 mm, ke kterému vně desky přišroubujete dostatečně dimenzovaný žebrovaný chladič (s tepelným odporem menším než 1 $^{\circ}$ C/W). Všechny tepelné přechody ošetřete tepelně vodivou pastou.

Před montáží doporučuji zkontrolovat plošné spoje a alespoň staticky proměřit pasivní doučásky.

Po zapájení součástek vytočíme běžec potenciometru P1 do levé krajní polohy a u ostatních potenciometrů nastavím běžce do střední polohy. Při-



Obr. 64. Zesilovač 2x 15 W s obvodem TDA4292

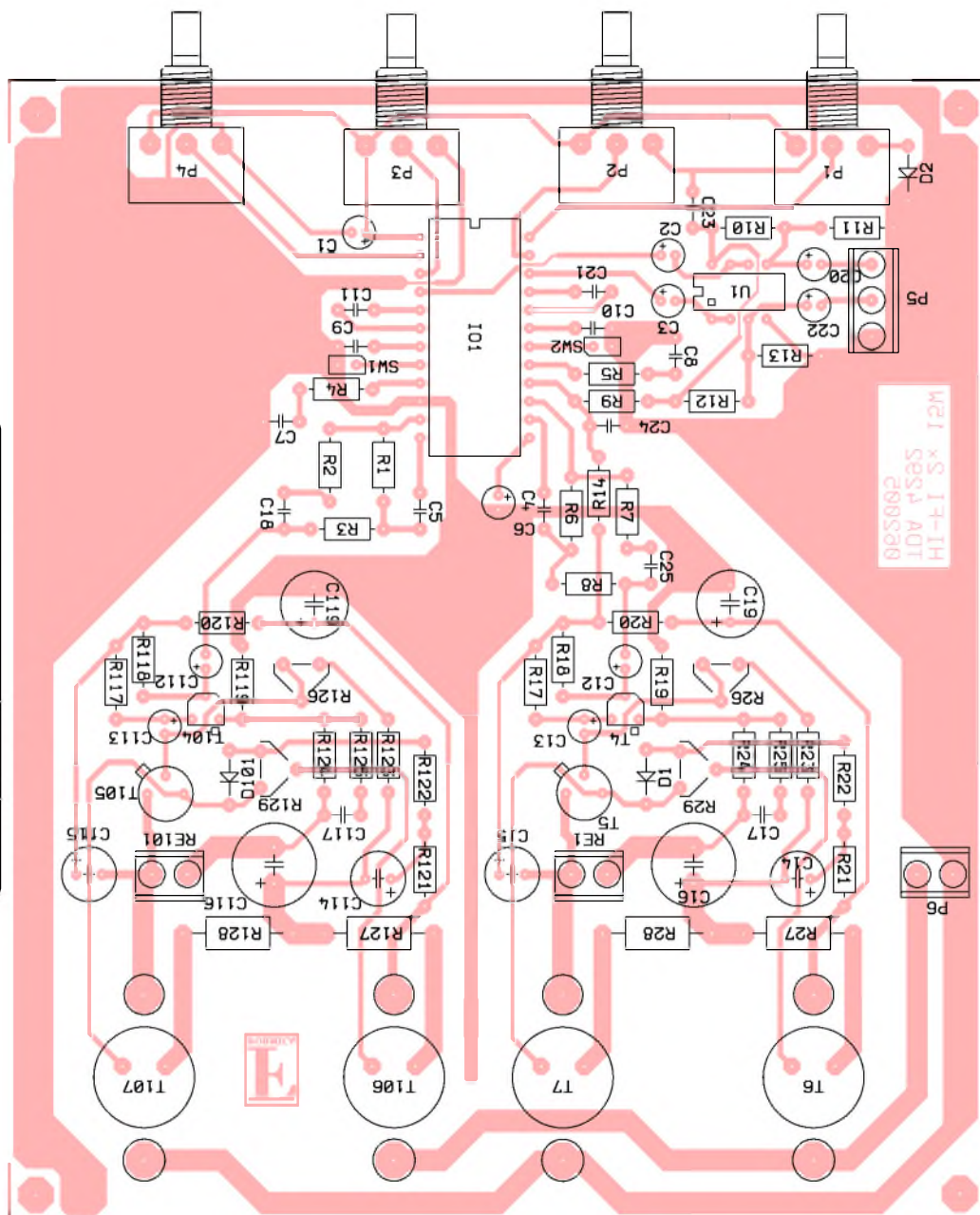
pojíme napájecí napětí a trimrem R29 nastavíme klidový proud koncových tranzistorů 20 mA. Dále nastavíme trimr R26 tak, aby na kladném pólu kondenzátoru C16 byla polovina napájecího napětí. Případnou úpravou odporu rezistoru R18 lze též nastavit polovinu napájecího napětí na kolektoru T4.

Po oživení a nastavení výkonového zesilovače můžeme zkontrolovat korekční zesilovač. Změříme napětí na vývodu 16 IO1. Pokud nebude v rozmezí 12 až 15 V, upravíme odpor rezistoru R14. Zkontrolujeme také klidový napájecí proud korekčního zesilovače, který by se měl být 20 až 30 mA. Můžeme ještě zkontrolovat osciloskopem, zda korekční zesilovač nekmitá v nadakustickém pásmu. Pokud by kmital, připájejte ze strany spojů mezi běžce potenciometrů P1 až P4 a zem keramické kondenzátory o kapacitě 47 až 220 nF.

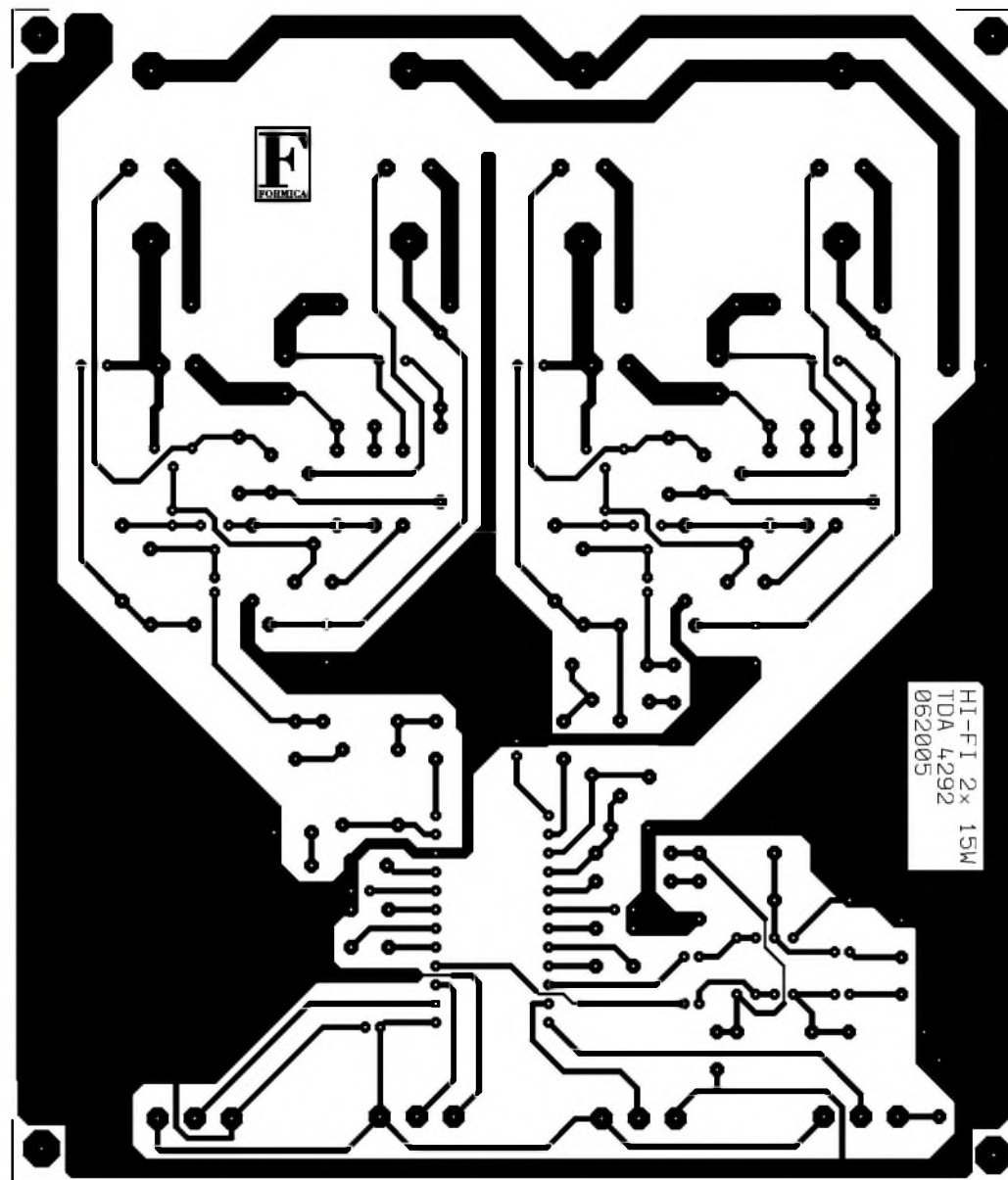
Nakonec zesilovač vyzkoušíme prakticky, tj. poslechem hudby.

