

V TOMTO SEŠITĚ

Z dějin vědy a techniky	1
UŽITEČNÁ ZAPOJENÍ Z DLOUHO- LETÉ PRAXE III	
Úvod	3
Elektronika pro motoristy	5
Inovovaný pulsní nabíječ 10 A	5
Nabíječ s tyristory	11
Dobíječ s obvodem L200	14
Nabíječ 12 V/4,5 A s IO L200	15
Elektronická Zenerova dioda 2	17
Měřič startovacích schopností aku	18
Ukazatel napětí s IO TCA965	20
Měřič úhlu sepnutí přerušovače	21
Nizkofrekvenční technika	22
Nf předzesilovač s IO LF353	22
Korekční zesilovač s IO LM833	25
Výkonový zesilovač s IO LM3875	27
Výkon. zesil. 2x 40 W s TDA2051	29
Kvalitní nf zesilovač 2x 20 W	31
Výkon. zesil. 2x 20 W s TDA1553	34
Indikátor vybuzení s IO LM3915	35
Předzesil. pro magnetodyn. přenosku ..	36
Zábava a měření	37
Tříhlasy gong s IO SAE800	37
Melodický zvonek	38
Nf milivoltmetr	39
Závěr, kontakt na autora	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.

Šéfredaktor ing. Josef Kellner, sekretářka re-
dakce Eva Marková, 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 Hrdličková, Hana Merglová (Zborovská
27, 150 00 Praha 5, tel./fax: 2 57 31 73 13, 2 57
31 73 12. Distribuci pro předplatitele také pro-
vádí 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@mediaser-
vis.cz; reklamace - tel.: 800 800 890.

Objednávky a předplatné v Slovenskej repub-
like vybavuje **MAGNET-PRESS** Slovakia s. r. o.,
Sústekova 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., Sústekova 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

Před 150 lety se narodil Nikola Tesla

Nikola Tesla se narodil 10. 7. 1856 ve Smiljanu, v rodině kněze ortodoxní pravoslavné církve, který byl srbské národnosti. Práním rodiny bylo, aby studoval teologii. Rodina žila poblíž Gospiče v Dalmácii. Kdo se podrobněji věnoval různým statím věnovaným jeho životu, zcela jistě narazil na řadu fabulovaných příhod, takže se z jeho životopisů stalo téměř dobrodružné čtení. Někteří autoři dokonce Gospič popisují jako přístavní město! Dnes již lze stěží vytipovat, které z jeho příhod z mládí jsou jen výplodem bujné fantasmie a které mají reálný základ. Údajně byl několi-krát blízko smrti, když se opakovaně nakazil cholerou a úplavicí. Jisté je, že navštěvoval německou základní školu ve Smiljanu a Gospiči a reálné gymnázium v Rakovci u Karlovce. Také je jisté, že jej již jako mladíka zaujaly přírodní vědy všeobecně, takže teologii ponechal povoláním a od roku 1875 se vrhl na studium přírodních věd na polytechnickém institutu v rakouském Grazu (Štýrský Hradec).

Do studia se ponořil s ohromným zaujetím a díky své fenomenální paměti, kterou zdědil po matce (ta podle některých pramenů neuměla číst ani psát, ale pamatovala si doslovně celé pasáže z knih, které se tehdy v rodinách předčítaly), dokázal během jednoho roku složit zkoušky ze dvou ročníků. Traduje se, že byl coby student nepřekonatelný v karetních hrách, neboť si přesně pamatoval posloupnost za sebou jdoucích karet z několika předchozích her. Také se údajně během krátké doby naučil několika jazykům. To, jak později střídal zaměstnání v různých zemích, svědčí o tom, že to byla pravda. Znal mimo rodné srbstiny určitě i maďarsky, francouzsky, německy a anglicky. S otcem měl pro své názory na technický pokrok, které při svých návštěvách domova nijak neskrýval, velké rozpory. Vrcholem všeho bylo, když před ním, který bibli a Boha měl za nedotknutelné, prohlásil, že bude ve své laboratoři dělat zázraky, které budou lidstvo v zímě hřát a ve tmě mu svítit. To otce popudilo natolik, že jej vykázal z domu. Vrátil se tam, až otec těžce onemocněl.

Po jeho návratu na školu v Grazu tam profesor Paeschl předváděl dynamo, které těsně před tím škola pořídila, a Tesla okamžitě zaregistroval jiskřící

komutátor. Snažil se pak profesora přesvědčit, že jiskřením vznikají velké ztráty energie, a ohromenému profesorovi prohlásil, že on jednou tak nedokonalý stroj svým vlastním objevem překoná. Zřejmě padlo dosti silných slov a Teslovi hrozily školní sankce, ale v tu dobu těžce onemocněl jeho otec a Tesla obětoval celý semestr, aby vypomohl doma. Od té doby však propadl magii střídavého proudu, o kterém profesor prohlásil, že je nepoužitelný, a nepřetržitě přemýšlel, jak by se dalo energie střídavého proudu využít.

Po smrti otce se již na školu nevrátil - začal pracovat v Mariboru a studoval v knihovnách. Nakrátko byl roku 1880 zapsán i v Praze na Karlově univerzitě ke studiu moderní filozofie, ale brzy přešel do Budapešti, kde nastoupil u firmy Deckert a Homolka, která vyráběla telefonní přístroje. Rychle pochopil nejen princip vyráběného typu, na kterém navrhl několik zlepšení (hlavně jak zesílit akustický signál), ale také telefonních ústředn, takže po dokončení první ústředny se stal v Budapešti roku 1881 jejím vedoucím. Pak těžce onemocněl záhadnou nemocí, kterou lékaři nedokázali ani pojmenovat. Trpěl přecitlivělostí smyslů, vnímal tikot hodin z okolních místností, i běžný provoz doléhající z ulice jej ohlušoval, a nesnášel světlo, měl silné nepravidelný puls. Různými fobii pak trpěl až do konce života.

Poté, co se uzdravil, čekala na něj nabídka zaměstnání v pobočce Edisonova koncernu v Paříži - Edison Continental Company. Nastoupil tam v roce 1882, pak odešel na čas do Štrasburku, kde pracoval na myšlence využití točivého magnetického pole v motorech. Nakonec přes Paříž, kam se nakrátko vrátil, odejel do Ameriky pracovat v Edisonových laboratořích. S Edisonem se osobně seznámil, ale záhy zjistil, že se snaží všechny myšlenky svých zaměstnanců využít ve svých patentech, a tak se s ním rozešel. Založil za finanční pomoci mecenáše vlastní laboratoř Tesla Arc and Light Co. a začal sám své vynálezy patentovat.

Nezávisle na Ferrarisovi (viz KE 2/02) a Haselwanderovi (KE 4/02) přišel v roce 1887 na princip třífázového motoru, začal jej vyrábět, a na motor pracující bez kolektoru získal patent. Později těch patentů na využití točivého elektromagnetického pole bylo ještě 41 a jejich výnosy mu umožnily založit velkou společnost Tesla Electric Company, která okamžitě začala konkurovat

Edisonovi a jeho společnosti, která prosazovala výlučně využití stejnosměrného proudu. Edisonem vyráběnou obloukovou lampu zdokonalil Tesla sedmi vlastními patenty a jeho výrobky se začaly prodávat ve velkém množství.

V roce 1884 však přišla hospodářská krize, jeho společnost, do které vložil veškeré své úspory, za které získal akcie, zkrachovala, a tak byl nakonec okolnostmi přinucen, aby si vydělával na živobytí manuální prací.

Záhy se však seznámil s vedoucím telegrafní společnosti Western Union A. K. Brownem, kterému se jeho myšlenky na využití střídavého proudu líbily. Zařídil mu novou laboratoř a platil i asistenta. Do povědomí elektrotechniků se dostal, když jeden z odborných elektrotechnických časopisů uveřejnil jeho článek pod titulem „Pan Nikola Tesla o motorech na střídavý proud“. Byl pak pozván, aby 16. května 1888 v Americkém institutu inženýrů - elektrotechniků AIEE přednesl přednášku o novém principu motorů a transformátorů na střídavý proud.

Za přispění Browna se také seznámil s jiným, v té době již známým vynálezcem, který na novém principu brzdy pro železniční vagony vydělával ohromné jmění. Byl to George Westinghouse, který měl na svou dobu zajímavé zásady - tvrdil např., že čím lépe platí své zaměstnance a čím je udělá šťastnějšími, tím bude bohatší a šťastnější i on. Na tehdejší dravý kapitalismus to byly myšlenky nevídané. S Teslou si okamžitě porozuměli a ten jej pozval do své laboratoře, ze které, když realizoval některý ze svých nápadů, mnohdy po několik dnů ani nevycházel. Tam mu předvedl více než stovku patentovaných nebo rozpracovaných přístrojů, na kterých poslední dva roky pracoval. Westinghouse chtěl po Teslovi nějakou dokumentaci, ale ten si poklepal na čelo a prohlásil, že pouze z hlavy mu jeho myšlenky nemůže nikdo ukrást, a vše staví bez náčrtů. Westinghouse mu nabídl za všechny jeho patenty milion dolarů, ale Tesla odmítl. Podepsali však smlouvu, že dostane dolar za každou koňskou sílu instalovanou v elektrárně, kterou Westinghouse Electric Corporation začala budovat na Niagare, a společnost tím získala právo využívat asi 40 jeho patentů. Spolu s inženýry této společnosti pak Tesla pracoval na praktické realizaci svých patentovaných nápadů. Nakonec přišel na to, že pro všeobecné použití v domácnostech je nejpraktičtější střídavý proud a dvofázový systém.

V roce 1892 odejel přednášet do Londýna, kde předváděl pokusy s vysokým napětím a vysokým kmitočtem (Teslův transformátor). Tam také začal uvažovat o možnostech bezdrátového přenosu energie na velké vzdálenosti. Po návratu postavil vlastní mohutný vysílač o výkonu 200 kW v Colorado Springs a s jeho pomocí mohl např. rozsvítit doutnavku na vzdálenost 25 km. Poprvé 15. 10. 1893 napsal po shlédnutí výstavy v Chicagu, že „použití stožárů na vysí-

lací a přijímací stanici k předávání signálů pomocí elektrických změn je zásluha Tesly“. V následujících letech se věnoval konstrukcím vysokofrekvenčních přístrojů - v roce 1895 jako jeden z prvních dělal pokusy s rentgenovou lampou, dělal snímky různých částí těla, ale požár jeho laboratoře na delší čas přerušil jeho výzkumy. Sestrojil loďku dálkově řízenou rádiovými signály, kterou předváděl roku 1898 na jezeře blízko New Yorku a později v bazénu na Madison-Square Garden, když tam byla elektrotechnická výstava. Jak později napsal, vzbudilo to takovou senzací, jako žádný jiný jeho vynález. V dálkovém řízení má tedy také prioritu.

V roce 1899 na otázku novináře pronesl: „Jednou budou sestrojeny stroje, které budou pracovat tak, jako by měly vlastní rozum. Automaty musí fungovat samostatně a musíme sestrojit nějaký prvek podobný mozku, který by práci automatu řídil bez zásahu člověka“.

V roce 1900 předpověděl v časopise „Century Magazine“, že elektromagnetické vlny se budou využívat k hledání lodí na širém moři. Nikdo tehdy nepředpokládal, že se tato předpověď vyplní již po dvou letech, když Christian Hülsmeyer (1881 až 1957) svými pokusy ukázal, že je to možné, a v principu objevil radarovou techniku.

Jeho vizí byl přenos energie na dálku přes Atlantik s pomocí rádiových vln. Projekt nazval „Celosvětový bezvodičový systém neboli Světový telegraf“ a začal jej realizovat ve Wardenclyfu na Long Islandu. Jeho záměrem bylo vybudovat vysílač o výkonu větším než 1 MW. Prohlásil několikrát, že vytvoří vysílací středisko, které umožní spojení s celým světem pro vysílání politických, obchodních a soukromých zpráv, hudby a zábavných pořadů, a že jeho stanice umožní také přenosy utajených rozhovorů, obrazů, fotografií a dokumentů. Chtěl odtamtud určovat polohu všech lodí na mořích na celém světě a navazovat s nimi spojení. Kromě toho chtěl odtamtud dodávat světlu i samotnou energii. Projekt ale nikdy nedokončil, poněvadž i jeho mecenáši začali mít finanční potíže. Stavba se zpomalovala a nakonec byla finanční podpora zastavena úplně.

V dalších letech již nebyl tak úspěšný. Kolem roku 1910 se ještě podílel na výzkumu speciální turbíny, získal patent na nový typ parní turbíny, a nechal si patentovat některé mechanické přístroje, jako např. indikátor rychlosti. K tématu radiolokace se vrátil během první světové války. Roku 1912 mu měla být udělena spolu s Edisonem Nobelova cena, ale to odmítl s prohlášením, že nemůže přijat ocenění s člověkem, který cizí objevy vydává za své. V roce 1917 pak obdržel nejvyšší vyznamenání Amerického institutu elektroinženýrů. Roku 1928 si nechal patentovat myšlenku letadla s vertikálním startem (!) a věnoval se možnosti přenosu energie skrz zemi a vojenským obranným systémům (paprsky smrti).

Mozek mu však již nepracoval zcela normálně. Jeho myšlenky se postupně začaly vzdalovat realitě světa, a nebytí toho, že mu jeho bohatství zajišťovalo privilegia neškodného vizionáře, byl by pravděpodobně skončil v nějakém ústavu. Vypravoval o vidinách, které ho pronásledují, o světélkujících obludách, které k němu vystupují z moře nejen ve spánku, ale i za bílého dne, a vymýšlel proti nim zařízení, jimiž je odháněl. Tvrdil, že má jasnovidecké schopnosti, dokáže vidět ve tmě a snížit svůj puls na několik tepů za minutu. Prohlašoval, že zachytil šifrované zprávy pocházející z kosmu, domníval se, že z Marsu. Je faktem, že své stroje si dokázal v duchu nejen navrhnout, ale v duchu i poznal, jak budou fungovat - zcela jasně viděl, zda běží pravidelně, či zda a co je třeba vylepšit. I slabé zvuky slyšel přes několik zdí. Pracoval i na vojensky využitelných objevech, o kterých se ví velmi málo, a údajně armáda ještě po jeho smrti během druhé světové války zabavila důležité části jeho poznámek. Výjimečnost jeho myšlenek, které předběhly dobu, vyvolaly docela vážné úvahy o tom, že se jedná o mimozemšťana, který se dostal na Zem, a zde, s našimi omezenými možnostmi, se snaží realizovat jinde užívané technologie. Se svými vidinami vydržel až do své smrti 7. 1. 1943 v New Yorku.

Dnes je po něm pojmenována jednotka magnetické indukce 1 T (tesla), $1 \text{ T} = 1 \text{ Vs/m}^2$. Některé jeho myšlenky daly podnět ke scénáři sci-fi, který byl zfilmován. Všechny jeho poznámky a také prototypy z laboratoře převzal jeho krajan, který je odkázal městu Bělehrad, kde bylo v roce 1955 otevřeno Teslovo muzeum (viz www.tesla-museum.org). V tomto muzeu je shromážděno snad nejvíce památek na jeho práce, včetně jeho knihovny a archivu. Teslovo jméno spolu se jmény dalších významných vědců najdeme na stěně Štrasburského fyzikálního institutu, který je součástí univerzity založené v roce 1621. Přihlásil prokazatelně více než 700 patentů (v některých pramenech se uvádí, že asi 1 000) a řada jeho myšlenek, které vyslovil jako první, je dnes připisována jiným osobnostem.

V současné době u příležitosti 150 let od jeho narození uctívají i radioamatéři tohoto geniálního vynálezce provozem speciálních stanic a vydáváním zvláštního diplomu.

Podle internetových stránek s heslem Tesla a životopisu uveřejněného v KE 3/2001 zpracoval QX

Literatura

- [1] Šafránek, J.: Tesla a jeho zásluhy o elektrotechniku a radiomechaniku. Občanská knihtiskárna, Praha 1941.
- [2] Nikola Tesla - sborník k 80. výročí jeho narození. Institut Nikoly Tesly, Bělehrad 1936.
- [3] Cheney, M.: Tesla Man Out of Time. Prentice-Hall, Englewood Cliffs 1981.
- [4] Tesla, N.: Beleške iz Edisonove fabriike mašina. Muzeum N. Tesly, Bělehrad 2003.

UŽITEČNÁ ZAPOJENÍ Z DLOUHOLETÉ PRAXE III

Ing. Zdeněk Zátpek

Dovolte mi, abych na úvod tohoto třetího pokračování „Užitečných zapojení z dlouholeté praxe“ opětovně amatérům a čtenářům poděkoval za trvalý a velký zájem o dříve publikované konstrukce v prvním a i druhém díle. Je pro mne velikou ctí, když jsem zjistil, že tady v Ostravě během 3 dnů „zmizelo“ číslo KE 6/2005 z pultů mnoha novinových stánků. Je zřejmé, že zájem o jednoduché a nepříliš drahé konstrukce stále trvá, a tento zájem nezastavil ani případně nezmenšil ani rychlý nástup mikroprocesorů, speciálních čipů a nasazení jednoúčelových integrovaných obvodů do konstrukcí at' již amatérských anebo profesionálních.

Obsah tohoto čísla KE jsem rozdělil do tří ucelených kapitol: elektronika pro motoristy, nf technika a zábava a měření.

Úvod

Během výběru konstrukcí a psaní textu této konstrukční přílohy pro radioamatéry a příznivce „bastlení“ ve volných chvílích mi napsalo mnoho čtenářů, ať již dopisem anebo e-mailem, kteří chtěli otisknout tu anebo onu konstrukci z nejrůznějších oblastí elektroniky, případně vznášeli dotazy na inovace některých již dříve publikovaných stavebnic.

Nejvíce žádosti bylo v oblasti pro motoristy, a byly zaměřeny na další nabíječe olověných startovacích akumulátorů a na různá měřicí zařízení a doplňky pro běžného motoristy. Další početná skupina čtenářů požadovala aplikace z nízkofrekvenční techniky, a to převážně konstrukce zaměřené na korekční předzesilovače, koncové výkonné stupně apod. Poslední skupinka požadovala nějakou konstrukci „zbastlenou pro radost“.

Předložené konstrukce jsou i nyní nakresleny a navrženy systémem Formica v jeho poslední aktualizované verzi. Mnoho žádostí bylo o přehodnocení mého stanoviska ve věci zasilání stavebnic anebo jednotlivých součástek, a to i případně na Slovensko formou dobírků. Musím znovu opakovat, že stavebnice a ani součástky nedodávám, a ani o tom vůbec neuvažuji, protože chodím pravidelně do zaměstnání a amatérské činnosti se věnuji jen o svých volných chvílích, a těch zase až tolik nemám. Vytvářím tím široký motivační prostor pro firmy, které se chtějí takovou výrobou stavebnic zabývat, stavebnice v cílovém stavu kompletovat a dodávat do maloobchodní sítě, čímž by mohly snížit své „nadnormativní zásoby“ a prodat i takové součástky, jež jim dlouhodobě z důvodu špatně odhadnuté poptávky anebo propagace leží v regálech.

Využívám převážně svých šuplíkových zásob, anebo, když se jdu občas podívat do elektronických obchodů v Ostravě, tak se rozhoduji přímo na místě ohledně koupě té či oné součástky a následného sestavení konstrukce.

Než se pustíme do jednotlivých konstrukcí, rád bych na úvod řekl ještě několik slov k předchozím dílům.

Dostal jsem znovu podnětné dotazy ohledně různých technických řešení a na případné inovace vybraných publikovaných konstrukcí a rovněž návrhy na poskytnutí metodiky při výpočtu a navrhování některých součástek v konstrukcích již dříve anebo nyní otištěných a možnost náhrady některých elektronických součástek.

Na základě těchto dotazů a návrhů jsem vybral konstrukce z oblasti nízkofrekvenční techniky, které jsou při průměrné zdatnosti a dovednosti amatéra funkční, nevyžadují příliš mnoho speciálních součástek, v mnoha případech dovolují použít tzv. „šuplíkové zásoby co dům dal“. Zároveň jsem vybral i takové konstrukce, které jsem během své již více než čtyřicetileté amatérské činnosti sestavil, oživil a úspěšně nějakou dobu používal. Samozřejmě je mohou využít i jiné zájmové skupiny z řad amatérů. Návodů i námětů byly ověřeny a pečlivá příprava a práce čtenáře a konstruktéra bude odměněna správnou činností stavěného přístroje.

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

Mezi nejčastější dotazy, které jsem již dříve anebo v posledním období obdržel, patří nastínit způsob navrhování potenciometrů, kondenzátorů a náhrad tranzistorů nebo integrovaných obvodů

v nízkofrekvenčních korekčních zesilovačích apod.

Rovněž mě jeden čtenář upozornil na drobnou chybu v indikaci stavu nabíjení olověného akumulátoru u konstrukci, v kterých je použit speciální integrovaný obvod UC3906 (UC2906). Ve zkušebních vzorcích na nepájivém poli se uvedená chyba nevykytovala, ale při konečném návrhu plošných spojů byly přehozeny vývody 9 a 10 u IO UC3906, a již byla chyba na světě. Díky za upozornění a omlouvám se za chybu. Samozřejmě jsem ihned písemně jednotlivým tazatelům odpověděl a zvažoval možnost otisknout opravu v jiném čísle PE nebo KE, ale nakonec jsem zvolil pro zjednodušení variantu opravy v tomto čísle KE.

A nyní k uvedené opravě odstraňující nesprávnou indikaci LED žluté barvy. Úprava všech nabíječů s IO UC3906 publikovaných v čísle 6/2005 spočívá v tom, že rezistory, které jsou ve schématu připojeny na vývody 9 a 10 IO při osazování připojíme na opačné vývody. Rezistor z vývodu 9 tedy přepojíme na vývod 10 a naopak. Rezistory umístíme ze strany součástek nebo ze strany plošných spojů, popř. z obou stran. Tato závada způsobovala, že indikační LED D6 žluté barvy stále žhnula a správně nedefinovala jednotlivé napěťové stavy při nabíjení. Po této úpravě nabíječ automobilových startovacích akumulátorů funguje „jak má“.

Nyní již pojďme pěkně po pořádku k jednotlivým dotazům věrných čtenářů a fandů do elektroniky.

K dotazu ve věci navrhování nízkofrekvenčních korekčních obvodů dále uvádím doporučená zapojení aktivního korektoru hloubek a výšek (se vzorci pro výpočet kmitočtů zlomu jeho kmitočtové charakteristiky) a korekčního předzesilovače pro magnetodynamickou přenosku. Popis obou korektorů je doplněn poznámkami o výběru vhodných typů

součástek a o možnostech případné úpravy jejich hodnot.

O pasivních korektorech hloubek a výšek se nezmínuji, protože tento typ se v amatérských podmínkách vyskytuje velice zřídka. Já sám jsem takový pasivní korekční nízkofrekvenční obvod využil ve své dlouholeté radioamatérské praxi asi jen třikrát.

Další skupina opětovných dotazů se týká náhrady jednotlivých součástek.

Mohu znovu ujistit všechny konstruktéry, že rezistory jsou běžné miniaturní vývodové metalizované s tolerancí 1 %. Jejich výkonová zatížitelnost, pokud není uvedeno jinak, je 0,5 až 0,6 W podle druhu výrobce a prodejce elektronických součástek. Samozřejmě lze bez nejmenších problémů použít místo rezistorů, které nevyžadují toleranci odporu 1 %, i uhlíkové rezistory starší řady TR 112a, které kdysi vyráběla snad TESLA Jablonné.

Je na škodu věci, že mnoho prodejců je zaměřeno jen na dovozové součástky, a jen malá část prodejců, jako např. HADEX, firma Sedláček apod., prodává věci, které se kdysi v rámci RVHP v dostatečném počtu vyskytovaly na pultech našich radioamatérských prodejen a svou kvalitou v mnoha případech předčily i zahraniční originály. Obdobná situace je i v oblasti kondenzátorů a potenciometrů.

Kondenzátory jsou keramické (známé označení TK) nebo svítkové velice kvalitního a v minulosti hodně používaného typu TC350 až TC352.

Potenciometry typu Piher jsou nahrazovány lacinějšími českými potenciometry řady TP160 a TP280, které jsou stále vyráběny společností Elektronické součástky Ostrava.

Tranzistory jsou univerzální typy s vodivosti npn a pnp a tvoří největší zásobu „šuplíkových zásob“.

Diody ve většině případů použijeme také „co dům dal“, jen u některých typů musíme použít jako náhradu některou jinou z představené skupiny (např. Zenerovy diody, Schottkyho diody, LED apod.).

Věřím, že i toto číslo vás svým obsahem zaujme, udělá vám radost a při čtení zůstanete jeho obsahu věrni až do konce.

Mohu vás již nyní ujistit, že po dohodě s redakcí A-Radia napíšu pro vás i poslední díl „Užitečná zapojení z dlouholeté praxe IV“, který vyjde tradičně jako číslo 6 v prosinci 2007. V tomto čísle budou uveřejněny konstrukce, které se do předcházejících dílů prostě nevešly, a navíc nějaké novinky.

Závěrem mi dovolu, abych touto cestou poděkoval všem, kteří se o obor elektroniky aktivně zajímají, a pro své potěšení ve volném čase „bastlí“ třeba konstrukce z tohoto čísla pro konstruktéry.

Rovněž mi dovolu, abych touto cestou poděkoval znovu RNDr. Ivo Krivkovi a Ing. Petru Horskému, kteří mi svým opětovným aktivním přístupem na zá-

kladě mých požadavků aktualizovali knihovny návrhového systému Formica a odstraňovali vzniklé technické problémy při sestavování tohoto čísla KE, čímž zase zvýšili užžitnou hodnotu tohoto velice dobrého návrhového systému.

Dále děkuji Ing. Aleši Hamáčkovu při praktickém ověření předloh některých vybraných konstrukcí ve výrobě plošných spojů.

Příklady nf korekčních obvodů

Plynule proměnný zpětnovazební korektor hloubek a výšek

Na obr. I je schéma korektoru, které bylo převzato z katalogových listů operačního zesilovače LM833.

Regulační potenciometry jsou lineární, potenciometrem R2 se ovládají hloubky (H) a potenciometrem R4 výšky (V). Platí zásada, že součástky na obou stranách regulačních potenciometrů mají stejné hodnoty.

Kmitočtové charakteristiky korektoru pro krajní polohy regulačních potenciometrů jsou na obr. II. Jak je z obrázku vidět, maximální zdvih korekce je ± 20 dB.

Při nastavení potenciometrů do středních poloh je kmitočtová charakteristika zcela plochá a napěťový zisk korektoru je 0 dB.

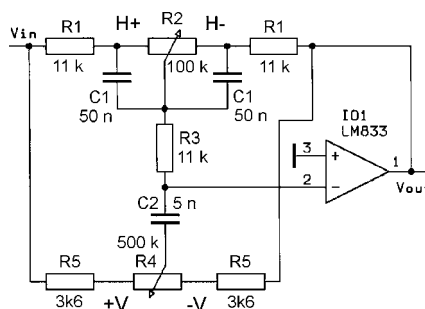
Pro kmitočty zlomů charakteristik z obr. II platí následující vztahy:

$$f_L = 1/(2 \cdot \pi \cdot R_2 \cdot C_1), \quad (1)$$

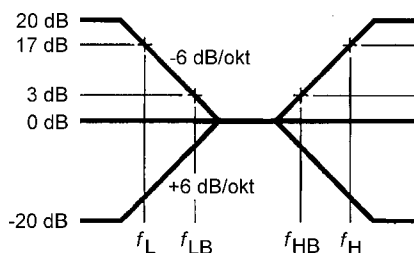
$$f_{LB} = 1/(2 \cdot \pi \cdot R_1 \cdot C_1), \quad (2)$$

$$f_H = 1/(2 \cdot \pi \cdot R_5 \cdot C_2), \quad (3)$$

$$f_{HB} = 1/[2 \cdot \pi \cdot (R_1 + R_5 + 2 \cdot R_3) \cdot C_2]. \quad (4)$$



Obr. I. Varianta A plynule proměnného zpětnovazebního korektoru hloubek (R2) a výšek (R4)



Obr. II. Kmitočtové charakteristiky korektoru z obr. 1.1

S hodnotami součástek podle obr. I jsou kmitočty zlomů:

$$\begin{aligned} f_L &= 32 \text{ Hz}, & f_{LB} &= 320 \text{ Hz}, \\ f_H &= 11 \text{ kHz}, & f_{HB} &= 1,1 \text{ kHz}. \end{aligned}$$

V korektoru je vhodné použít metalizované rezistory s přesností 1 %, které jsou zcela běžné a levné. Kondenzátory musí být kvalitní svítkové. Mají mít, pokud možno, toleranci maximálně 5 %, aby byl zajištěn požadovaný souběh kanálů lepší než 1 dB. V žádném případě nepoužívejte v korektorech kondenzátory keramické, které slouží převážně k blokování rušivých napětí na napájecích sběrnicích.

Ve stereofonní verzi se použijí dva shodné korektory (pro každý kanál jeden) s tandemovými potenciometry, které by měly mít souběh 1 dB.

Potenciometry R2 a R4 mají rozdílný odpor, aby se obvody pro regulaci hloubek a výšek navzájem co nejméně ovlivňovaly.

Odpor potenciometrů můžeme podle potřeby upravit - např. zmenšit na polovinu (pak bude $R_2 = 50 \text{ k}\Omega$ a $R_4 = 250 \text{ k}\Omega$). V takovém případě ale musíme v korektoru zmenšit na polovinu i odpory všech rezistorů a zdvojnásobit kapacity všech kondenzátorů.

Musíme si však uvědomit, že hodnoty součástek na obr. I jsou optimální. Při podstatně větších odporech potenciometrů se zhoršuje odstup užitečného od rušivých signálů, při podstatně menších odporech potenciometrů mohou být přetíženy výstupy zúčastněných operačních zesilovačů.

Požadujeme-li jiné kmitočty zlomů kmitočtových charakteristik, můžeme hodnoty součástek korektoru upravit podle vzorců (1) až (4).

Korekční předzesilovač pro magnetodynamickou přenosku

Požadovaná kmitočtová charakteristika předzesilovače je dána normou RIAA, která byla zavedena ve většině evropských států a také v ČR.