Seznam součástek

R1, R6,	
R10, R11,	
R12, R13	22 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R2, R7	820 Ω/1 %/0,5 W, metal.
R3, R8	1 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R4, R5,	
R23, R123	15 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R9	56 Ω/1 %/0,5 W, metal.
R14	1,2 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R17, R117	6,8 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R18, R118	680 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R19, R25,	
R119, R125	22 Ω/1 %/0,5 W, metal.
R20, R120	3,3 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R21, R121	68 Ω/1 %/0,5 W, metal.
R22, R122	220 Ω/1 %/0,5 W, metal.
R24, R124	560 Ω/1 %/0,5 W, metal.
R26, R126	22 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R27, R28,	
R127, R128	0,22 Ω/1 W
R29, R129	220 Ω/1 %/0,5 W, metal.
P1, P2,	
P3, P4	22 kΩ/N, lineární potenciometr TP160A
C1, C12, C13,	
C112, C113	10 μF/16 V, radiální
C2, C3,	
C20, C22	4,7 μF/25 V, radiální
C4	22 μF/25 V, radiální
C5, C6	330 nF, TC350
C7, C8	22 nF, TC350
C9, C10	1,8 nF, TC352
C11, C21	68 nF, TC351
C14, C15,	
C114, C115	100 μF/35 V, radiální
C16, C116	1000 μF/16 V, radiální
C17, C117	2,2 nF, keramický
C18, C25	3,3 nF, TC352
C19, C119	470 μF/35 V, radiální
C23, C24	220 nF, keramický
D1, D2, D101	KA262
T4, T104	KC237
T5, T105	KF507
T6, T106	KD335
T7, T107	KD336
IO1	TDA4292
P5	ARK500/3, svorkovnice
P6	ARK500/2, svorkovnice
RE1, RE101	ARK500/2, svorkovnice
SW1, SW2	spínač, jednopólový



Obr. 66. Rozmístění součástek na desce zesilovače 2x 15 W s obvodem TDA4292



Obr. 65. Obrazec spojů zesilovače 2x 15 W s obvodem TDA4292 (měř.: 1 : 1)

Měřicí a zábavná elektronika

18. Tónový generátor

Jednoduchý a funkčně spolehlivý generátor sinusového signálu patří do základního vybavení pracovišť, zabývajících se řešením obvodů v elektronice.

Pro běžnou práci postačí ke kontrole a seřizování akustických zařízení tónový generátor, který poskytuje sinusový signál v rozmezí kmitočtů 100 Hz až 10 kHz.

Nf sinusový signál se nejčastěji generuje oscilátorem s Wienovým článkem. Použijeme-li v oscilátoru jako aktivní prvek operační zesilovač (OZ), lze pásmo 100 Hz až 10 kHz obsáhnout v jediném rozsahu.

Dále jsou popsány dvě varianty tónového generátoru s Wienovým článkem a OZ. Obě varianty se od sebe liší jen nepatrně.

Rozdíl je pouze v obrazech plošných spojů, spoje první varianty jsou navrženy pro OZ IO1 v pouzdru DIP8, spoje druhé varianty jsou navrženy pro OZ IO1 v kovovém kulatém pouzdru.

Druhá varianta má také navíc na výstupu odporový attenuátor, který umožňuje zeslabit výstupní signál 10x.

Popis funkce

Schéma složitější druhé varianty tónového generátoru je na obr. 67.

Základem generátoru je nf oscilátor s Wienovým článkem. Jako aktivní prvek je v oscilátoru použit OZ (IO1). Byl vybrán OZ typu MAC155 s tranzistory J-FET na vstupu, který má téměř nekonečný vstupní odpor. To umožnilo navrhnout Wienův článek s velkou impedancí a tak dosáhnout požadované přeladitelnosti 100 Hz až 10 kHz.

Proudová zatížitelnost výstupu OZ je zvětšena stejnosměrně navázaným zesilovačem proudu s jednotkovým zesílením napětí. Zesilovač je zapojen jako dvojitý emitorový sledovač s doplňkovými tranzistory T1 (NPN) a T2

(PNP). Tranzistory získávají předpětí z děliče s rezistory R6, R7 a diodami D1 a D2. Klidový proud tranzistorů je stabilizován místní zápornou zpětnou vazbou zavedenou emitorovými rezistory R8 a R9.

Kmitočet oscilátoru je určen Wienovým článkem se součástkami P1, R3, R4, C1 a C2, který je zapojen v obvodu kladné zpětné vazby OZ.

Wienův článek je selektivní obvod RC s charakterem pásmové propusti, který má největší přenos (o velikosti 1/3) na svém „rezonančním“ kmitočtu f_0 . Kmitočet f_0 je dán vztahem:

$$f_0 = 1/(2 \cdot \pi \cdot R \cdot C) \quad [\text{Hz}; \Omega, \text{F}],$$

kde R je odpor sériové kombinace součástek P1 a R3, resp. P1 a R4, a C je kapacita kondenzátoru C1, resp. C2.

Oscilátor se rozkmitá právě na tomto „rezonančním“ kmitočtu f_0 . Tandemovým potenciometrem P1 lze kmitočet f_0 plynule přeladovat od 95 Hz až do 11 kHz. Rezistory R3 a R4 omezují rozsah přeladění.

Potenciometr P1 musí mít logaritmický průběh odporové dráhy a souběh 3 dB. Pokud bychom použili lineární potenciometr, stupnice by byla u vysokých kmitočtů velmi zhuštěná a tyto kmitočty by nebylo možné přesně naladit.

Aby oscilátor kmital sinusově, musí být doplněn lineárním obvodem pro stabilizaci amplitudy kmitů.

V popisovaném generátoru je amplituda kmitů stabilizována proměnným odporovým děličem se součástkami Z1, R1 a R2 zapojenými v obvodu záporné zpětné vazby OZ. Dělič je navržen tak, aby jeho dělicí poměr byl nepřímě úměrný amplitudě kmitů na výstupu OZ. Při vzrůstající amplitudě kmitů se dělicí poměr a tím i celkové zesílení OZ zmenšují a kmitů se pak ustálí na takové úrovni, při které je zesílení OZ rovno útlumu Wienova článku.

Požadované závislosti dělicího poměru na amplitudě kmitů je dosaženo tím, že dělič obsahuje žárovku Z1. Vláknová žárovka se při vzrůstající amplitudě kmitů rozžhává a zvětšuje svůj odpor, čímž se dělicí poměr zmenšuje. Je známo, že odpor wolframového vlákna žárovky se při nažhávování ze studeného do žhavého stavu mění více než 10x. V naší aplikaci využíváme stavu právě před rozžháním vlákna, kdy je závislost odporu na teplotě vlákna nejstrmější.

Ke stabilizaci amplitudy kmitů lze použít i jinou součástku s proměnným odporem, např. termistor nebo tranzistor FET. Při experimentování se však ukázalo, že nevhodnější je klasická telefonní žárovka s provozním napětím 6 V a proudem 50 mA.

Sinusový signál je z oscilátoru vyveden přes potenciometr P2 pro ovládání úrovně signálu na výstupní svorkovnici U1. Výstupní signál má amplitudu maximálně 2,5 V a zkreslení nejvýše 0,2 % v celém přeladitelném kmitočtovém rozsahu. K běžci P2 je ještě připojen odporový dělič (atenuátor) s rezistory R10, R11, kterým je výstupní signál zeslabován 10x.