Průběh kmitočtové charakteristiky předzesilovače je určen třemi časovými konstantami:

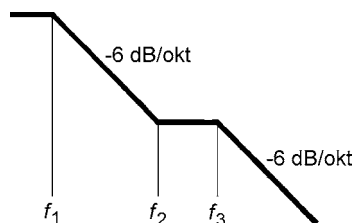
$$\tau_1 = 3180 \mu\text{s}, \quad \tau_2 = 318 \mu\text{s} \text{ a } \tau_3 = 75 \mu\text{s},$$

které odpovídají kmitočtům zlomu:

$$f_1 = 50 \text{ Hz}, \quad f_2 = 500 \text{ Hz} \text{ a } f_3 = 2122 \text{ Hz}.$$

Kmitočtová charakteristika předzesilovače klesá směrem k vyšším kmitočtům, protože přenoska na vyšších kmitočtech poskytuje silnější signál (napětí indukované do snímacích cívek přenosky je úměrné rychlosti kmitání magnetu spojeného s jehlou - proto se také tento typ přenosky označuje jako rychlostní). Asymptotické zobrazení kmitočtové charakteristiky předzesilovače je na obr. III.

Zapojení korekčního předzesilovače, doporučené výrobcem operačního



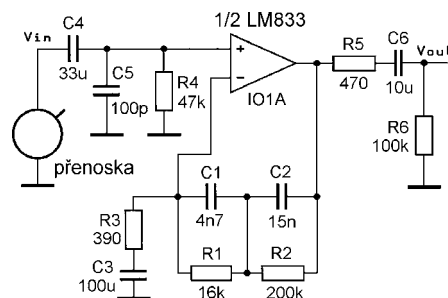
Obr. III. Asymptotické zobrazení kmitočtové charakteristiky korekčního předzesilovače pro magnetodynamickou přenosku. $f_1 = 50 \text{ Hz}$, $f_2 = 500 \text{ Hz}$, $f_3 = 2122 \text{ Hz}$

zesilovače LM833 (firmou National), je na obr. IV. Jako aktivní součástka je v předzesilovači použit operační zesilovač (OZ) IO1A, který má korekční články RC zapojené v obvodu záporné zpětné vazby. Vzhledem k tomu, že operační zesilovač OZ IO1A má při otevřeném obvodu zpětné vazby napěťový zisk větší než 70 dB, jsou přenosové

vlastnosti korektoru určovány pouze obvodem zpětné vazby.

Předzesilovač má průběh kmitočtové charakteristiky podle normy RIAA, na kmitočtu 1 kHz má zisk 35 dB a na kmitočtu 1 kHz při efektivním napětí vstupního signálu 10 mV má odstup signál / šum 90 dB.

Uvedené vlastnosti předzesilovače jsou určovány především hodnotami součástek R1 až R3, C1 a C2. Rezistory R1 až R3 by měly mít toleranci 1 %, kondenzátory C1 a C2 musí být kvalitní fóliové s tolerancí maximálně 5 %. Pokud bychom chtěli změnit hodnoty těchto součástek, můžeme odporů rezistorů R1 až R3 v určitém shodném poměru zmenšit, ve stejném poměru však musíme zvětšit kapacity kondenzátorů C1 a C2. Podobně to platí i naopak, při zvětšení odporů musíme zmenšit kapacity. Upravovat hodnoty součástek však není třeba, podle obr. IV jsou optimální.



Obr. IV. Korekční předzesilovač pro magnetodynamickou přenosku

Rovněž je třeba dodržet hodnoty součástek C5 a R4, které zatěžují přenosku a mají vliv na její kmitočtovou charakteristiku. Do kapacity C5 musíme zahrnout i kapacitu stíněného kablíku, kterým se vede signál z přenosky do předzesilovače.

Ostatní součástky jsou pomocné a jejich hodnoty nejsou kritické.

Elektronika pro motoristy

K nejoblíbenějším konstrukcím mezi radioamatéry patří nejrůznější nabíječe a dobíječe automobilových olověných startovacích akumulátorů, o čemž svědčí nejvíce dotazů, ať již písemných nebo telefonických a v poslední řadě i e-mailů, od čtenářů mých předchozích čísel KE. Proto i v tomto čísle uvedu několik zajímavých, spolehlivých a letitou praxí ověřených nabíječů. Díky provozem nabytým zkušenostem s jejich funkcí jsou v nich provedeny určité konstrukční úpravy, které znamenají zmenšení počtu součástek, zvýšení užité hodnoty a celkové zjednodušení jejich stavby.

Inovovaný pulsní nabíječ akumulátorů se středním proudem 10 A

Na základě požadavků čtenářů a mých zkušeností s pětiletým bezporuchovým provozem pulsního nabíječe automobilových olověných startovacích akumulátorů jsem tento trvale oblíbený pulsní nabíječ upravil a zjednodušil a tím jsem zlepšil jeho celkovou užitnou hodnotu.

Nabíječ má střední nabíjecí proud 10 A, takže s ním lze v únosném časovém intervalu dobít i akumulátory s kapacitou nad 100 Ah.

U tohoto nabíječe byla upravena silová nabíjecí část i část řídicích, regulačních a signalizačních obvodů.

Inovovaný nabíječ je zkonstruován ve dvou variantách. V první variantě je nabíjecí proud usměrňován diodovým můstkem umístěným ve vertikální poloze na chladiči s výkonovým regulačním

tranzistorem, ve druhé variantě je nabíjecí proud usměrňován křemíkovými diodami KY718 (20 A) nebo KY710 (10 A). Pro obě varianty jsou navrženy samostatné desky s plošnými spoji.

Popis funkce (1. varianta)

Schéma první varianty nabíječe s diodovým můstkem je na obr. 1. Pro jednoduchost není ve schématu nakreslen síťový transformátor, jehož dvě sekundární vinutí se připojují na vstupní svorkovnice U6 a U7.

Nabíječ pracuje v pulsním režimu. Díky tomu jsou výraznou měrou sníženy tepelné nároky na výstupní regulační tranzistor (MOSFET) a na velikost chladiče pro tento tranzistor.

Nabíječ je plně automatický a je doplněn indikací jednotlivých stupňů nabíjení diodami LED různé barvy.

Nabíječ je vybaven elektronickou chladicí ventilátorovou jednotkou pro zlepšení teplotních poměrů uvnitř skříňky nabíječe. Skříňka je typizovaná plastová typu K14 a je běžně dostupná v obchodech se součástkami.

Střední nabíjecí proud lze plynule nastavit od nuly do 10 A nezávisle na napětí připojeného akumulátoru nebo napájecí sítě.

Při dosažení znaků plného nabití se nabíjení ukončí a akumulátor se odpojí od nabíječe. Při poklesu napětí na akumulátoru se nabíjení opět spustí, ale v režimu dobíjení polovičním proudem. Tento cyklus se pak neustále periodicky opakuje a akumulátor je tak udržován plně nabitý, aniž by byl přebíjen.

Síťové napětí 230 V je přiváděno přes kolébkový spínač (bez indikačního prvku) a rychlou tavnou pojistkou F1 o proudové hodnotě 1A/F na primární

stranu síťového transformátoru TR1. Aby se zmenšil přenos rušivých impulsů z nabíječe do elektrické sítě, je na primární svorky síťového transformátoru připojen svitkový kondenzátor C1 o kapacitě 10 až 47 nF dimenzovaný na střídavé napětí 275 V (tomu odpovídá ss provozní napětí 1000 V).

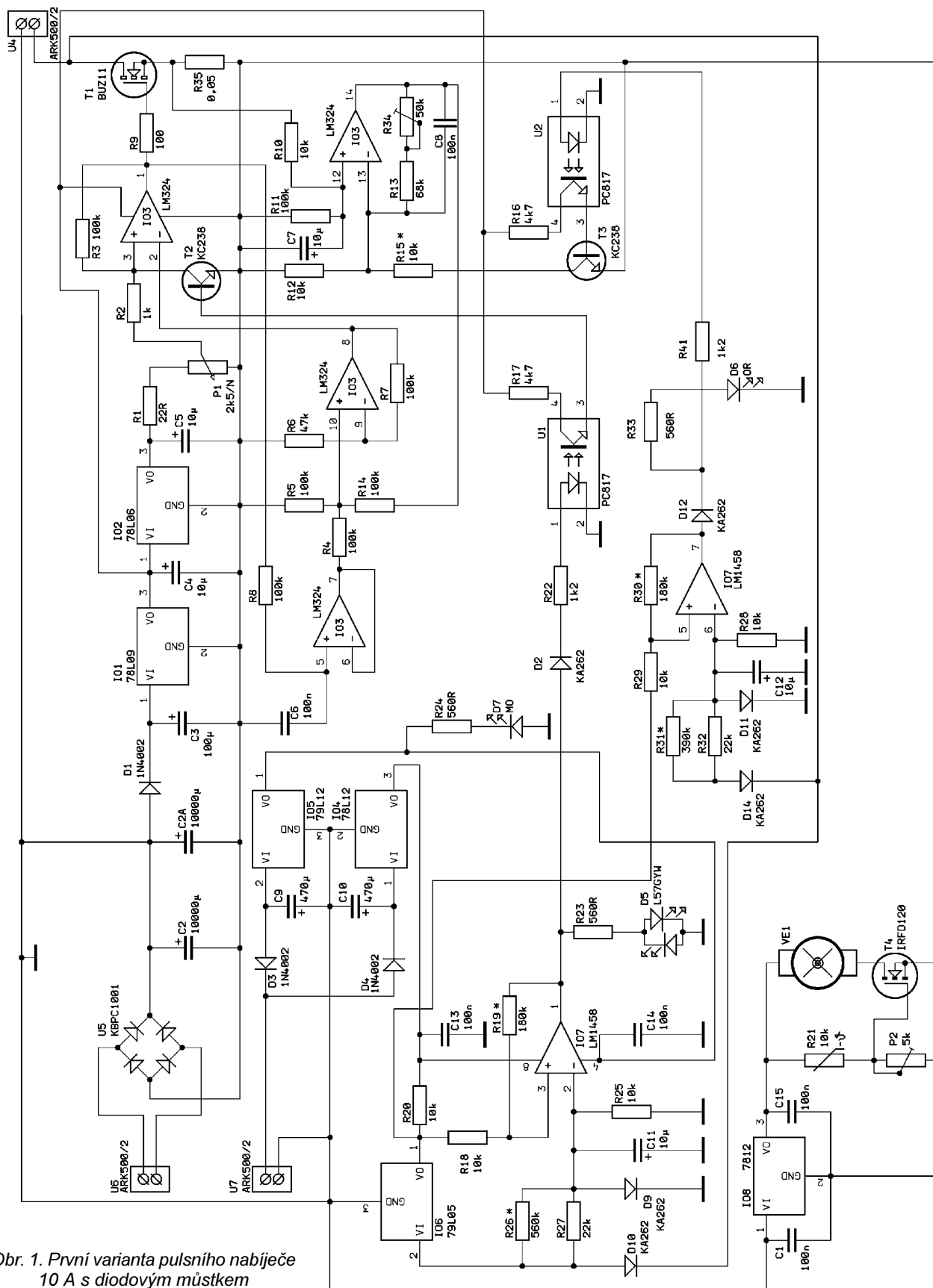
Síťový transformátor TR1 má jedno primární a dvě sekundární vinutí. Primární vinutí je určeno pro síťové napětí 230 V/50 Hz. Silové sekundární vinutí má naprázdno napětí 16 až 18 V a musí být schopné poskytovat proud alespoň 10 A. Pomocné sekundární vinutí má naprázdno napětí 12 až 14 V a je dimenzováno na proud asi 0,2 A.

Autor použil transformátor s toroidním jádrem, který byl vyroben na zakázku firmou JK-Eltra. Lze však samozřejmě použít i jádro C nebo jádro složené z plechů EI a transformátor navrhnout zjednodušeným postupem uvedeným v úvodní kapitole časopisu KE 6/2005.

Pokud chceme nabíječ vestavět do doporučené plastové skříňky, musí být navinut na jádru C nebo toroidním. Toroidní transformátor je sice nejdražší, ale z hlediska rozměrů, váhy a minimálního rozptylového magnetického pole je nejvýhodnější.

Napětí ze silového sekundárního vinutí je přiváděno na vstupní svorkovnici U6 nabíječe. Toto střídavé napětí je pak usměrňováno diodovým můstkem U5. Můstek je tvořen čtyřmi výkonovými křemíkovými diodami uspořádanými na společném substrátu, který je zalit do plastového pouzdra. Můstek je přišroubován na hliníkový chladič a není nutné ho galvanicky izolovat od výkonového tranzistoru T1.

Usměrňené silové napětí je filtrováno elektrolytickými kondenzátory C2 a C2A, z nichž každý má kapacitu 10 000 uF. Lze použít i čtyři kondenzátory s kapacitou 4700 uF, pro něž je na



Obr. 1. První varianta pulsního nabíječe 10 A s diodovým můstkem

desce s plošnými spoji rezervováno místo.

Ke kladnému pólu C2 je připojena kladná svorka výstupní svorkovnice U4. Do spoje od kladné svorky svorkovnice U4 ke kladné výstupní svorce nabíječe, která je na předním panelu, je vložena trubičková tavná pojistka F2 a ampérmetr, kterým se měří nabíjecí proud.

Usměrněným silovým napětím jsou napájeni i řídicí obvody. Napájecí napětí pro řídicí obvody se odebírá z C2 přes oddělovací diodu D1. Pak je filtrováno kondenzátorem C3 a upravováno na potřebnou velikost +9 V třisvorkovým stabilizátorem IO1. Z napětí +9 V je dalším stabilizátorem IO2 odvozeno referenční napětí +6 V. Rozkmitání

stabilizátorů IO1 a IO2 zabraňují kondenzátory C4 a C5.

Podle velikosti regulační odchylky, dané rozdílem mezi žádanou a skutečnou střední hodnotou nabíjecího proudu, řídí regulační obvod poměr mezi dobou, po níž nabíjecí proud prochází nabíjeným akumulátorem, a dobou přerušení proudu.

Regulační obvod obsahuje čtyřici operačních zesilovačů (OZ) typu LM324, obsažených 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 regulované veličiny (IO3/4 s vývody 12 až 14).

Na výstup komparátoru IO3/1 je připojeno hradlo výkonového tranzistoru MOSFET T1 typu BUZ11, kterým je spínán nabíjecí proud. V praxi se ukázalo, že lze bez problémů použít jen jeden výkonový tranzistor BUZ11, který díky svým skvělým spinacím vlastnostem a malému odporu v sepnutém stavu je pro tuto aplikaci ještě vhodnější než dříve používaná dvojice tranzistorů IRF540. Hlavním cílem této změny typů tranzistorů bylo v rozumné míře snížit pořizovací náklady na sestavení pulsního nabíječe. Tranzistor T1 je opatřen chladičem, který je ofukován ventilátorem.

V emitoru T1 je zapojen bočník R35, který je tvořen dvěma rezistory se zatížitelností 5 W. Průchodem nabíjecího proudu vzniká na bočníku úbytek napětí, který je zesilován a filtrován zesilovačem regulované veličiny s OZ IO3/4 a součástkami R10, R11, C7, R13, R34 a C8.

Kolektor tranzistoru T1 je vyveden na zápornou svorku výstupní svorkovnice U4. Záporná svorka svorkovnice U4 je propojena se zápornou výstupní svorkou nabíječe, která je umístěna na předním panelu.

Rídicí elektroda tranzistoru T1 je ovládána přes rezistor R9 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 menší než kladné napájecí napětí IO3), kterým je otevřen T1 a sepnut nabíjecí proud.