Generátor je napájen stabilizovaným symetrickým napětím ± 5 V získávaným z vnitřního síťového zdroje.

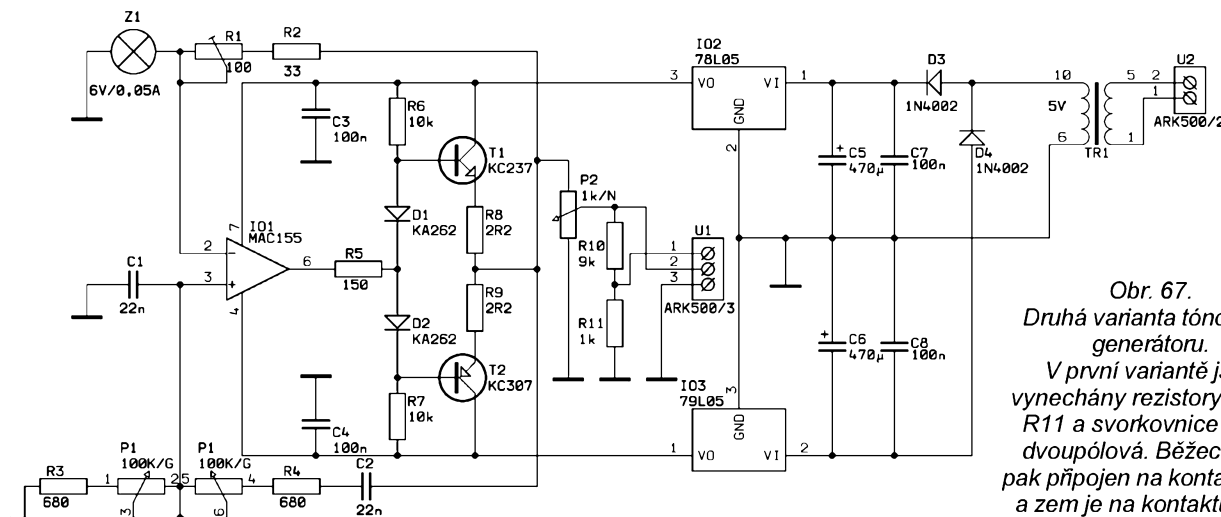
Sekundární napětí ze síťového transformátoru TR1 je symetricky usměrňováno dvěma jenocestnými usměrňovači s diodami D3 a D4, vyhlazováno kondenzátory C5 a C6, vysokofrekvenčně filtrováno keramickými kondenzátory C7 a C8 a stabilizováno dvěma stabilizátory 78L05 (IO2) a 79L05 (IO3).

Konstrukce

Tónový generátor je zkonstruován z vývodových součástek na desce s jednostrannými plošnými spoji.

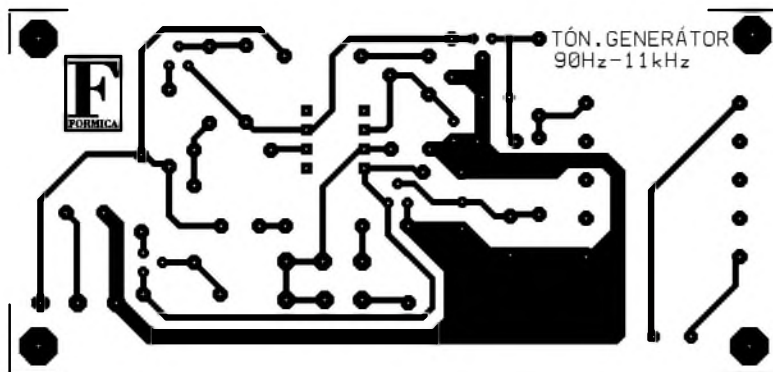
Obrazec spojů a rozmístění součástek na desce první varianty generátoru je na obr. 68 a obr. 69. První varianta je pro ty konstruktéry, kteří si seženou OZ IO1 v pouzdru DIP8 a nepotřebují na výstupu attenuátor 1 : 10.

Obrazec spojů a rozmístění součástek na desce druhé varianty ge-

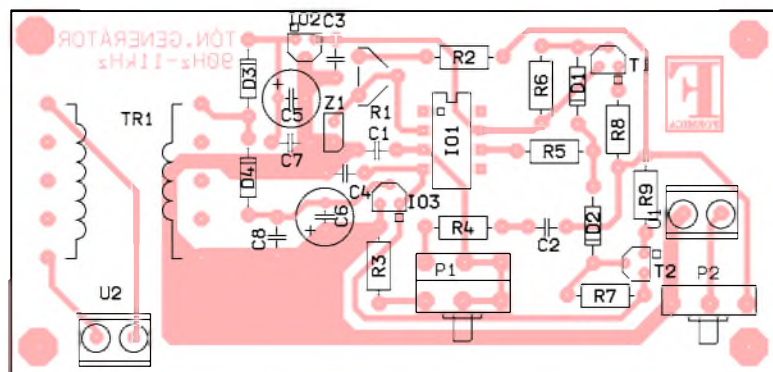


Obr. 67.
Druhá varianta tónového generátoru.

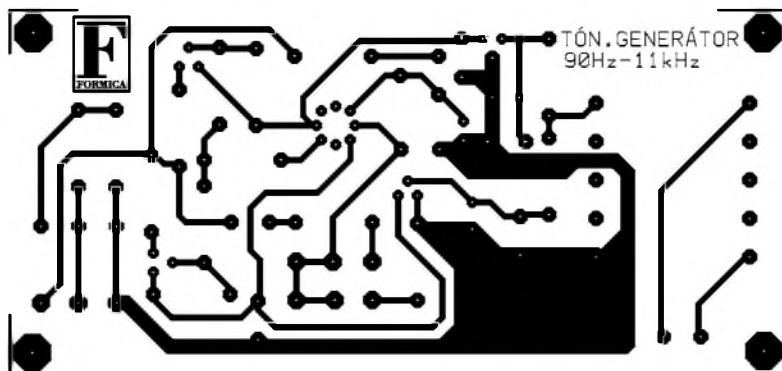
V první variantě jsou vynechány rezistory R10 a R11 a svorkovnice U1 je dvoupólová. Běžec P2 je pak připojen na kontakt 2 U1 a zem je na kontaktu 1 U1



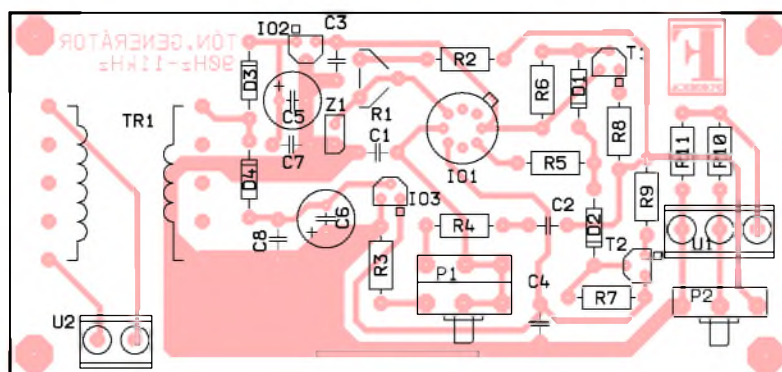
Obr. 68. Obrazec spojů 1. varianty tónového generátoru (měř.: 1 : 1)



Obr. 69. Rozmístění součástek na desce 1. varianty tónového generátoru



Obr. 70. Obrazec spojů 2. varianty tónového generátoru (měř.: 1 : 1)



Obr. 71. Rozmístění součástek na desce 2. varianty tónového generátoru

nerátoru je na obr. 70 a obr. 71. Tato varianta je určena pro ty, kteří mají OZ IO1 v kovovém pouzdru a požadují k jemnějšímu nastavení výstupní úrovně sinusového signálu odporový attenuátor 1 : 10.

OZ předepsaného typu MAC155 je možné nahradit podobnými OZ typu LF355, LF356 nebo TL071.

Sestavení a oživení tónového generátoru nečiní žádné problémy, přístroj funguje na první zapojení.

Seznam součástek

R1	100 Ω , trimr TP011
R2	33 Ω /1 %/0,5 W, metal.
R3, R4	680 Ω /1 %/0,5 W, metal.
R5	150 Ω /1 %/0,5 W, metal.
R6, R7	10 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R8, R9	2,2 Ω /1 %/0,5 W, metal.
R10	9 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R11	1 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
P1	100 k Ω /G, tandem. log. potenciometr TP169
P2	1 k Ω /N, jednoduchý lin. potenciometr TP160A
C1, C2	22 nF/5 %, TC351
C3, C4, C7, C8	100 nF, keramický
C5, C6	470 μ F/16 V, radiální
D1, D2	KA262
D3, D4	1N4002
T1	KC237
T2	KC307
IO1	MAC155
IO2	78L05
IO3	79L05
Z1	telefonní žárovka 6 V/0,05 A
TR1	síťový transformátor 230 V/5 V/2 VA
U1	ARK500/3, svorkovnice
U2	ARK500/2, svorkovnice

19. Analogový měřič kmitočtu

K náročnějšímu proměřování svých konstrukcí potřebujeme v amatérské laboratoři dostatečně přesný měřič kmitočtu. Pokud si netroufneme na digitální čítač, můžeme si zhotovit analogový přístroj.

Popis funkce

Schéma jednoduchého analogového měřiče kmitočtu, který pracuje ve čtyřech rozsazích od 10 Hz do 100 kHz s přesností okolo 0,5 %, je na obr. 72. Signál, jehož kmitočet je měřen, ani nemusí mít sinusový průběh. Minimální efektivní napětí měřeného signálu musí být 100 mV.

Měřič je napájen stabilizovaným napětím 12 V z vlastního síťového zdroje. Síťový transformátor TR1 s vývody do plošných spojů je umístěn na desce měřiče, čímž je zaručena kompaktnost měřiče a bezproblémovost jeho ožívání.

Síťové napětí je připojeno přes svorkovnici U1 na primární vinutí síťového transformátoru TR1. Střídavé napětí ze sekundárního vinutí je usměrňováno můstkem s diodami D1 až D4 a vyhlazováno kondenzátorem C1. Všechna napětí jsou filtrována keramickými kondenzátory C2 a C11. Usměrněné napětí z kondenzátoru C1 je upravováno třísvorkovým stabilizátorem 78L12 (IO1) na stabilizované napájecí napětí +12 V.

Signál, jehož kmitočet měříme, je přiváděn na vstupní svorkovnici U2. Z ní je veden přes oddělovací kondenzátor

C3 do omezovače s tranzistorem T1. Dioda D12 ořezává záporné špičky měřeného signálu, čímž se dosahuje

symetrického omezování. Optimální pracovní režim omezovače se nastává trimrem R5.

Na omezovač je stejnosměrně nánážen Schmittův klopný obvod s tranzistory T2 a T3.

Signálem pravoúhlého průběhu ze Schmittova klopného obvodu se budi bistabilní klopný obvod s tranzistory T4 a T5, který pracuje jako dělička dvěma a upravuje střihu měřeného signálu na 1 : 1.

Signál z klopného obvodu se zesiluje v komplementárním spinacím stupni s tranzistory T6 a T7 (T7 je zapojen jako zdroj proudu). Kladné impulsy na kolektoru tranzistoru T6 se ořezávají na konstantní velikost 6 V Zenerovou diodou D9.

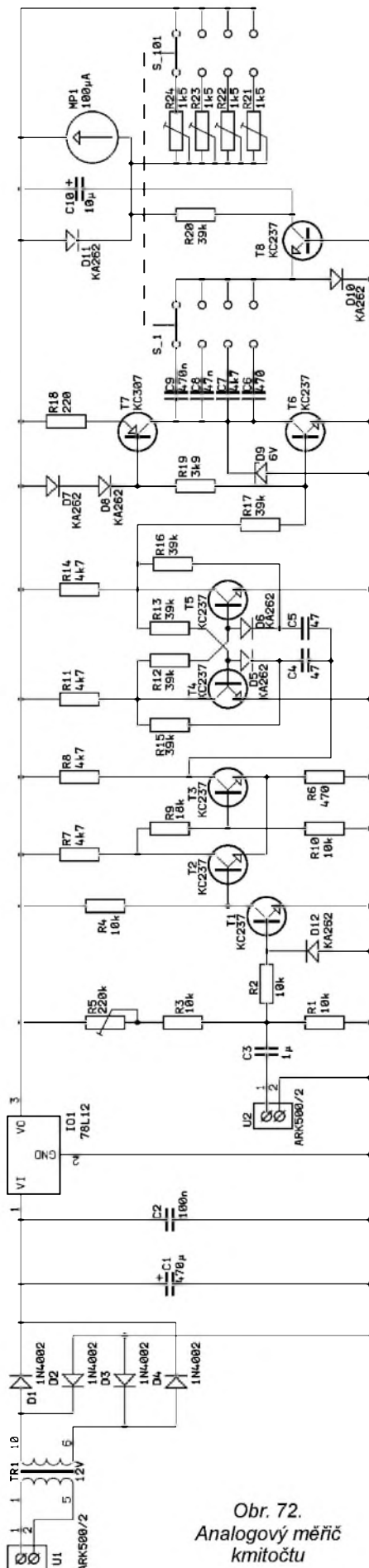
Vytvarovaný pravoúhlý signál je nakonec zpracováván obvodem s tranzistorem T8, který přechrání náboj z jednoho ze zvolených kondenzátorů C6 až C9 do kondenzátoru C10.

Volbou kondenzátorů C6 až C9 se přepínají rozsahy měřeného kmitočtu. Kondenzátoru C9 odpovídá rozsah 10 až 100 Hz, kondenzátoru C8 rozsah 100 Hz až 1 kHz, kondenzátoru C7 rozsah 1 až 10 kHz a kondenzátoru C6 rozsah 10 až 100 kHz.

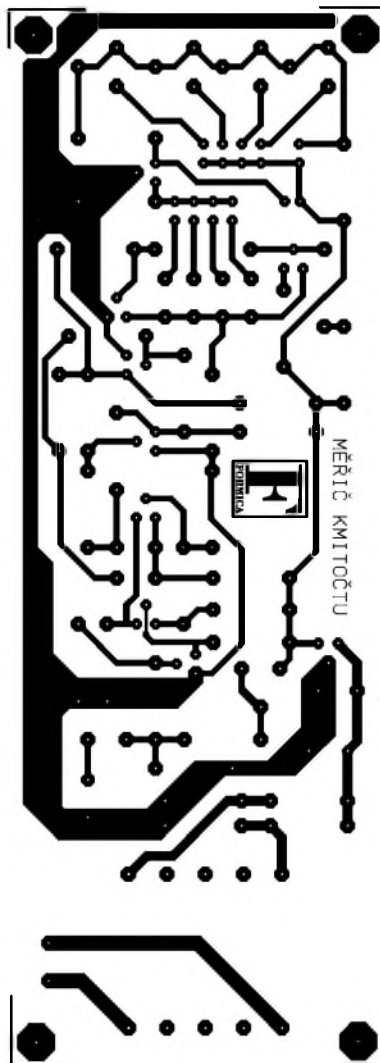
V jedné půlperiodě signálu, ve které je T6 vypnutý a má na svém kolektoru vysokou úroveň (+6 V), se kondenzátor C9 nabije proudem tekoucím přes T7. Nabíjený kondenzátor C9 má na svém levém vývodu napětí +6 V a na pravém vývodu napětí asi +0,7 V. Ve druhé půlperiodě signálu, ve které je T6 sepnutý, je levý vývod C9 spojen přes T6 se zemí a na pravém vývodu C9 je napětí asi -5,3 V. Tranzistor T8 díky tomu sepně a náboj z C9 se přes T8 přenesse do C10.

Kondenzátor C10 se vybíjí přes rezistor R20 a ručkové měřidlo MP1, jehož údaj je úměrný vybíjecímu proudu. Čím vyšší je kmitočet měřeného signálu, tím častěji se přenáší náboj z C9 do C10 a tím větší napětí je na C10. Většímu napětí na C10 odpovídá větší vybíjecí proud a tudíž i větší výchylka ručky měřidla MP1. Z toho vyplývá, že údaj měřidla je přímo úměrný měřenému kmitočtu a jeho stupnici můžeme ocejchovat přímo v Hz. Dioda D11 chrání měřidlo před přepětím.