Sčítací zesilovač IO3/3 sčítá napětí z kondenzátoru C6 (přiváděné přes oddělovací sledovač 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 6 V z potenciometru P1, kterým se nastavuje požadovaná střední hodnota nabíjecího proudu. Komparátor má hysterezi zavedenou rezistory R2 a R3, která zabraňuje nežádoucím zákmitům.

Překročí-li napětí na neinvertujícím vstupu komparátoru nastavenou velikost napětí z běžce P1, křeklopí se výstup komparátoru do nízké úrovně, tranzistor T1 se vypne a nabíjecí proud se přeruší. Kondenzátor C6 se přes R8 začne vybíjet.

Když napětí na C6 klesne natolik, že napětí na invertujícím vstupu komparátoru poklesne pod nastavenou velikost napětí z běžce P1, překlopí se výstup komparátoru zpět do stavu kladné

saturace. Změny stavu výstupu komparátoru se neustále periodicky opakují.

Na výstupu komparátoru je tak pravouhlý signál, jehož střída se mění v závislosti na velikosti nabíjecího proudu. Při větším proudu se prodlužuje ta část periody, ve které je sepnut tranzistor T1. Regulačním procesem se tak akumulátor neustále připojuje a odpojuje od nabíjecího zdroje ss napětí.

Při hodnotách součástek R8 a C6 podle schématu a při střídě 1 : 1 je kmitočet spínání asi 90 Hz.

Popsanou regulační smyčkou je udržován nabíjecí proud nastavitelný v širokém rozsahu. Při zkratu výstupních svorek je však výstupní proud asi o 50 % větší než nastavený nabíjecí proud.

Nabíječ je vybaven ochrannými obvody, které spouštějí nebo ukončují nabíjení tehdy, když napětí akumulátoru překročí nastavenou mez. Tyto obvody také chrání nabíječ při zkratu na výstupu a při přepólování akumulátoru.

Stav ochranných obvodů, a tím i celkový stav nabíjení akumulátoru, indikují dvoubarevná LED D5 (červená/zelená) a oranžová LED D6.

Ochranné obvody jsou napájeny z pomocného sekundárního vinutí transformátoru TR1, které je připojeno na vstupní svorkovnici U7. Střídavé napětí ze svorkovnice U7 je jednoduše usměrňováno diodami D3 a D4, vyhlazováno kondensátory C9 a C10 a stabilizováno třisvorkovými stabilizátory IO4 a IO5. Na výstupech stabilizátorů je symetrické napájecí napětí ± 12 V, jehož společný vývod (virtuální zem) je spojen s kladnou výstupní svorkou nabíječe. Zapnuté síťové napájecí napětí indikuje modrá LED D7, která je připojena k výstupu stabilizátoru IO5.

Funkce nabíjení je zajištěna, pokud je akumulátor správně zapojen na výstupní svorky nabíječe a má alespoň minimální počáteční napětí (asi 6 až 8 V). Při připojení úplně nového akumulátoru bez tohoto minimálního počátečního napětí bude ochrana okamžitě reagovat a nedovolí nabíjení. Proto je nutné tuto ochranu na jednu hodinu provozu nabíječe odpojit např. spínačem, kterým se odpojí pomocné sekundární vinutí transformátoru TR1 od svorkovnice U7. Po hodině nabíjení nového akumulátoru bez ochrany se vytvoří již dostatečné počáteční napětí. Pak akumulátor od nabíječe odpojme, zapneme napájení ochranných obvodů a akumulátor znovu připojíme. Potom již nabíjení funguje správně.

Napětí ze záporného pólu akumulátoru (z kolektoru T1) se přivádí přes oddělovací diody D10 a D14 do komparátorů IO7/1 (vývody 1 až 3) a IO7/2 (vývody 5 až 7), kterými jsou řízeny ochranné obvody. Aby komparátory nekmitaly při malých změnách napětí na svých vstupech, mají zavedenu hysterezi rezistory R19 a R30. Hystereze způsobuje pomalejší a časově opožděnou odezvu na probíhající děje. K ochraně proti napětovým špičkám jsou u komparátorů zapojeny diody D9

a D11 a filtrační kondenzátory C11 a C12. Kondenzátory C13 a C14 blokují napájení IO7 a zabraňují samovolnému rozkmitání IO7.

Komparátor IO7/1 porovnává záporné napětí z akumulátoru, zmenšené děličem s rezistory R25 až R27, s referenčním napětím -5 V, které je přiváděno na neinvertující vstup IO7/1 přes R18 z IO6.

Má-li akumulátor napětí v rozmezí asi 8 až 16,5 V, je výstup IO7/1 překlopen do záporné saturace a akumulátor se nabíjí požadovaným proudem. V tomto stavu svítí zelená dioda LED D5, která indikuje nabíjení plným proudem.

Když po plném nabití akumulátoru dosáhne jeho napětí velikosti asi 16,5 V, překročí napětí na invertujícím vstupu komparátoru IO7/1 velikost referenčního napětí na neinvertujícím vstupu IO7/1 a výstup IO7/1 se překlopí do kladné saturace. Přes D2 a optočlen U1 se sepne tranzistor T2, kterým se uzemní neinvertující vstup komparátoru IO3/1 a tím se přeruší nabíjení. Tento stav je signalizován rozsvícením červené diody LED D5, která indikuje konec nabíjení.

Pokud záporné napětí z akumulátoru schází, což může nastat při zkratu výstupních svorek nabíječe nebo po připojení zcela nového akumulátoru, je na invertující vstup IO7/1 přiváděno přes rezistory R29 a R18 kladné napájecí napětí z IO4, kterým je výstup 1 IO7/1 překlopen do vysoké úrovně (do kladné saturace). V tomto stavu je přerušeno nabíjení a svítí červená dioda LED D5.

Dvoustupňové nabíjení je zajišťováno obvodem s komparátorem IO7/2.

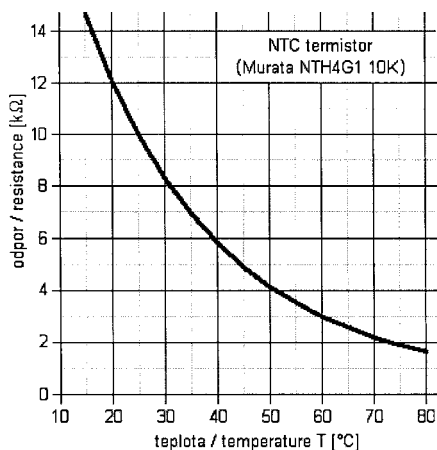
Dokud napětí akumulátoru nedosáhne velikosti asi 14,4 V, je na invertujícím vstupu 6 IO7/2 napětí menší než referenční napětí -5 V, přiváděné z IO6 na neinvertující vstup 5 IO7/2, výstup IO7/2 je v záporné saturaci a obvod se neuplatňuje.

Když napětí akumulátoru překročí 14,4 V, výstup IO7/2 se překlopí do kladné saturace. Přes oddělovací diodu D2 a optočlen U2 sepne tranzistor T3, kterým se paralelně k rezistoru R12 připojí rezistor R15. Tím se asi 2x zvětší zesílení zesilovače regulované veličiny a nabíjecí proud se zmenší asi na polovinu nastavené velikosti. Výchylka ručky ampérmetru na předním panelu nabíječky poklesne na polovinu. Nabíjení polovičním proudem je indikováno rozsvícením žluté LED D6.

Ochlazování - ofukování chladiče tranzistoru T1 a součástek ve skřínce nabíječe je vyřešeno jiným způsobem, než bývalo u této konstrukce obvyklé v minulosti.

Zapojení regulátoru otáček ventilátoru VE1 jsem převzal a upravil z časopisu Elektor. S určitými obměnami ho používá i několik jiných autorů. VE1 je axiální ventilátorek o rozměrech 50 x 50 mm s provozním napětím 12 V.

Regulace otáček ventilátoru je založena na teplotní změně odporu ter-



Obr. 2. Graf závislosti odporu termistoru Murata NTH4G1 10 kΩ na teplotě

mistoru NTC R21 o jmenovitém odporu 10 kΩ. Lze použít i termistor s větším odporem, pak je však nutné zvětšit odpor regulačního trimru P2. Při stoupající teplotě odpor termistoru klesá, výkonový tranzistor MOSFET se otevírá a otáčky ventilátoru se zvětšují. Při snižování teploty je situace opačná. Stabilita regulace otáček je zlepšena stabilizátorem napájecího napětí IO8.

Graf závislosti odporu termistoru NTC se jmenovitým odporem 10 kΩ na teplotě je na obr. 2. Tato závislost se pro termistory řady NTC od různých výrobců liší jen velice málo. Termistor může snímat teplotu uvnitř skříňky nebo může být v těsném kontaktu s chladičem, a pak snímá teplotu chladiče. V této konstrukci jsem zvolil variantu snímání teploty uvnitř skříňky.

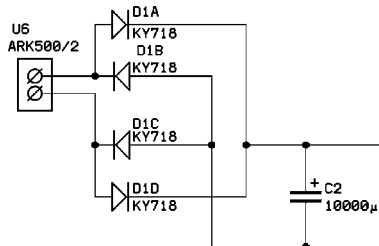
Trimrem P2 nastavujeme při pokojové teplotě na řídicí elektrodě tranzistoru T4 takové napětí, aby byl T4 mírně pootevřen a ventilátor VE1 se pomalu otáčil.

Popis funkce (2. varianta)

Druhá varianta nabíječe se od první liší pouze typem diod usměrňujících napětí ze silového vinutí síťového transformátoru. Jinak jsou obě varianty zcela shodné a shodná je i funkce jejich obvodů a číslování součástek.

Schéma usměrňovače ve 2. variantě nabíječe je na obr. 3. Diody D1A až D1D jsou staré, ale stále dobré křemíkové diody KY718 nebo KY710.

Výkonové diody KY718 není nutné chladit, diody KY710 je vhodné opatřit jednoduchým hliníkovým chladičem tvaru U. Praktické zkoušky a dlouhodo-



Obr. 3. Schéma usměrňovače ve druhé variantě nabíječe

bý provoz však prokázaly, že při použití ventilátoru nevyžadují chladič ani diody KY710, protože cirkulace vzduchu uvnitř skříňky zabezpečuje jejich dostatečné chlazení.

Konstrukce

Obě varianty nabíječe jsou zkonstruovány z běžných vývodových součástek, které jsou umístěny na desce s jednostrannými plošnými spoji.

Obrazec spojů 1. varianty nabíječe je na obr. 4, rozmístění součástek na desce je na obr. 5.

Obrazec spojů 2. varianty nabíječe je na obr. 6, rozmístění součástek na desce je na obr. 7.

Pro IO3 a IO7 doporučuji použít obímku kvůli případné výměně vadného kusu. Výkonový tranzistor T1 a stabilizátor IO8 jsou izolovaně uchyceny na typizovaném a povrchově upraveném chladiči V6716Z, který dodává firma GES. Pro snížení tepelného odporu jsou styčné plochy jemně potřeny tepelně vodivou pastou (silikonovou vazelinou). Diodový můstek U5 v první variantě nabíječe má vytvarovány vývody tak, aby jej bylo rovněž možné vertikálně připevnit na chladič. Diody D1A až D1D ve druhé variantě nabíječe není nutné opatřovat chladiči (viz předchozí text).

Před pájením součástek na desku zkontrolujeme vizuálně plošné spoje (zda neobsahují trhliny nebo vodivé můstky) a pasivní součástky proměříme. Součástky je vhodné pájet mikropáječkou o výkonu 40 W.

Desku zapojujeme a ožívujeme postupně.

Nejprve osadíme součástkami nabíjecí část, kterou oživíme a vyzkoušíme při zatížení automobilovou žárovkou (minimálně 12 V/21 W). Tranzistor T1 musí být namontován na chladič! Pomocí žárovky se i bez měřícího přístroje opticky přesvědčíme, že nabíječ funguje, a podle změny jasu poznáme, že pracuje regulace proudu.

Pak osadíme obvody indikace a ochrany a při odpojení silového napětí se vizuálně přesvědčíme, že svítí všechny tři LED při zapnutí nabíječe. Připojením destičkové baterie 9 V ve správné polaritě na výstupní svorky nabíječe můžeme vyzkoušet, zda zhasne červená LED a rozsvítí se zelená LED.

K celkovému seřízení nabíječe použijeme elektronickou Zenerovou diodu, která je popsána v tomto čísle KE, nebo tu, která byla publikována v KE 6/2005.

Jedná se především o kontrolu velikosti rozhodovacího napětí u dvoustupňového nabíjení a kontrolu velikosti napětí pro ukončení nabíjení po dosažení plného náboje akumulátoru.

Nabíječka je vestavěna do plastové skříňky K14. Deska s plošnými spoji je upevněna na dolní stěnu skříňky samoreznými šrouby M2,5x12 a šrouby M3x20 přes plastové distanční sloupky

o délce 7 mm. Toroidní transformátor je uchycen na hliníkovém loži, které je pomocí samořezných šroubů uchyceno do předvrtaných náliťků na dolní stěně skříňky.

Na předním panelu je umístěn síťový spínač, ovládací potenciometr P1, indikační LED, ampérmetr a výstupní svorky pro připojení nabíjeného akumulátoru. Síťový spínač může být libovolné konstrukce s kontakty dimenzovanými na proud nejméně 1 A. Indikační LED mohou mít i průměr 10 mm. LED můžeme upevnit přímo na čelní panel do objímek nebo je připejímáme na pomocnou destičku s univerzálními plošnými spoji, kterou přišroubujeme k panelu pomocí distančních sloupků.

Možné řešení předního panelu je na obr. 8. Vyznačené malé křížky na obr. 8 znamenají středy děr, které je nutno do plastového panelu vyvrtat a následně „začistit“.

Potisk předního panelu autor vytiskl barevnou laserovou tiskárnou OKI 3200 na bílou lesklou fólii Signolit SC-44. Tato fólie odolává vodě, dobře se nalepuje na plastový čelní panel skříňky a při nalepování netvoří vzduchové bubliny. Vhodná je i matná fólie SC-46S nebo podobné fólie určené pro laserové tiskárny. Pokud bude ze strany čtenářů zájem o barevné provedení čelního štítku, jsem ochoten ho cestou e-mailu v souboru zip zaslat. Kontaktní e-mailová adresa je uvedena na konci tohoto čísla KE.

Na zadním panelu je umístěn držák síťové pojistky F1 a z panelu vychází síťová šňůra.

Součástky na panelech propojíme s deskou ohebnými lankami o průřezu 0,15 nebo 0,35 mm². Spoje k výstupním svorkám však musí být provedeny lankou o průřezu alespoň 1,5 mm².