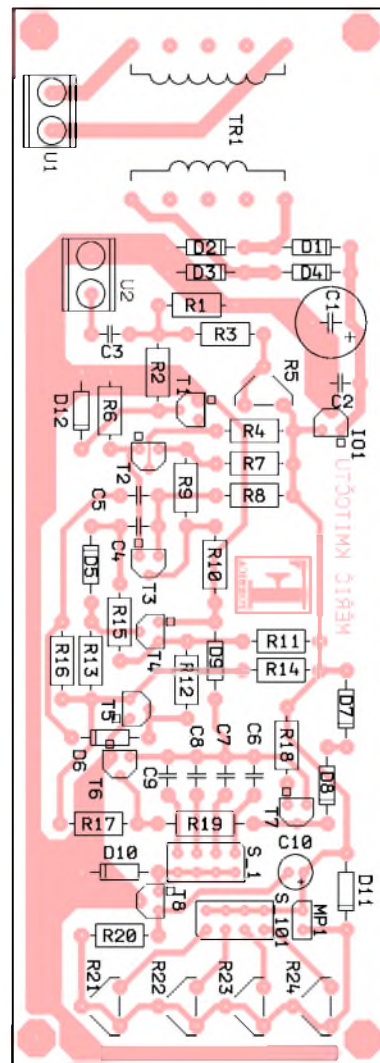
Jednotlivé rozsahy se kalibrují změnou citlivosti měřidla pomocí trimrů R21 až R24, které se připojují paralelně k měřidlu druhou sekcí přepínače rozsahů.



Obr. 72. Analogový měřič kmitočtu



Obr. 73. Obrazec spojů analogového měřiče kmitočtu (měř.: 1 : 1)



Obr. 74. Rozmístění součástek na desce analogového měřiče kmitočtu

Konstrukce

Měřič kmitočtu je zkonstruován z vývodových součástek na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrázec spojů je na obr. 73, rozmístění součástek na desce je na obr. 74.

Kondenzátory C6 až C9 vyberte s tolerancí kapacity 5 %, aby byla snadnější závěrečná kalibrace příslušných frekvenčních rozsahů.

Pokud se podaří případným zájemcům sehnat spínací tranzistory npn, např. KSY21 nebo KSY62, mohou je s úspěchem použít.

Konstrukce nemá žádné záludnosti a při dodržení základních zásad (kontrola součástek a plošných spojů) a při dobrém pájení funguje měřič na první zapojení.

Při uvádění měřiče do chodu je vhodné osciloskopem zkontrolovat průběhy vnitřních signálů, zejména ve Schmittově klopném obvodu a v bistabilním klopném obvodu.

Rozsahy měření zkalibruje pomocí tónového generátoru, jehož kmitočet kontrolujeme čítačem. Generátor nastavujeme na kmitočty 100 Hz, 1 kHz, 10 kHz a 100 kHz a příslušnými trimry R24 až R21 seřídíme na jednotlivých rozsazích plnou výchylku ručky měřidla.

Po vestavění desky do skříňky je nejlepší na vstupu měřiče použít konektor BNC a měřený signál přivádět osciloskopickou sondou.

Seznam součástek

R1, R2, R3,	
R4, R10	10 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R5	220 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R6	470 Ω/1 %/0,5 W, metal.
R7, R8,	
R11, R14	4,7 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R9	18 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R12, R13,	
R15, R16,	
R17, R20	39 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R18	220 Ω/1 %/0,5 W, metal.
R19	3,9 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R21, R22,	
R23, R24	1,5 kΩ, trimr TP011
C1	470 pF/25 V, radiální
C2	100 nF, keramický
C3	1 μF, TC350
C4, C5	47 pF, keramický
C6	470 pF, TC352
C7	4,7 nF, TC352
C8	47 nF, TC351
C9	470 nF, TC350
C10	10 μF/16 V, radiální
D1, D2,	
D3, D4	1N4002
D5, D6, D7,	
D8, D10,	
D11, D12	KA262
D9	BZX83V006.0 (Zenerova dioda 6,0 V/0,5 W)
T1, T2, T3,	
T4, T5,	
T6, T8	KC237
T7 1	KC307
IO1	78L12

MP1	ss mikroampérmetr 100 μA (MP80 nebo MP120 apod.)
TR1	síťový transformátor 230 V/12 V
S ₁ , S ₁₀₁	otočný přepínač, dvou- pólový, čtyřpolohový
U1, U2	ARK500/2, svorkovnice

20. Elektronická Zenerova dioda

Elektronickou Zenerovu diodu (ZD) s regulovatelným Zenerovým napětím používáme především k simulaci nabíjeného akumulátoru při zkoušení a ověřování činnosti všech druhů nabíječů. Elektronickou ZD připojíme na výstup nabíječe místo akumulátoru a její nastavené Zenerovo napětí představuje svorkové napětí simulovaného akumulátoru. Při změně Zenerova napětí pak můžeme sledovat, jak by nabíjecí proud závisel na svorkovém napětí akumulátoru.

Plynulá regulace Zenerova napětí je velmi důležitá pro testování tzv. inteligentních nabíječů, které mění nabíjecí proud podle stavu (tj. podle svorkového napětí) připojeného a nabíjeného akumulátoru.

Popis funkce

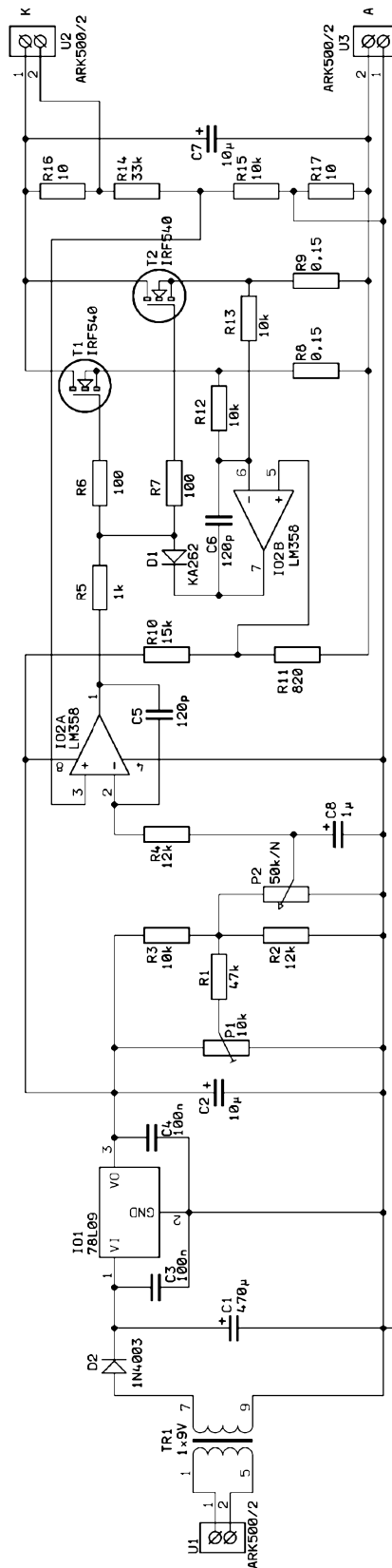
Schéma elektronické Zenerovy diody je na obr. 75. Její Zenerovo napětí lze regulovat v rozsahu 1 až 20 V a může jí protékat maximální proud asi 6 A. Součástí elektronické ZD je i elektronická pojistka, která ji chrání před překročením maximálního povoleného proudu.

Elektronická ZD je napájena vlastním síťovým zdrojem. Síťové napětí se přivádí přes napájecí svorkovnici U1 na síťový transformátor TR1. Sekundární střídavé napětí je jednocestně usměrňováno diodou D2, filtrováno kondenzátory C1 a C3 a stabilizováno trisvorkovým stabilizátorem 78L09 (IO1), který má na svém výstupu 3 IO1 napětí +9 V. Tímto napětím se napájejí veškeré obvody elektronické ZD. Aby stabilizátor nekmital, je zablokován kondenzátory C4 a C2.

K výstupu IO1 je rovněž připojen dělič napětí s rezistory R3 a R2, který poskytuje referenční napětí. Trimrem P1 společně lze jemně měnit velikost referenčního napětí a tím přesně nastavit maximální Zenerovo napětí U_Z.

Potenciometrem P2 lze plynule měnit velikost U_Z od 1 do 20 V. Kondenzátor C8 odstraňuje šelesty způsobené běžcem potenciometru P2 při jeho otáčení.

Referenční napětí z běžce potenciometru P2 je přiváděno přes rezistor R4 na invertující vstup operačního zesilovače (OZ) LM358 (IO2A). Na neinvertující vstup OZ IO2A je přes odporový dělič z rezistorů R14 a R15 přiváděno zpětnovazební napětí z výstupních svorek K (katoda) a A (anoda) elektronické



Obr. 75. Elektronická Zenerova dioda

ZD. Svým výstupem ovládá OZ IO2A dva tranzistory MOSFET T1 a T2, kterými protéká vnější proud ze svorky K do svorky A. Působením zpětné vazby udržuje OZ IO2A mezi svorkami K a A nastavené konstantní Zenerovo napětí, nezávislé na protékajícím proudu.

Aby nemohl protékající proud zničit tranzistory T1 a T2, je omezen elektronickou pojistkou s OZ IO2B na asi 6 A.

OZ IO2B porovnává úbytek napětí na bočnicích R8 a R9 (který je úměrný protékajícímu proudu) s referenčním napětím z děliče R10, R11. Když úbytek překročí velikost referenčního napětí, přivře OZ IO2B přes oddělovací diodu D1 oba tranzistory.

Kondenzátory C5, C6 upravují kmitočtovou charakteristiku OZ a zabraňují jejich kmitání. Kondenzátor C7 zlepšuje činnost elektronické ZD při rychlých změnách proudu.

Elektronická ZD má katodu K vyvedenou na svorku 1 svorkovnice U2 a anodu A na svorku 2 svorkovnice U3. Kromě toho mají katoda a anoda zvláštní tzv. napětové svorky (2 U2 a 1 U3), které umožňují připojit vnější zdroj (např. testovaný nabíječ) čtyřvodičově. Vodič ze svorky 1 U2 spojíme s vodičem ze svorky 2 U2 a vodič ze svorky 1 U3 s vodičem ze svorky 2 U3 až na svorkách vnějšího zdroje a tím dosáhneme, že se úbytek napětí na přívodních vodičích nepřičítá k Zenerovu napětí.

Konstrukce

Elektronická ZD je zkonstruována z vývodových součástek na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojů je na obr. 76., rozmístění součástek na desce je na obr. 77.

Při osazování a ožívování se nevyskytují žádné problémy.

K ožívování použijeme laboratorní zdroj s proměnným výstupním napětím do 30 V, který připojíme ke svorkám K a A elektronické Zenerovy diody přes rezistor 100 Ω /10 W. Nastavíme napětí zdroje na 30 V a voltmetrem ověřujeme napětí na svorkách K a A. Napětí se má měnit při otáčení potenciometrem P2 od 1 do 20 V. Změnou napětí zdroje lze ověřit stabilitu napětí na svorkách K a A při různých proudech a Zenerových napětích.

Obvod ochrany (omezení proudu) lze nastavit i na menší proud, a to zmenšením odporu rezistoru R11.

Knoflík ovládacího potenciometru P2 můžeme opatřit stupnicí, na níž vyznačíme Zenerovo napětí.

Nezapomeňte přimontovat výkonové tranzistory T1 a T2 na dostatečně dimenzovaný hliníkový žebrovaný chladič, který nesmí být vodivě spojen s kstrou zařízení (pokud výkonové tranzistory nejsou od chladiče izolovány).

Seznam součástek

R1	47 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R2, R4	12 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R3, R13,	
R15	10 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R5	1 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R6, R7	100 Ω /1 %/0,5 W, metal.
R8, R9	0,15 Ω /5 W

R10	15 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R11	820 Ω /1 %/0,5 W, metal.
R12	10 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R14	33 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R16, R17	10 Ω /1 %/0,5 W, metal.
P1	10 k Ω , trimr TP011
P2	50 k Ω /N, jednoduchý lin. potenciometr TP160A
C1	470 μ F/25 V, radiální
C2, C7	10 μ F/25 V, radiální
C3, C4	100 nF, keramický
C5, C6	120 pF, keramický
C8	1 μ F/50 V, radiální
D1	KA262 (KA206, 1N4148)
D2	1N4003
IO1	78L09 (78L10)
IO2	LM358
T1, T2	IRF540
TR1	síťový transformátor 230 V/9 V/2,6 VA
U1, U2, U3	ARK500/2, svorkovnice

21. Elektronický gong

Jednou jsem dostal za úkol udělat pro manželku elektronický zvonek, který by měl jiný zvuk než zvonek namontovaný u vchodových dveří do domu.

Tato změna zvuku měla signalizovat, že případná návštěva stojí před bránou a ne již u vchodu do domu. Po určitých experimentech jsem nakonec sestavil elektronický gong, který má dostatečnou intenzitu zvuku a originální tón.

Popis funkce

Schéma tohoto velice jednoduchého elektronického gongu je na obr. 78.

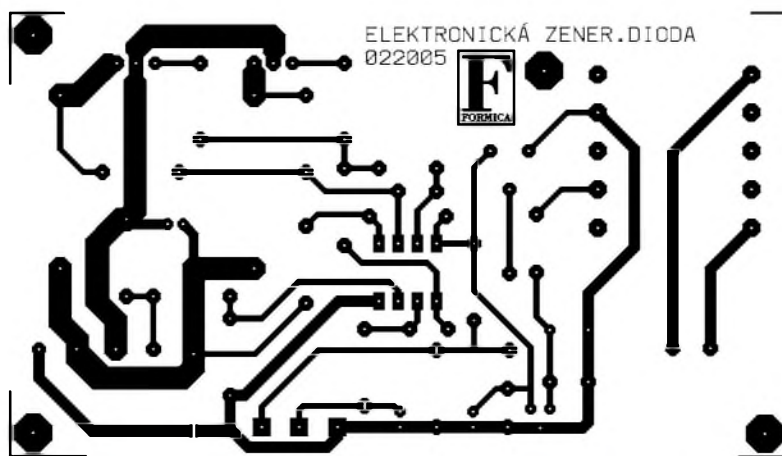
Gong je napájen ze sítě přes transformátor, který je připojen přímo na desce s plošnými spoji.

Střídavé napětí ze sekundárního vinutí transformátoru je usměrňováno diodovým můstkem (D1 až D4), filtrováno kondenzátory C5 a C6 a stabilizováno třísvorkovým stabilizátorem 7809 (IO3). Na výstupu stabilizátoru je napájecí napětí +9 V. Aby stabilizátor nekmital, je zablokován kondenzátory C7 a C8.

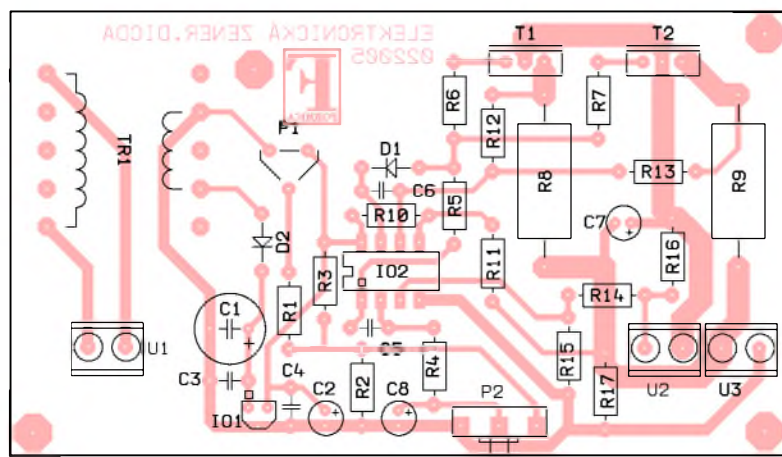
Elektrický signál zvuku gongu vzniká v operačním zesilovači LM741 (IO1), který má do svého invertujícího vstupu zapojen článek T s trimry R1, R2 a R3 a kondenzátory C1 a C2. Článek T tvoří kmitočtově závislou zpětnou vazbu, protože je druhým svým pólem připojen k výstupu IO1.

Z IO1 je signál přiváděn přes oddělovací kondenzátor C9 na trimr R5, kterým se nastavuje požadovaná síla zvuku.