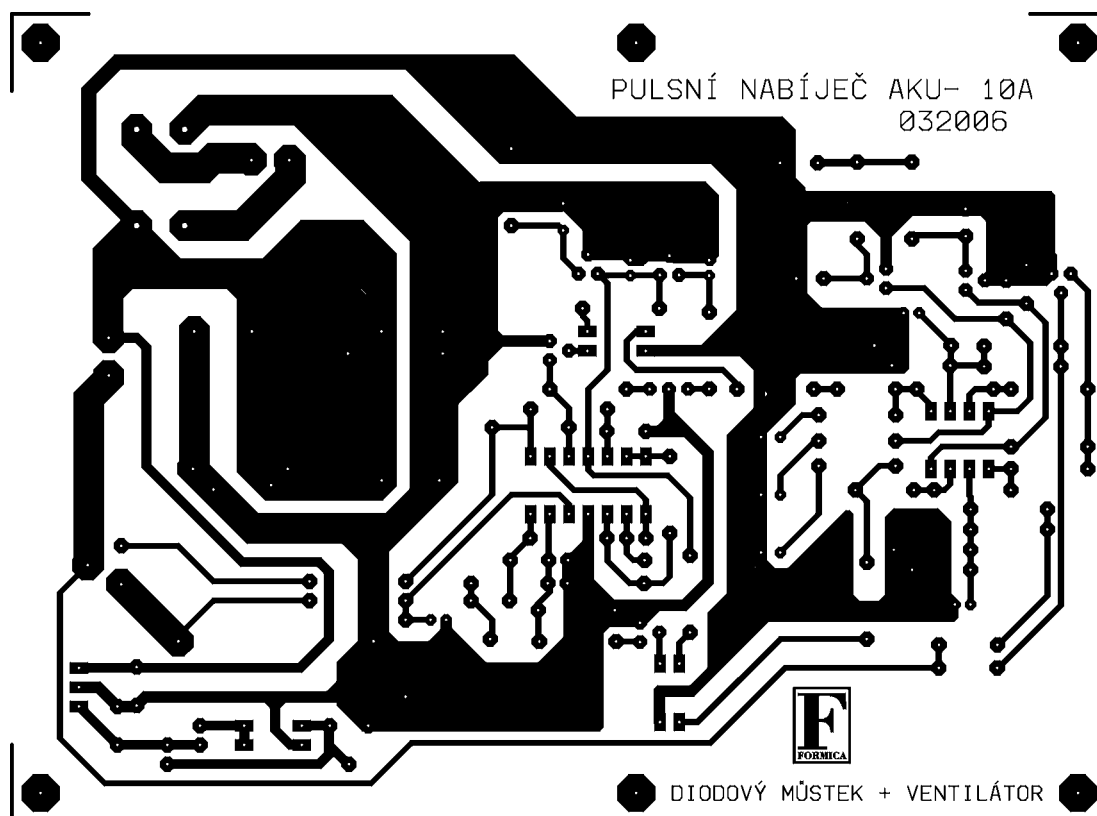
Nabíječku můžeme vestavět i do kovové skříňky podle vlastního návrhu nebo do zakoupené již hotové. Pak je nutné použít pro přívod síťového napětí třížilovou šňůru a kovovou skříňku připojit na nulovací vodič ze žlutozelenou izolací.

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

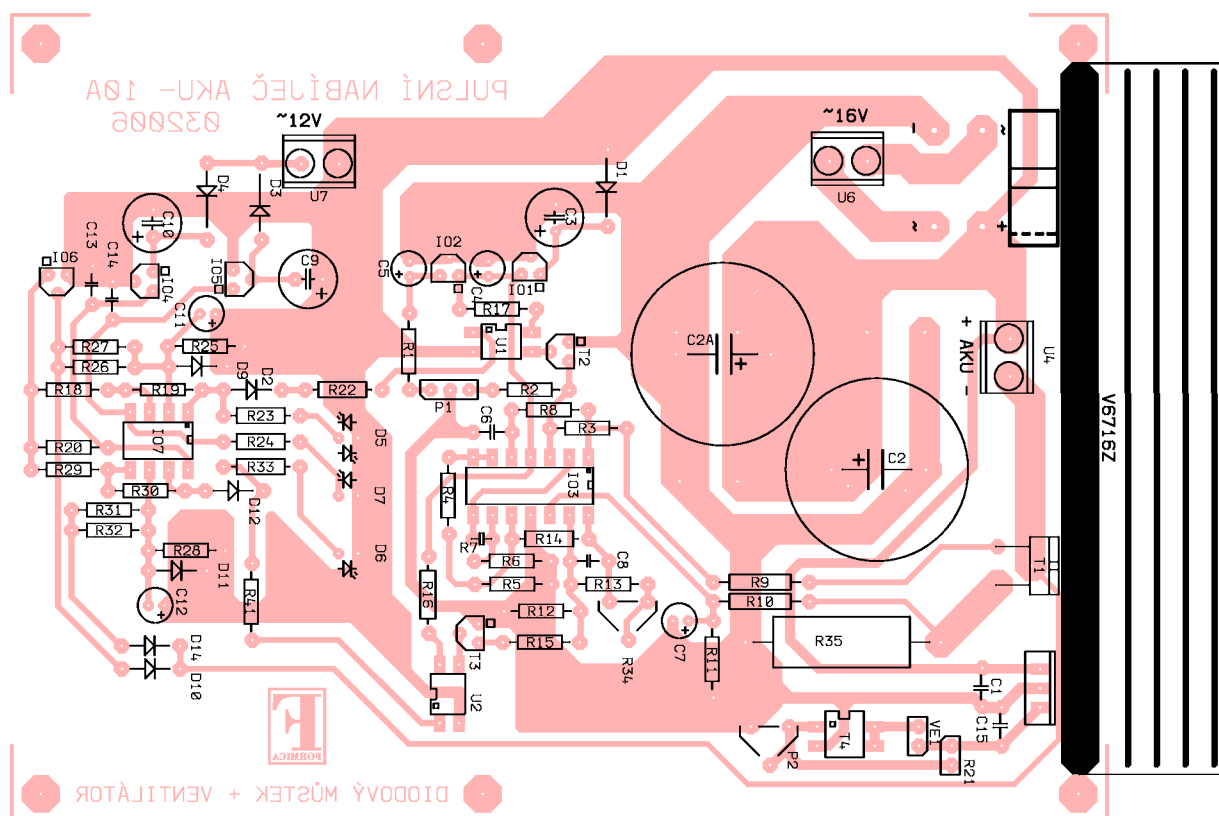
Seznam součástek

obou variant pulsní nabíječky

R1	22 Ω/1 %/0,5 W, metal.
R2	1 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R3, R4, R5,	
R7, R8,	
R11, R14	100 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R6	47 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R9	100 Ω/1 %/0,5 W, metal.
R10, R12,	
R15, R18,	
R20, R25,	
R28, R29	10 kΩ/1 %/0,5 W, metal.

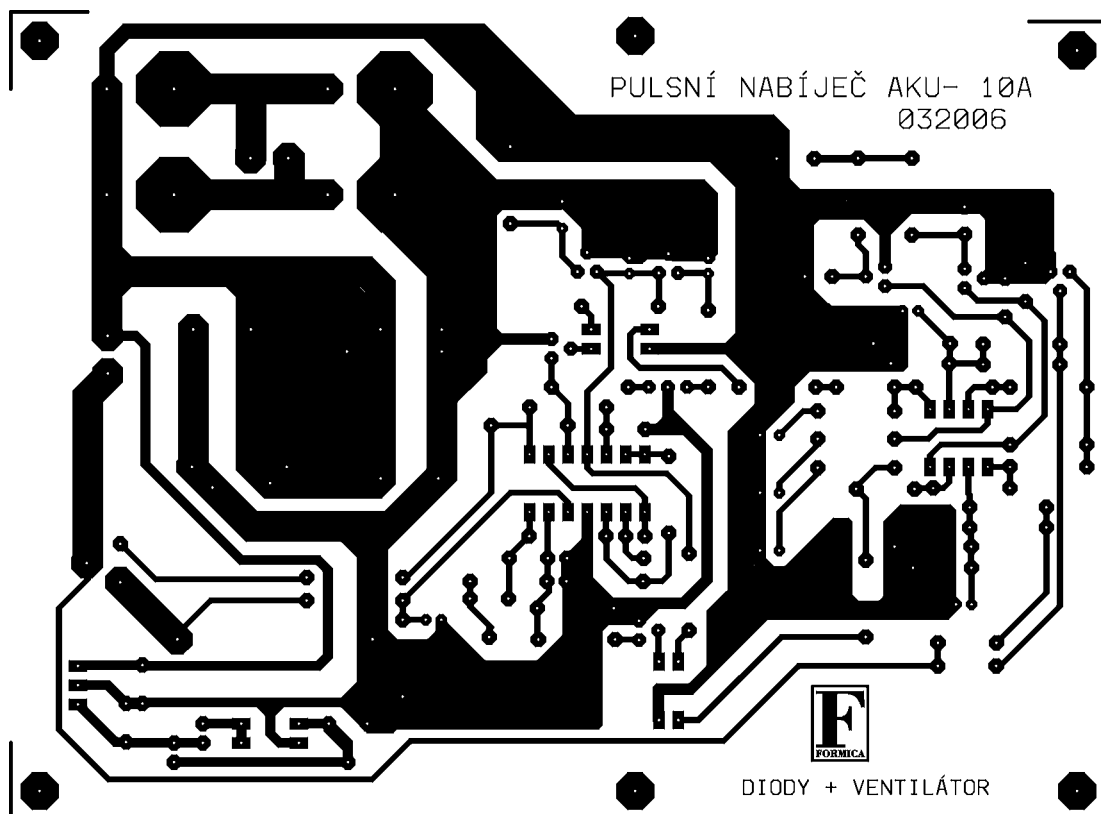


Obr. 4. Obrazec spojů 1. varianty pulsního nabíječe (měř.: 1 : 1)

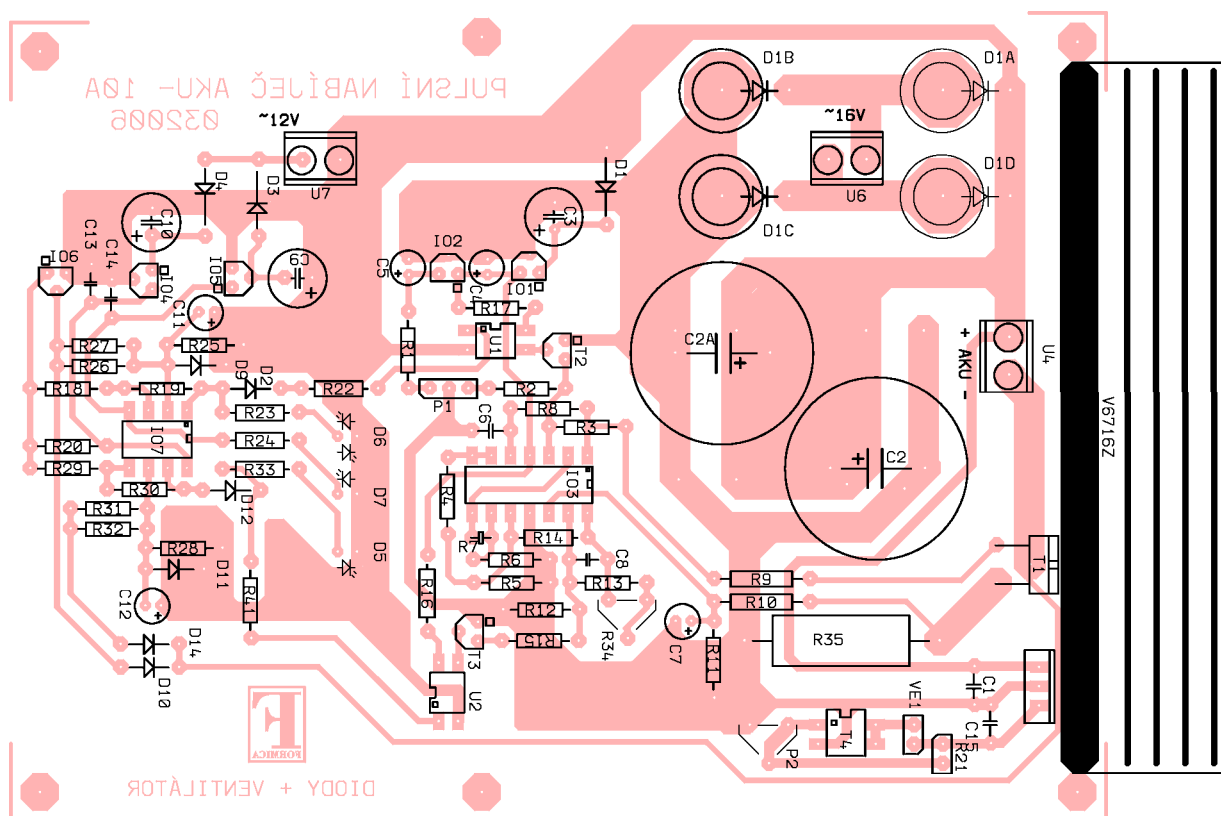


Obr. 5. Rozmístění součástek na desce 1. varianty pulsního nabíječe

R13	68 k Ω /1 %/0,5 W, metal.	R26	560 k Ω /1 %/0,5 W, metal.	P2	5 k Ω , trimr PT6V
R16, R17	4,7 k Ω /1 %/0,5 W, metal.	R27, R32	22 k Ω /1 %/0,5 W, metal.	C1, C8, C13,	
R19, R30	180 k Ω /1 %/0,5 W, metal.	R31	390 k Ω /1 %/0,5 W, metal.	C14, C15	100 nF, keramický
R21	10 k Ω , NTC, viz text	R34	50 k Ω , trimr PT6V	C2, C2A	10 000 μ F/35 V, radiální
R22, R41	1,2 k Ω /1 %/0,5 W, metal.	R35	0,05 Ω (2x 0,1 Ω /5 W)	C3	100 μ F/35 V, radiální
R23, R24,		P1	2,5 k Ω /N, potenciometr	C4, C5, C7,	
R33	560 Ω /1 %/0,5 W, metal.		TP160	C11, C12	10 μ F/35 V, radiální

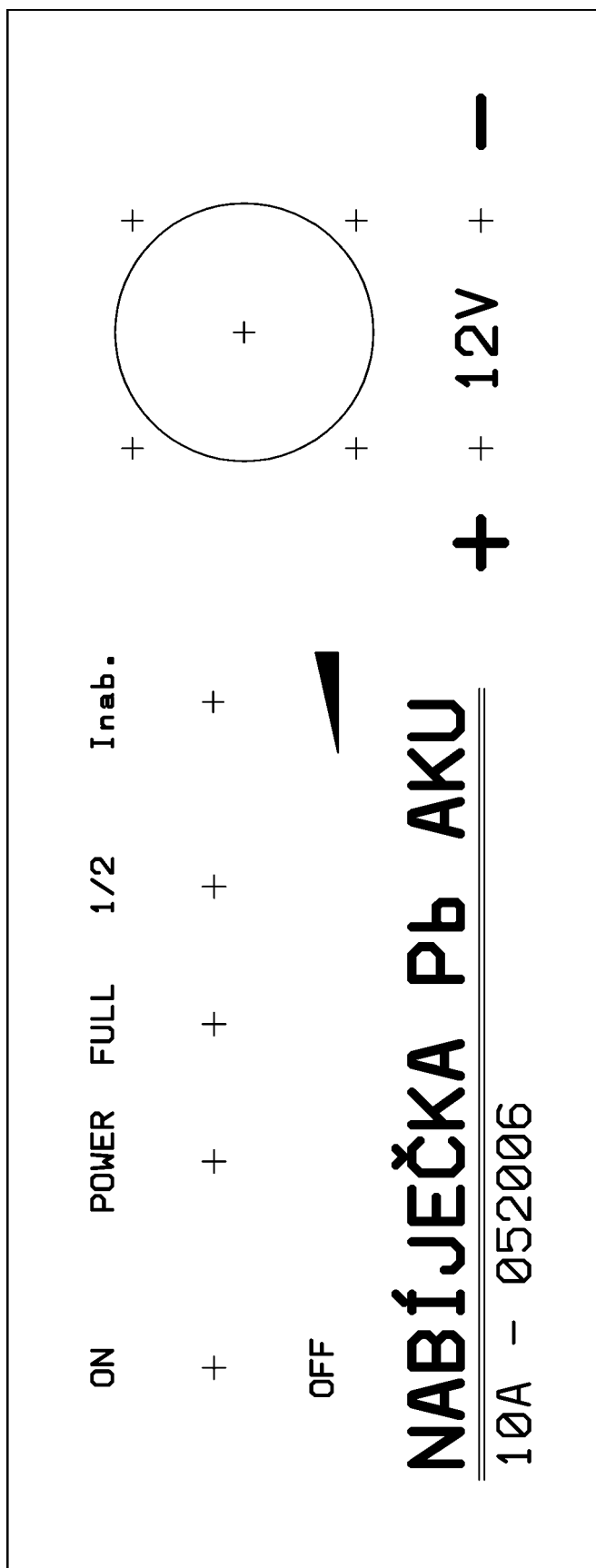


Obr. 6. Obrazec spojů 2. varianty pulsního nabíječe (měř.: 1 : 1)