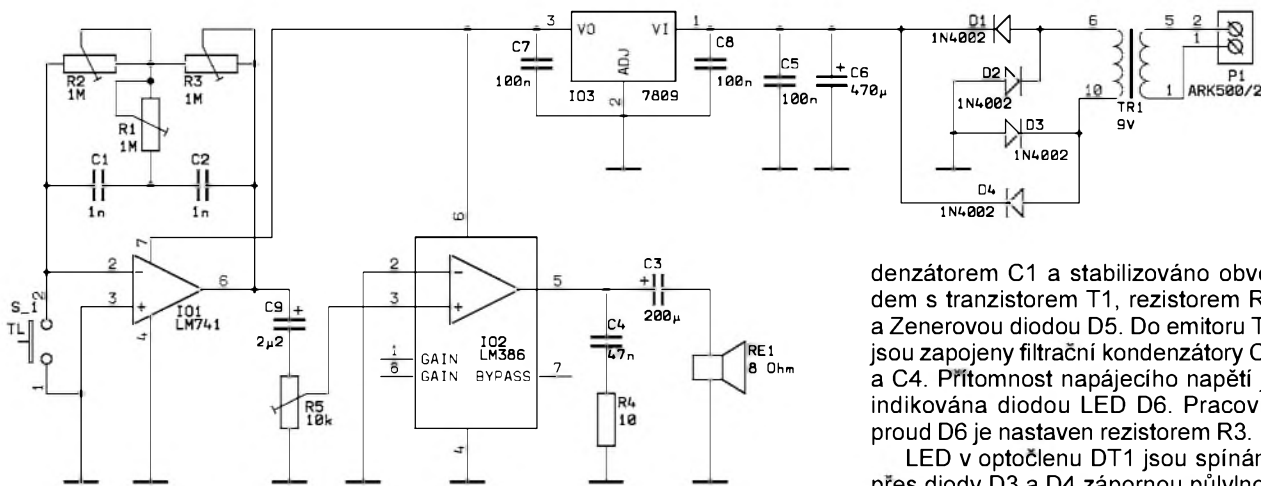
Z trimru R5 je signál veden do výkonového zesilovače LM386 (IO2). Obvod LM386 pracuje v doporučeném zapojení převzatém z katalogových listů výrobce a kromě Boucheroftova článku (tvořeného rezistorem R4 a kondenzátorem C4) a oddělovacího kondenzátoru C3 na výstupu ke své činnosti nic nepotřebuje.



Obr. 76. Obrazec spojů elektronické Zenerovy diody (měř.: 1 : 1)



Obr. 77. Rozmístění součástek na desce elektronické Zenerovy diody



Obr. 78. Elektronický gong

Gong funguje tak, že stisknutím tlačítka S_1 se spojí kondenzátor C1 a rezistor R2 se zemí a spustí se přechodový děj, který vygeneruje signál zvuku gongu.

Konstrukce

Elektronický gong je zkonstruován z vývodových součástek na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojů je na obr. 79, rozmístění součástek na desce je na obr. 80.

Ani tato stavba nemá žádné záludnosti a vyžaduje jen trochu trpělivosti s nastavováním trimrů R1, R2 a R3, aby se dosáhlo požadovaného zvuku gongu. Postup je třeba několikrát opakovat, jelikož tyto trimry se vzájemně ovlivňují.

Na výstupní kontakty RE1 připojte malý reproduktor o průměru 63 mm s impedancí 8 Ω.

Seznam součástek

R1, R2, R3	1 MΩ, trimr TP011
R4	10 Ω/1 %/0,5 W, metal.
R5	10 kΩ, trimr TP011
C1, C2	1 nF, TC352
C3	200 μF/16 V, radiální
C4	47 nF, keramický
C5	100 nF, keramický
C6	470 μF/16 V, radiální
C7, C8	100 nF, keramický
C9	2,2 μF/35 V, radiální
D1, D2, D3, D4	1N4002

IO1	LM741
IO2	LM386
IO3	7809
RE1	reproduktor, 8 Ω, průměr 63 mm
TR1	síťový transformátor 230 V/9 V/2,6 VA
S_1	spínací tlačítko
P1	ARK500/2, svorkovnice

22. Tříhlasý gong s obvodem SAE800

V určité době jsem byl postaven před problém vyřešit gong, který by byl napojen na domovní rozvod a fungoval pro tlačítka u brány domu i u vchodových dveří. Vzniklo zapojení, které vám na konci tohoto čísla KE předkládám k vyzkoušení.

Popis funkce

Schéma tříhlasého gongu je na obr. 81. Základem zapojení je obvod SAE800, který vytváří zvukový efekt gongu včetně dozvuku a umožňuje na svých vstupech 8 a 7 volit mezi jedním až třemi údery.

Dioda D1, která je zapojena paralelně k tlačítkům S_1 a S_2, zajišťuje trvalé napájení gongu. Tlačítka jsou rozlišena rezistorem R10.

Napájecí napětí pro gong je usměrňováno diodou D2, vyhlazováno kon-

denzátozem C1 a stabilizováno obvodem s tranzistorem T1, rezistorem R2 a Zenerovou diodou D5. Do emitoru T1 jsou zapojeny filtrační kondenzátory C5 a C4. Přítomnost napájecího napětí je indikována diodou LED D6. Pracovní proud D6 je nastaven rezistorem R3.

LED v optočlenu DT1 jsou spínány přes diody D3 a D4 zápornou půlvlnou střídavého napětí při stisku tlačítka S_1 nebo S_2, přičemž je rozlišeno tlačítko, které bylo sepnuto. Je-li stisknuto S_1, může díky sériovému rezistoru R10 protékat obvodem jen malý proud, který sepně v optočlenu DT1 pouze horní LED, protože je jí předřazen pouze malý odpor rezistoru R4. Je-li stisknuto S_2, může obvodem protékat velký proud a rozsvítí se obě LED v DT1.

Výstupy optočlenů v DT1 ovládají adresovací vstupy obvodu SAE800 (IO1). Ten pak v připojeném reproduktoru zahraje dva nebo tři údery gongu.

Konstrukce

Tříhlasý gong je zkonstruován z vývodových součástek na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojů je na obr. 82, rozmístění součástek na desce je na obr. 83.

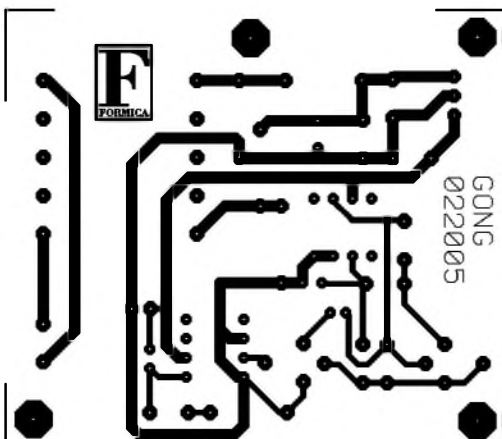
Stabilizační tranzistor T1 doporučuji opatřit malým hliníkovým chladičem.

Reproduktor může mít impedanci 4 až 25 Ω a průměr alespoň 60 mm.

Seřízení gongu je velice jednoduché. Trimr R5 nastavíme do středu odporové dráhy. Při stisknutí tlačítka S_2 se ozvou tři tóny. Když stiskneme tlačítko S_1, měly by se ozvat tóny dva. Pokud tomu tak není, otáčíme běžcem trimru R5 tak dlouho, dokud požadované dva tóny nezazní.

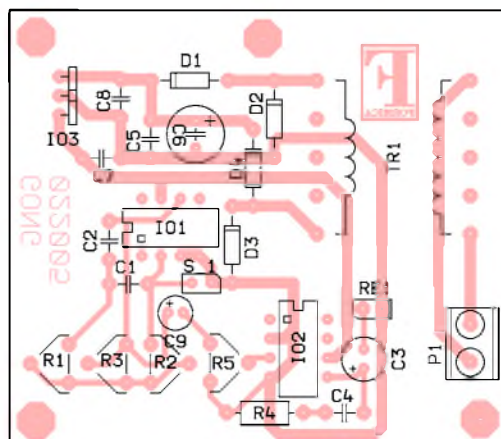
Kondenzátorem C6 lze v určitých mezích regulovat výšku tónu gongu, ale v praxi se předepsaná kapacita kondenzátoru C6 osvědčila.