Obr. 7. Rozmístění součástek na desce 2. varianty pulsního nabíječe

C6	100 nF/J/63 V, fóliový	D2, D9,	D7	LED 5 mm, modrá nebo
C9, C10	470 µF/35 V, radiální	D10, D11,		bílá
D1	1N4002	D12, D14	T1	BUZ11
U5	KBPC1001 (1. varianta)	D3, D4	T2, T3	KC238
D1A, D1B,		D5	T4	IRFD120
D1C, D1D	KY718 nebo KY710		U1, U2	PC817
	(2. varianta)	D6	IO1	78L09



Obr. 8. Výkres předního panelu pulsní nabíječky (měř.: 1 : 1).
Nápisy jsou vytištěny barevnou laserovou tiskárnou OKI 3200
na bílé lesklé fólii Signolit SC-44.
Mezi nápisy ON a OFF je síťový spínač, pod nápisem POWER
je modrá LED D7, pod nápisem FULL je zelená/červená LED D5,
pod nápisem 1/2 je žlutá LED D6, pod nápisem Inab. je potenciometr P1,
po obou stranách nápisu 12 V jsou výstupní svorky
pro připojení akumulátoru (kladná a záporná),
nad svorkami je ampérmetr

IO2	78L06
IO3	LM324
IO4	78L12
IO5	79L12
IO6	79L05
IO7	LM1458
IO8	7815
U4, U6, U7	svorkovnice ARK500/2

deska s plošnými spoji
VE1 ventilátor 12 V/50 mm
chladič V6716Z (GES)
TR1 síťový transformátor (viz text)
síťový spínač kolébkový (viz text)
kondenzátor 47 nF/275 VAC pro bloko-
vání primárního vinutí TR1 (viz text)
síťová šňůra
F1 trubičková síťová pojistka 1 A
(viz text)
držák síťové pojistky
F2 trubičková síťová pojistka 10 A
(viz text)
držák síťové pojistky
šroubovací svorky 10 A pro připojení
akumulátoru
ručkový ss ampérmetr 10 A
plastová skříňka K14

Nabíječ olověných akumulátorů s tyristory

Tímto zapojením nabíječe olově-
ných akumulátorů bych chtěl připome-
nout i poněkud opomíjenou oblast sou-
částek, kterými jsou tyristory a triaky.

Podstatnou výhodou nabíječe je
jeho velice spolehlivý provoz, nenároč-
nost na typ použitých součástek a sa-
močinné vypnutí po plném nabití při-
pojeného akumulátoru. Zapojení též
zamezuje zničení akumulátoru nebo
nabíječe, když k nabíječce připojíme nabí-
jený akumulátor obráceně.

Popis funkce

Schéma základní varianty nabíječe
s tyristory je na obr. 9.

Na vstupní svorkovnici U1 je přivá-
děno střídavé napětí 16 až 18 V/6 A ze
síťového transformátoru, který by měl
být dimenzován pro výkon 120 VA. Pa-
ralelně k primárnímu síťovému vinutí
transformátoru je připojen svitkový od-
rušovací kondenzátor 33 nF/1000 V
(transformátor ani odrušovací kon-
denzátor nejsou nakresleny ve sché-
matu).

Střídavé napětí z transformátoru se
dvoucestně usměrňuje můstkem s dio-
dami D1, D2 a tyristory TY1 a TY2. Ří-
zením tyristorů se reguluje nabíjecí
proh akumulátoru.

Tyristory jsou ovládány oscilátorem,
který je tvořen tranzistory T4 (n-p-n) a
T3 (p-n-p). Tranzistory dostávají před-
pětí z děliče R9, R10 a R11. Oscilátor
je napájen přes diodu D5 z výstupních
svorek nabíječe (odmyslíme-li si am-
pérmetr AMP1 a pojistky F1).

Částečně vybitý olověný akumulátor
připojený se správnou polaritou na vý-

stupní svorky nabíječe začne svým napětím přes diodu D5 nabíjet kondenzátor C3. Nabíjecí proud kondenzátoru je určován rezistorem R7. Během několika ms se napětí na emitoru tranzistoru T3 ustálí na velikosti dané polohou běžce trimru R11. Následně se tranzistory T3 a T4 skokově otevřou, náboj kondenzátoru C3 se vybije přes rezistor R8 a v obvodu vznikne krátký kladný napěťový impuls. Celý tento děj se periodicky opakuje s kmitočtem asi 1400 Hz.

Impulzy z oscilátoru jsou vedeny přes tranzistory T1 a T2 na řídicí elektrody tyristorů. Tranzistory jsou zapojeny jako emitorové sledovače a zesilují řídicí proud. Báze tranzistorů jsou chráněny rezistory R5 a R6. Rezistory R1 a R2 zabezpečují bezpečné spínání tyristorů. Diody D3 a D4 zabraňují tomu, aby se na řídicí elektrody nemohly vyskytnout případné záporné impulsy, kterými by se tyristory nevratně zničily.

Kladnými impulsy na řídicí elektrodě se uvedou tyristory do vodivého stavu. Usměrnovací můstek začne pracovat, vede nabíjecí proud a akumulátor připojený na výstupní svorky nabíječe se nabíjí. Tyristory se zavírají vždy, když sinusovka napětí ze sekundárního vinutí síťového transformátoru prochází nulou. Během každé půlperiody síťového napětí přichází na tyristor celá řada řídicích pulsů. Je-li tyristor otevřen, nejsou sice tyto impulsy zapotřebí, ale díky

krátké periodě impulsů se tyristory uvádějí do vodivého stavu zcela bezpečně ihned po průchodu střídavého napětí nulou.

Není-li na výstup nabíječe připojen akumulátor, je-li výstup zkratován nebo je-li připojen akumulátor s obrácenou polaritou, oscilátor nepracuje, tyristory jsou trvale vypnuté a do výstupu nemůže téci žádný proud. Tím je nabíječ chráněn proti zkratu na výstupu a přepólování akumulátoru.

Nabíječ tedy začne nabíjet až tehdy, je-li připojen částečně vybitý akumulátor a souhlasí-li polarita jeho vývodů s polaritou výstupních svorek nabíječe. Správné připojení akumulátoru indikuje rozsvícením zelená LED D8, která je připojena k výstupním svorkám nabíječe. Při nesprávné polaritě akumulátoru dioda D7 nevede a LED D8 nesvítí.

Při nabíjení akumulátoru se zvyšuje jeho svorkové napětí a prostřednictvím děliče R9, R10 a R11 se zvyšuje i napětí na bázi tranzistoru T3. Protože napětí na emitoru T3 je pevné (je určováno Zenerovou diodou D6), zmenšuje se při zvyšování napětí na bázi T3 napětí mezi bází a emitorem T3. Když napětí mezi bází a emitorem T3 poklesne pod určitou velikost, přestane oscilátor pracovat a tyristory zůstanou v nevodivém stavu. Nabíjení se tedy přeruší v závislosti na napětí akumulátoru a na nastavení běžce trimru R11. Trimr R11 musí

být nastaven tak, aby se nabíjení ukončilo při dosažení požadované konečné velikosti napětí akumulátoru, která se obvykle volí 14,4 V.

Okamžitě po ukončení nabíjení se však napětí akumulátoru zmenší. Tímto poklesem napětí se oscilátor uvede na krátkou dobu do provozu a nabíjení se obnoví. Vzápětí však napětí akumulátoru překročí konečnou velikost a nabíjení se ukončí. Tak se akumulátor dobíjí krátkými impulsy a mezery mezi impulsy se stále prodlužují.

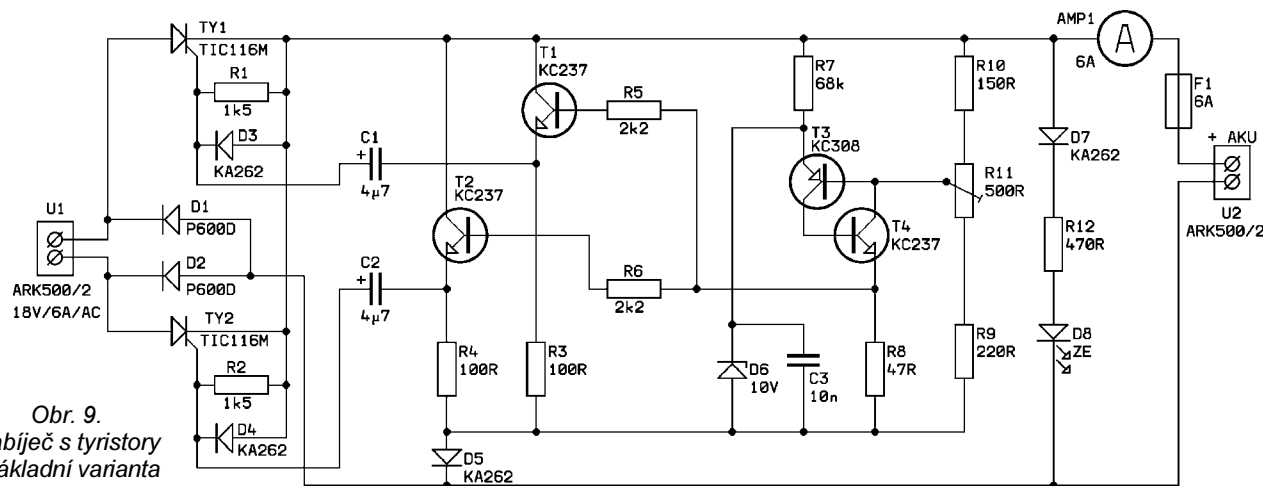
Do série s kladnou výstupní svorkou nabíječe je zařazen ampérmetr s rozsahem 6 A. Tento ampérmetr slouží ke kontrole, že se připojený akumulátor skutečně nabíjí, a ke kontrole střední hodnoty nabíjecího proudu.

Velikost nabíjecího proudu totiž není nijak regulována a záleží jen na sekundárním napětí a vnitřním odporu síťového transformátoru a na dalších odporech zařazených v nabíjecím okruhu.

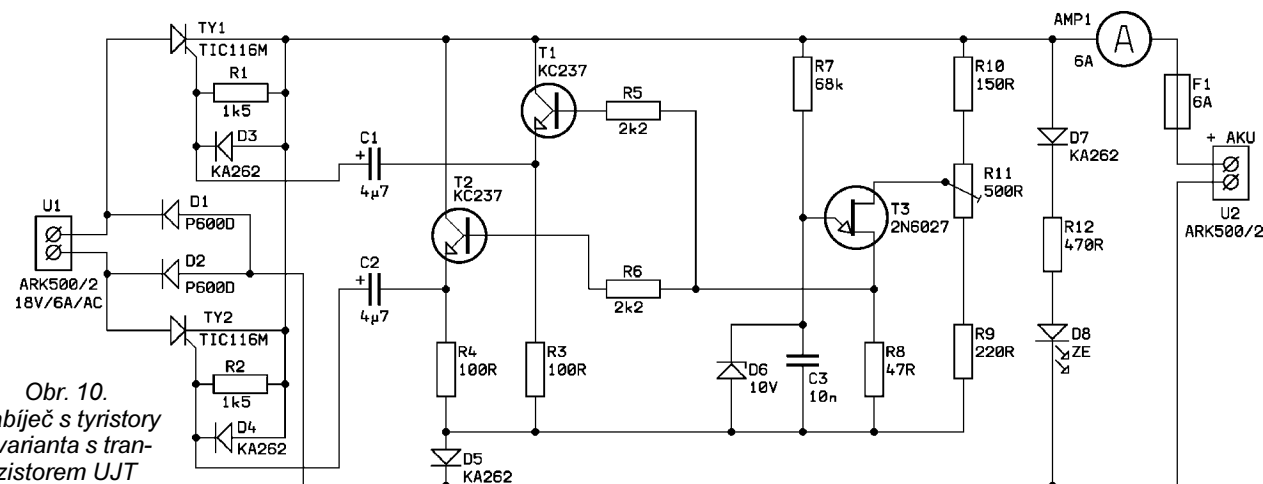
Pokud je nabíjecí proud příliš velký nebo se transformátor nadměrně zahřívá, můžeme zmenšit nabíjecí proud rezistorem zapojeným do série se sekundárním vinutím transformátoru.

Jediným nastavovacím prvkem je trimr R11. Jeho běžec je třeba v závislosti na použité Zenerové diodě D6 nastavit tak, aby nabíječka spolehlivě přestala dodávat proud do oloveného akumulátoru tehdy, když napětí na jeho svorkách dosáhne velikosti 14,4 V.

Obr. 9.
Nabíječ s tyristory
- základní varianta



Obr. 10.
Nabíječ s tyristory
- varianta s tranzistorem UJT



Tranzistory T3 a T4 lze nahradit jedním tranzistorem UJT typu 2N6027 nebo 2N2646. Schéma takové varianty nabíječe je na obr. 10.

I pro tuto variantu jsem připravil desku s plošnými spoji. A je jen na konstruktérovi, pro kterou variantu se rozhodne. Řešení s tranzistorem UJT je o něco jednodušší, ale kvůli vyšší ceně tranzistoru UJT je poněkud dražší.

Konstrukce

Obě varianty nabíječe jsou zkonstruovány z běžných vývodových součástek umístěných na desce s jednostrannými plošnými spoji.

Obrazec spojů základní varianty nabíječe je na obr. 11, rozmístění součástek na desce je na obr. 12.

Obrazec spojů varianty nabíječe s tranzistorem UJT je na obr. 13, rozmístění součástek na desce je na obr. 14.

Tyristory lze nahradit i jinými typy v pouzdru TO220, podmínkou však je, aby spínací proud jejich řídicích elektrod byl maximálně 20 mA.

Tyristory jsou připevněny na žebrovaný chladič ZH610 z prodejny Ferona. Výška chladiče je asi 50 mm. Nezapomeňte izolovat tyristory od chladiče slidovými podložkami. Ke snížení tepelných ztrát jemně potřete styčnou plochu chladiče a tyristoru tepelně vodivou pastou (silikonovou vazelinou).

Tento velice jednoduchý tyristorový nabíječ není vůbec náročný na výběr součástek a funguje při pečlivém osazení na první zapojení. Záludnosti v nedefinovatelných stavech, zakmitávání apod. se u této konstrukce vůbec nevyskytl a nabíjecí proud byl dodáván do připojeného akumulátoru zcela spolehlivě v definované velikosti.

Před osazením součástek na desku s plošnými spoji prohlédněte desku proti světlu a zkontrolujte, že spoje nemají trhliny nebo vodivé můstky. Také je vhodné proměřit univerzálním multimetrem pasivní a aktivní součástky (alespoň tak, že nemají zkrat nebo nejsou přerušeny).

Nabíječ je vestavěn do skřínky, která může být typizovaná plastová nebo kovová, zhotovená podle vlastní úvahy konstruktéra. Pojistkové pouzdro je umístěno na zadní stěně skřínky.

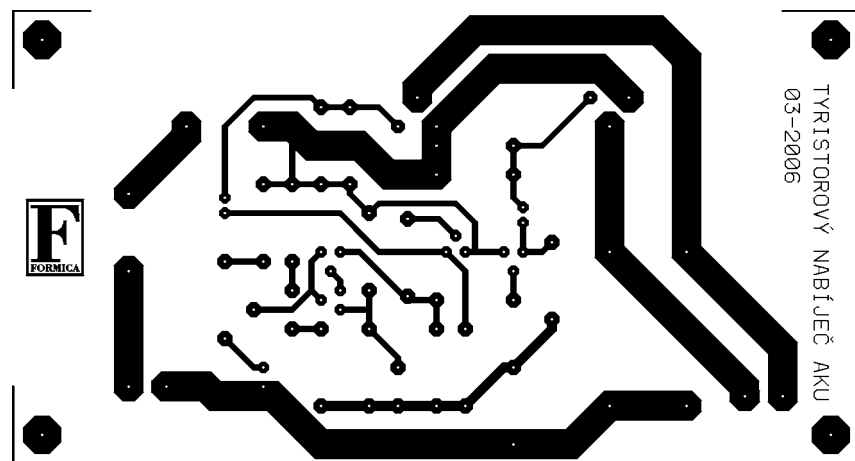
Nabíječ nevyžaduje chladičí ventilátor. Vyšší teplotu vykazuje jen napájecí transformátor, který je díky obvodům s tyristory částečně sycen jednosměrným proudem.

Seznam součástek základní varianta

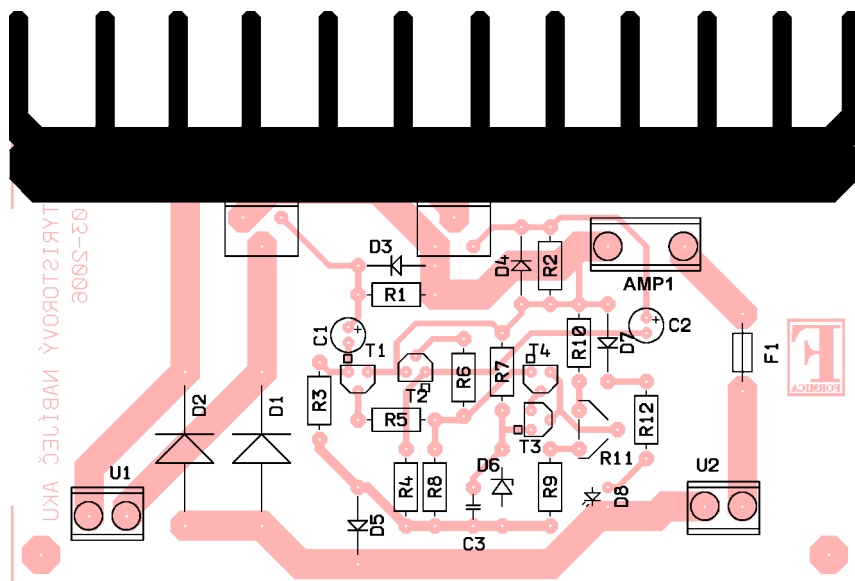
R1, R2	1,5 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R3, R4	100 Ω /1 %/0,5 W, metal.
R5, R6	2,2 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R7	68 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R8	47 Ω /1 %/0,5 W, metal.
R9	220 Ω /1 %/0,5 W, metal.
R10	150 Ω /1 %/0,5 W, metal.
R11	500 Ω , trimr PT6V

R12	470 Ω /1 %/0,5 W, metal.
C1, C2	4,7 μ F/35 V, radiální
C3	10 nF, TC352
D1, D2	P600D
D3, D4,	
D5, D7	KA262
D6	BZX83V010
D8	LED zelená, 8 mm

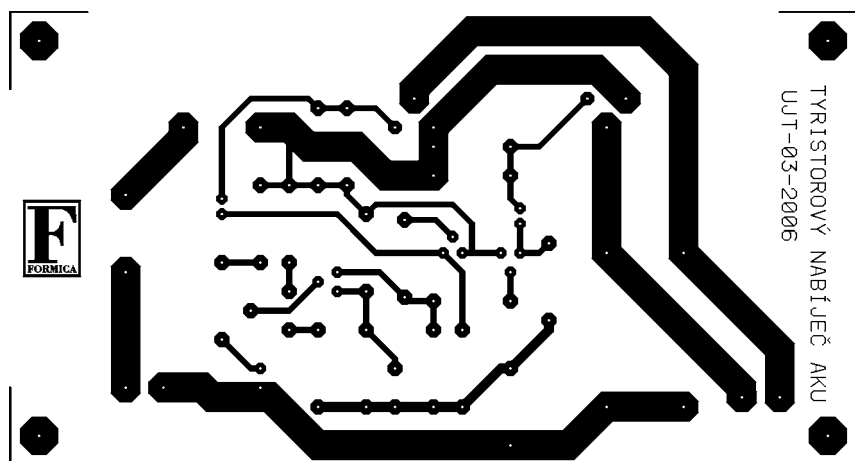
T1, T2, T4	KC237
T3	KC308
TY1, TY2	TIC116M
F1	F6A, pojistka 5x200 mm
AMP1	ss ampérmetr 6 A (MP40 nebo MP80)
U1, U2	svorkovnice ARK500/2
	chladič ZH610



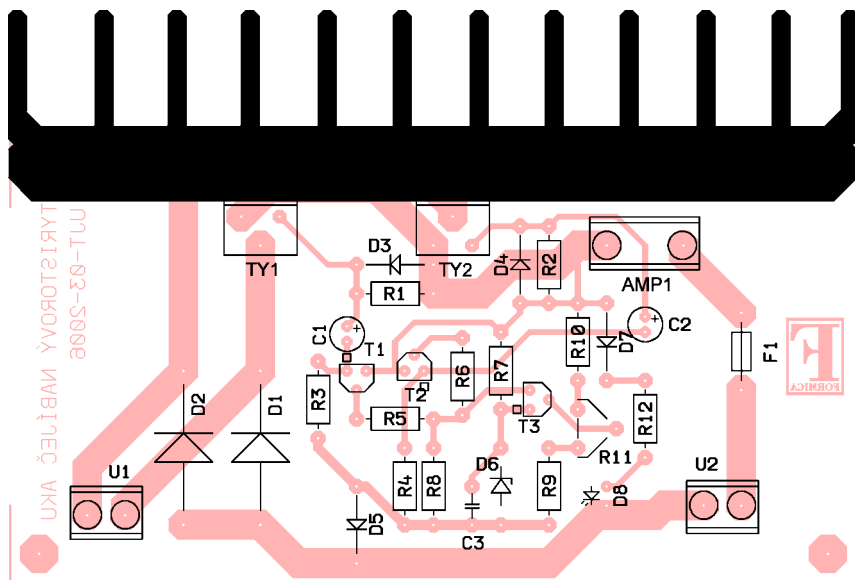
Obr. 11. Obrazec spojů nabíječe s tyristory - základní varianta (měř.: 1 : 1)



Obr. 12. Rozmístění součástek na desce nabíječe s tyristory - základní varianta



Obr. 13. Obrazec spojů nabíječe s tyristory - varianta s tranzistorem UJT (měř.: 1 : 1)



Obr. 14. Rozmístění součástek na desce nabíječe s tyristory
- varianta s tranzistorem UJT

Seznam součástek

varianta s tranzistorem UJT

R1, R2	1,5 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R3, R4	100 Ω /1 %/0,5 W, metal.
R5, R6	2,2 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R7	68 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R8	47 Ω /1 %/0,5 W, metal.
R9	220 Ω /1 %/0,5 W, metal.
R10	150 Ω /1 %/0,5 W, metal.
R11	500 Ω , trimr PT6V
R12	470 Ω /1 %/0,5 W, metal.
C1, C2	4,7 μ F/35 V, radiální
C3	10 nF, TC352
D1, D2	P600D
D3, D4,	
D5, D7	KA262
D6	BZX83V010
D8	LED zelená, 8 mm
T1, T2	KC237
T3	2N6027 nebo 2N2646
TY1, TY2	TIC116M
F1	F6A, pojistka 5x200 mm
AMP1	ss ampérmetr 6 A
	(MP40 nebo MP80)
U1, U2	svorkovnice ARK500/2
	chladič ZH610

Dobíječ olověných akumulátorů s obvodem L200

Jako další ukázkou nabíječů a dobíječů automobilových startovacích olověných akumulátorů si představíme velice jednoduchou konstrukci, která využívá vlastností integrovaného obvodu L200.

Příspěvky na různých odborných zahraničních fórech, která se zabývají nabíjením akumulátorů do osobních automobilů, tento obvod hodnotí rozporuplně a příliš ho k využití do konstrukcí v této oblasti nedoporučují.

Rozhodl jsem se ověřit opodstatněnost jednotlivých výtek sestavením velice jednoduchého dobíječe, který má nastaven maximální dobíjecí proud 1 A.

Po více než tříletém používání a ověřování mnou požadovaných parametrů mohu konstatovat, že nedostatky popisované na zahraničních fórech se u této konstrukce neobjevily.

Popis funkce

Schéma dobíječe je na obr. 15. Síťové napětí 230 V je přiváděno přes kolébkový spínač, který pro jednoduchost není na schématu nakreslen, na vstupní svorkovnici U1. Ze svorkovnice je vedeno na síťový transformátor, který je dimenzován na výkon 30 VA a je určen pro montáž na desku s plošnými spoji.

Sekundární napětí o velikosti 2x 15 V je dvoucestně usměrňováno diodami D2 a D3 a vyhlazováno a filtrováno kondenzátory C1 a C2. Na kladném pólu kondensátoru C1 bychom měli naměřit na prázdko asi 21 až 23 V. Předzátěž, která vybíjí kondensátor C1, když nabíječ odpojíme od síťového napětí, tvoří zelená nebo žlutá LED D1. LED D1 též signalizuje zapnutí přístroje. Proud LED D1 je určen odporem rezistoru R1.

Stabilizátor IO1 je zapojen v doporučeném zapojení výrobce. Aby se stabilizátor nerozkmital, má výstup zablokován paralelní kombinací hliníkového elektrolytického kondenzátoru C3 a keramického kondenzátoru C4. Oba tyto

kondenzátory by bylo možné nahradit jediným kapkovým tantalovým kondenzátorem o kapacitě 2,2 μ F/25 V. Jelikož jsem při konstrukci neměl v „šuplíku“ vhodný tantalový kondenzátor, tak bylo použito toto řešení se dvěma běžnými kondenzátory, které je i cenově výhodnější.

Maximální nabíjecí proud je nastaven odporem paralelní kombinace rezistorů R2 a R6 a je asi 1 A. Podle katalogového listu je rozdíl napětí mezi piny 5 a 2 IO1 v rozmezí 0,38 až 0,52 V. Tato nepřesnost v předepsaném stejnosměrném napětí není vůbec na závadu. Změnou odporu rezistoru R2 lze nastavit i jiný nabíjecí proud. Proud okolo 1 A však považuji za optimální, protože tato konstrukce je myšlena jako dobíječ automobilového akumulátoru, který trvale zůstává ve voze. Dobíječ je vždy na noc připojen na svorky akumulátoru a svým relativně malým dobíjecím proudem příznivě regeneruje jeho olověné desky.

Stabilizátor IO1 poskytuje na svém výstupu konstantní napětí 14,5 V, které se v průběhu dobíjecího cyklu nemění - dobíječ pracuje v charakteristice U. Nabíjecí proud tudíž s rostoucím nábojem akumulátoru klesá. Výstupní napětí stabilizátoru IO1 je určováno odporovým děličem se součástkami R3, R4 a R5. R5 je víceotáčkový trimr, kterým se nastavuje přesná velikost výstupního napětí. Výstupní napětí přitom měříme digitálním multimetrem.

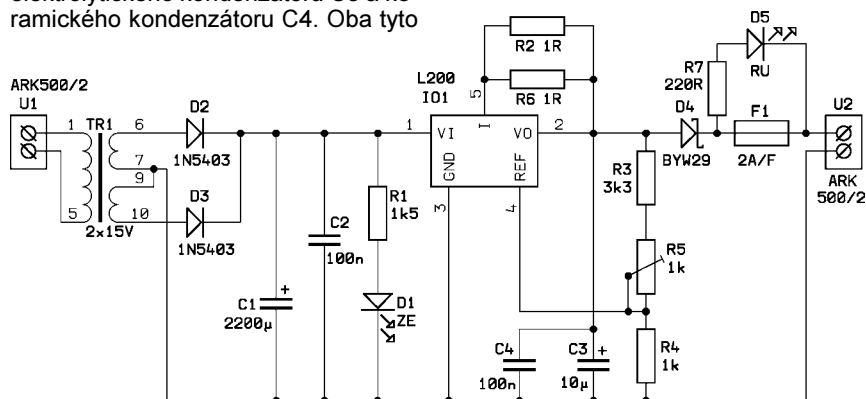
Schottkyho dioda D4 (v nouzi ji lze nahradit i běžnou usměrňovací diodou 1N5408) ochraňuje stabilizátor při přepólování dobíjeného akumulátoru.

Za diodou D4 je zapojena rychlá pojistka F1 se jmenovitým proudem 1,6 až 2 A a výstupní svorkovnice U2.

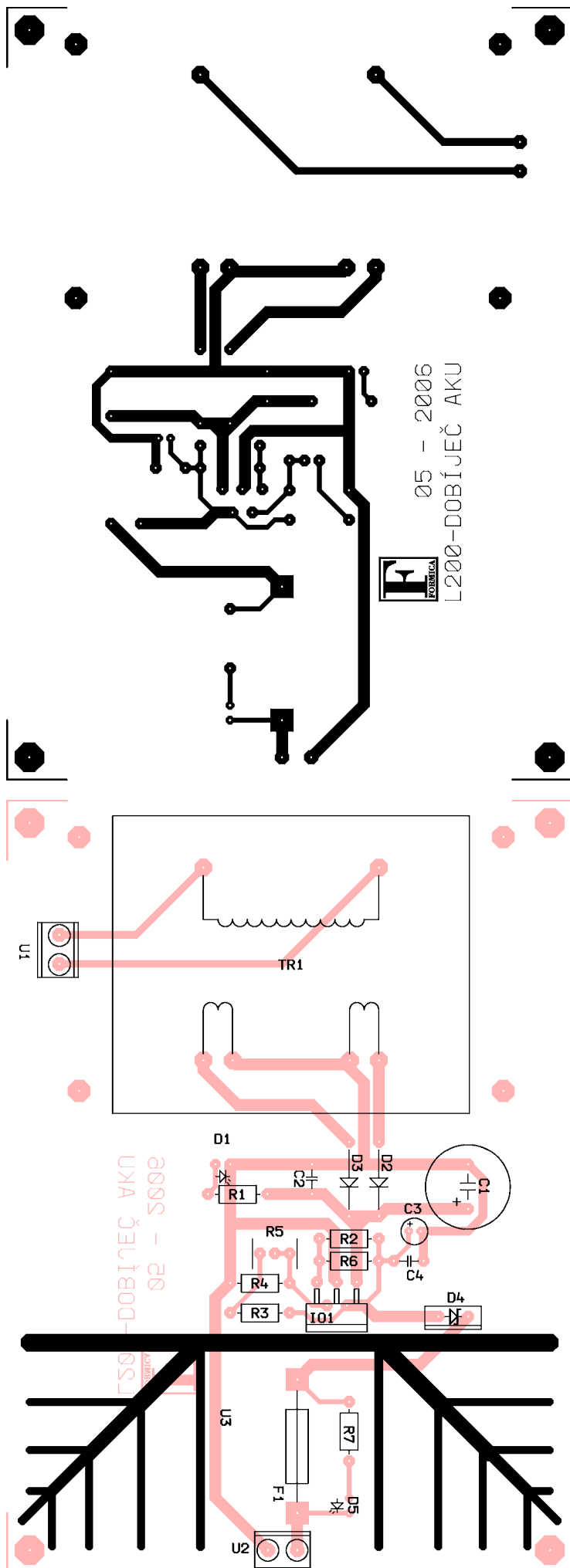
Přerušení pojistky F1 signalizuje červená LED D5, jejíž pracovní proud je určen rezistorem R7. Signalizace přerušení pojistky diodou LED je nutná, protože dobíječ nemá měřicí přístroj, který by upozornil na absenci dobíjecího proudu.