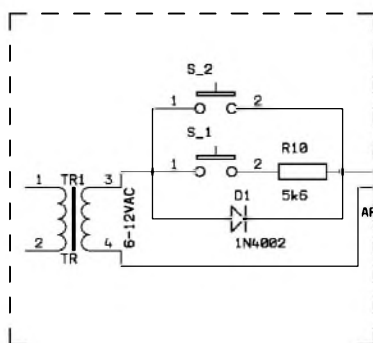
Trimrem R9 regulujeme hlasitost zvuku gongu.



Obr. 79. Obrazec spojů elektronického gongu (měř.: 1 : 1)

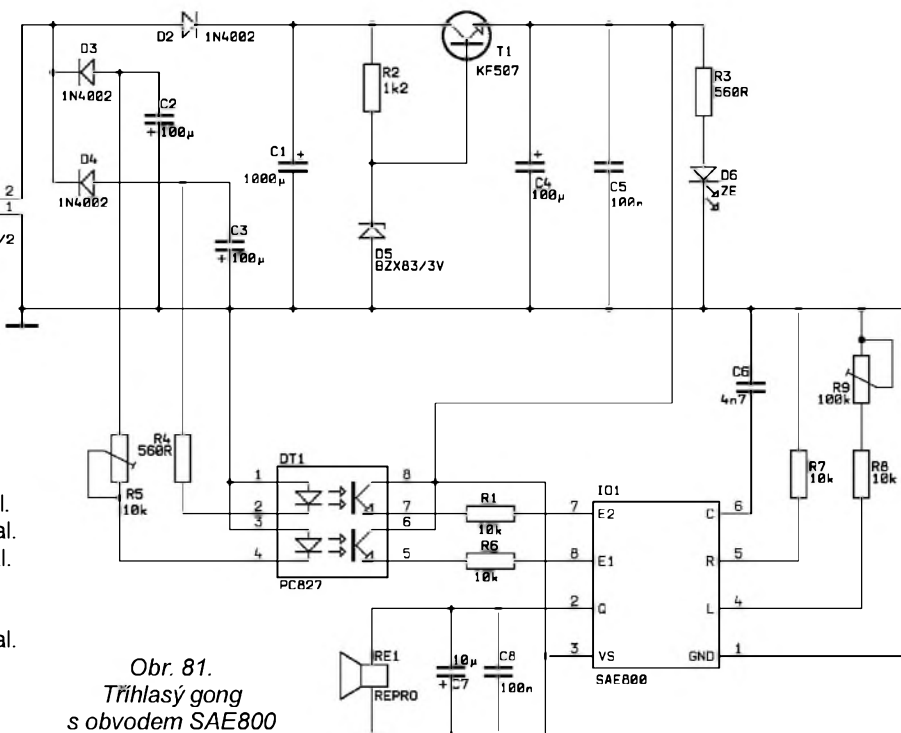
Obr. 80. Rozmístění součástek na desce elektronického gongu



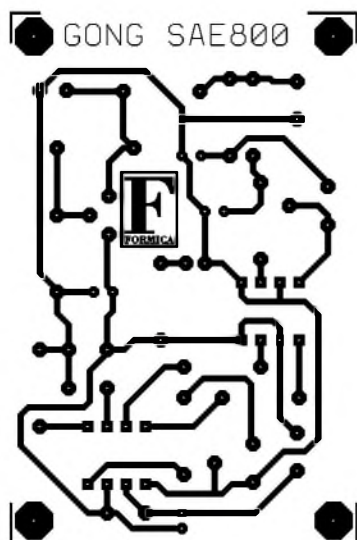


Seznam součástek

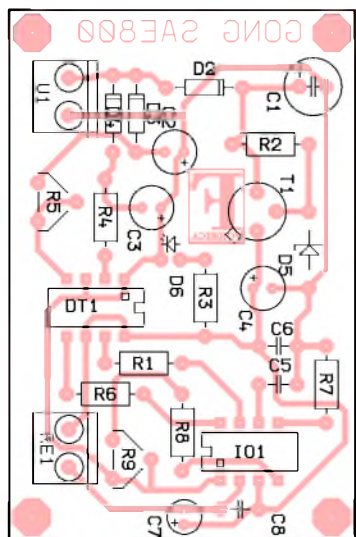
R1, R6,	
R7, R8	10 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R2	1,2 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R3, R4	560 Ω /1 %/0,5 W, metal.
R5	10 k Ω , trimr TP011
R9	100 k Ω , trimr TP011
R10	5,6 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
C1	1000 μ F/16 V, radiální
C2, C3, C4	100 μ F/16 V, radiální



Obr. 81.
Tříhlasý gong
s obvodem SAE800



Obr. 82. Obrázek spojů tříhlasého gongu (měř.: 1 : 1)



Obr. 83. Rozmístění součástek
na desce tříhlasého gongu

C5, C8	100 nF, keramický
C6	4,7 nF, TC352
C7	10 μ F/16 V, radiální
D1	1N4002
D2, D3, D4	1N4002
D5	BZX83V003.0 (Zenerova dioda 8,2 V/0,5 W)
D6	LED zelená, 5 mm
T1	KF507 (KF506, KF508)
DT1	PC827 (PC826)
IO1	SAE800
RE1	reproduktor, 8 Ω
TR1	síťový transformátor 230 V/6 až 12 V/2,6 VA
S_1, S_2	spínací tlačítko
U1	ARK210/2, svorkovnice

ných věkových kategorií podařilo probudit, a pokud jste toto číslo dočetli až do konce, tak vám všem za to upřímně děkuji a zároveň vás chci požádat o zachování přízně i u třetího pokračování **Užitečných zapojení z dlouholeté praxe III**, které po předběžné dohodě s redakcí KE připravuji na konec roku 2006. Již nyní vás mohu ujistit, že se rozhodně máte na co těšit.

Ještě jednou vám všem za pochození, trpělivost a ochotu spolupracovat, kterou jste projevili zasláním svých námětů, rad a připomínek ke zpracování předcházejícího dílu, upřímně děkuje autor.

Písmné dotazy zodpovím, pokud bude v dopisu přiložena obálka se známkou a nadepsanou adresou tazatele pro odeslání odpovědi. Moje poštovní adresa je: Ing. Zdeněk Zátopek, Dubíček 108/4, 725 28 Ostrava 28.

Je možný i kontakt e-mailem na adresu: zzatopek@seznam.cz

Závěr

Předchozí konstrukce, které navazují na první díl **Užitečných zapojení z dlouholeté praxe I**, uvedený v KE 6/2004, jsou sestaveny tak, aby i začínající mládež se mohla fundovaně zasloužit do základů elektroniky.

Samozřejmě, že lze některá zapojení určitými návrhovými změnami upravit a vylepšit, ale účelem toho čísla KE bylo uvést bez rozsáhlé teorie a složitých výpočtů konstrukce, které zvládnou i trochu odrostlejší děti.

Rovněž i ti starší a zkušenější najdou v tomto čísle další zajímavé náměty, které je mohou podnítit si je vyzkoušet.

Součástky jsou většinou použity z různých výprodejů a od společností HADEX, AME, GM, GES, AVE apod. Pokud člověk navštíví takovéto „elektronické krámký“, tak teprve tam zjistí, co za sortiment se tam „válí“ za pár peněz, a v té chvíli v něm dozraje myšlenka taky si něco „ubastlit“.

Domnívám se, že se mi i v tomto čísle KE takovou touhu u čtenářů různě

Literatura

- [1] Graf, R., F.: Encyclopedia of electronic circuits. Svazek 1 až 4, 1994.
- [2] Jurkovič, K.; Zedl, J.: Příručka nízkofrekvenční obvodové techniky. Praha 1985.
- [3] Syrovátko, M.: Obvody zesilovačů a přijímačů. Praha 1991.
- [4] Aplikační listy Motorola, Philips, Fairchild, Texas. 1994 až 2004.
- [5] Konstrukční katalog GM, GES, Tesla, ESOS. 1976 až 2005.
- [6] Engl, P.: Radioamatérské konstrukce 1 až 4. Praha 1988 až 1990.
- [7] Syrovátko, M.: Zapojení s polovodičovými součástkami. Praha 1973.