Konstrukce

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



Obr. 15. Dobíječ olověných akumulátorů s obvodem L200



Obr. 16 (vlevo nahoře). Obrazec spojů dobíječe s obvodem L200 (měř.: 1 : 1)

Obr. 17 (vlevo dole). Rozmístění součástek na desce dobíječe s obvodem L200

ji. Obrazec spojů je na obr. 16, rozmístění součástek na desce je na obr. 17.

IO1 a D4 jsou přišroubovány na hliníkový žebrovaný chladič typu V4511. Tento chladič již opravený a povrchově upravený (černěný) lze zakoupit u firmy GES. Protože chladič je upevněn na desce s plošnými spoji izolovaně, nemusí být od něj izolován IO1. Slídovou podložkou je od chladiče izolována pouze dioda D4. Styčné plochy IO1 a D4 jsou pro lepší odvod tepla lehce potřeny tepelně vodivou pastou nebo silikonovou vazelinou, kterou dostanete koupit v rybářských potřebách.

Celý dobíječ je umístěn do standardní plastové skříňky. Na čelní panel je nalepen štítek ze samolepící matné (případně lesklé) bílé fólie Signolit, na kterou je vytištěn popis barevnou laserovou tiskárnou OKI 3200.

Po dokončení nastavíme trimrem R5 na výstupních svorkách dobíječe napětí 14,5 V.

Konstrukce nemá žádné záludnosti a při pečlivém osazení a zapájení součástek pracuje na první zapojení.

Seznam součástek

R1	1,5 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R2, R6	1 Ω /1 %/0,5 W, metal.
R3	3,3 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R4	1k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R5	1 k Ω , víceotáčkový trimr
R7	560 Ω /1 %/0,5 W, metal.
C1	2200 μ F/35 V, radiální
C2, C4	100 nF, keramický
C3	10 μ F/35 V, radiální
D1	ZE
D2, D3	1N5403
D4	BYW29
D5	LED červená, 5 mm
IO1	L200
TR1	transformátor 230 V/2x 15 V/30 VA
F1	F2A, pojistka 5x20 mm
U1, U2	svorkovnice ARK500/2

Nabíječ 12 V/4,5 A s obvodem L200

Pro konstruktéry, kteří potřebují nabíjet olověný akumulátor proudem až 5 A, předkládám zapojení s obvodem L200 a výkonovým tranzistorem BD910. Tento tranzistor posiluje proud stabilizátoru L200 až na požadovaných na 5 A.

Popis funkce

Schéma nabíječe je na obr. 18. Přístroj je napájen síťovým transformátorem 230 V/15 V/80 VA, který je připojen k síti přes kolébkový spínač. Pro jedno-

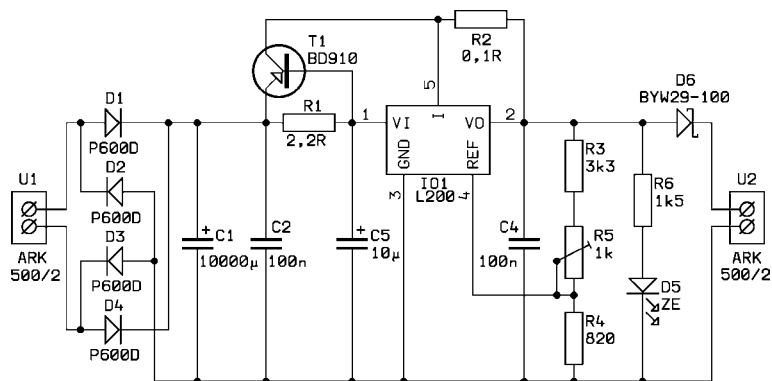
duchost nejsou transformátor ani síťový spínač na schématu nakresleny.

Sekundární vinutí 15 V/5,5 A transformátoru je připojeno k nabíječi přes vstupní svorkovnici U1. Střídavé napětí ze svorkovnice U1 je můstkově usměřováno diodami D1 až D4 a vyhlazováno a filtrováno kondenzátory C1 a C2. Na kladném pólu kondenzátoru C1 bychom měli naměřit naprázdno asi 21 až 23 V.

Stabilizátor IO1 typu L200 je zapojen podle doporučení výrobce. Aby stabilizátor nekmital, má vstup i výstup zablokován kondenzátory C4 a C5. Výstupní proud stabilizátoru IO1 je posilován p-n-p tranzistorem T1 typu BD910 (10 A/125 W). Přechod báze-emitor T1 je připojen paralelně k rezistoru R1, kterým protéká vstupní proud stabilizátoru IO1. Když proud tekoucí do stabilizátoru dosáhne velikosti asi 0,3 A, vznikne na R1 úbytek napětí asi 0,66 V, tranzistor T1 se otevře a další proud přesahující 0,3 A pak obtéká stabilizátor IO1 tranzistorem T1.

Celkový výstupní proud, který protéká stabilizátorem IO1 i tranzistorem T1, je omezován proudovou pojistkou s bočnickem R2.

Proudová pojistka zamezuje dalšímu zvětšování výstupního proudu, když napětí na bočniku R2 dosáhne velikosti asi 0,45 V. Protože R2 má odpor 0,1 Ω, je celkový výstupní proud nabíječe omezován na asi 4,5 A. Vzhledem ke značnému zatížení musí být rezistor R2 drátový a dimenzovaný na výkon 5 W. Změnou odporu rezistoru R2 lze nastavit i jiný nabíjecí proud.



Obr. 18. Nabíječ olověných akumulátorů proudem 4,5 A s obvodem L200

Výstupní napětí nabíječe je určováno děličem R3, R4 a R5. Kvůli přesnému a pohodlnému nastavení velikosti výstupního napětí je použit na místě rezistoru R5 víceotáčkový trimr.

Zelená nebo žlutá LED D5 signalizuje zapnutí přístroje a také zajišťuje vybití vyhlazovacího kondenzátoru C1 po odpojení nabíječe od sítě. Pracovní proud LED D5 je určen rezistorem R6.

Schottkyho dioda D6 (postačí i běžná usměrňovací dioda 1N5408) ochraňuje stabilizátor při přepólování dobíjeného akumulátoru.

Výstup nabíječe je vyveden na svorkovnici U2.

Konstrukce

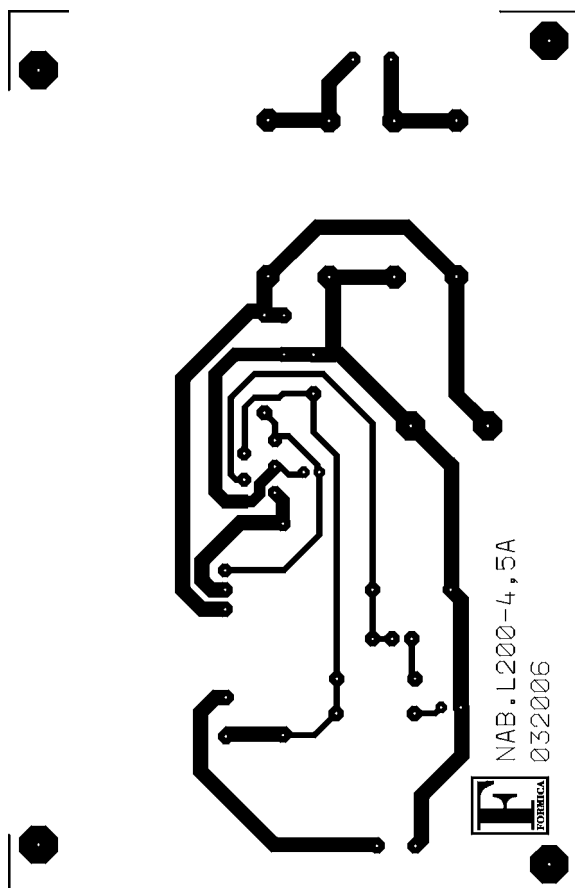
Nabíječ 12 V/4,5 A je zkonstruován z běžných vývodových součástek, které jsou připájeny na desce s jedno-

strannými plošnými spoji. Obrazec spojů je na obr. 19, rozmístění součástek na desce je na obr. 20.

IO1, T1 a D6 jsou přišroubovány na hliníkový žebrovaný chladič typu ZH610 o celkové výšce 75 mm. Protože chladič je upevněn na desce s plošnými spoji izolovaně, nemusí být od něj izolován tranzistor T1, který rozptyluje největší výkon. Slídovou podložkou jsou od chladiče izolovány pouze IO1 a D4. Styčné plochy T1, IO1 a D4 jsou pro lepší odvod tepla lehce potřeny tepelně vodivou pastou nebo silikonovou vazelinou.

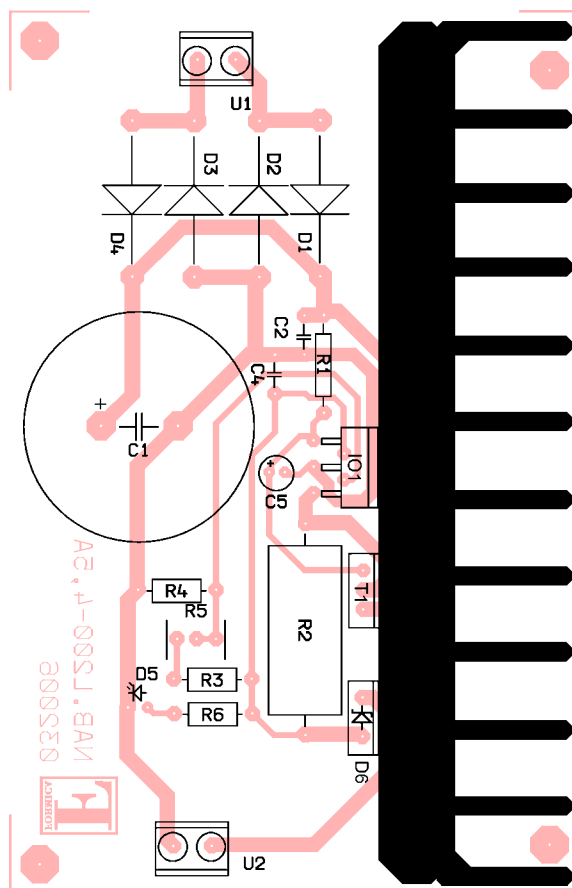
Celý dobíječ je umístěn do standardní plastové skříňky. Na čelní panel je nalepen štítek ze samolepicí matné (případně lesklé) bílé fólie Signolit, na kterou je vytištěn popis barevnou laserovou tiskárnou OKI 3200.

Nabíječ je samozřejmě možné vestavět i do kovové skříňky, tu však mu-



Obr. 19. Obrazec spojů dobíječe s obvodem L200 - varianta s tranzistorem BD910 (měř.: 1 : 1)

Obr. 20. Rozmístění součástek na desce dobíječe s obvodem L200 - varianta s tranzistorem BD910



síme spojit s ochranným vodičem (PE) třípramenné síťové šňůry.

Nabíječ můžeme doplnit ručkovým ampérmetrem s rozsahem 6 nebo 10 A, kterým budeme kontrolovat nabíjecí proud.

Po dokončení nastavíme trimrem R5 na výstupních svorkách dobíječe napětí 14,5 V.

Konstrukce nemá žádné záludnosti a při pečlivém osazení a zapájení součástek pracuje na první zapojení.

Seznam součástek

R1	2,2 Ω /2 W, drátový
R2	0,1 Ω /5 W, drátový
R3	3,3 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R4	820 Ω /1 %/0,5 W, metal.
R5	1 k Ω , víceotáčkový trimr
R6	1,5 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
C1	10000 μ F/25 V, radiální
C2, C4	100 nF, keramický
C5	10 μ F/35 V, radiální
D1, D2, D3, D4	P600D
D5	LED zelená, 5 mm, 20 mA
D6	BYW29-100
T1	BD910
IO1	L200
U1, U2	svorkovnice ARK500/2
	chladič ZH610

Elektronická Zenerova dioda 2

Popis funkce

Schéma velice jednoduché elektronické Zenerovy diody je na obr. 21 a obr. 22. Tato konstrukce je podstatně jednodušší než obdobné zařízení, které bylo popsáno v KE 6/2005. Schéma vychází z aplikačního zapojení obvodu TL431 doporučeného výrobcem a je navrženo ve dvou variantách - s tranzistorem TIP145 v pouzdru TO220 pro vertikální montáž nebo s tranzistorem KD366 v pouzdru TO3 pro horizontální montáž.

Elektronická Zenerova dioda má Zenerovo napětí plynule nastavitelné v rozmezí 5 až 15 V a může ji protékat proud až 3 A. Používá se jako zátěž místo akumulátoru při testech různých nabíječů, u kterých můžeme při změně Zenerova napětí sledovat, jak závisí nabíjecí proud na velikosti napětí na výstupu nabíječe.

Základem zapojení je paralelní regulátor TL431 (IO1), který ke zvýšení své proudové zatížitelnosti využívá Darlingtonův výkonový tranzistor T1 v odvodu pnp. Obvod TL431 má výstupní napětí v toleranci 0,5 %. Protože na vývodu K obvodu TL431 nemůže být napětí menší než asi 2,4 V a úbytek napětí na Darlingtonově tranzistoru T1 je asi 1,2 V, je minimální teoreticky dosažitelné Zenerovo napětí 3,2 V (abychom takového napětí dosáhli, museli bychom odpor rezistoru R2 zmenšit na 680 Ω). Pokud bychom použili jednoduchý tranzistor

p-n-p, bylo by minimální dosažitelné Zenerovo napětí asi 2,6 V. Avšak jednoduchý tranzistor má relativně malý proudový zesilovací činitel a při větším proudu tekoucím Zenerovou diodou by proud jeho báze, který celý protéká obvodem IO1, mohl být natolik velký, že by se IO1 zničil. Proud tekoucí obvodem IO1 nesmí přesáhnout 100 mA a výkonová ztráta IO1 (tj. součin protékajícího proudu a napětí na IO1) nesmí přesáhnout 0,3 W. Proto je vhodné použít i pro menší zatěžovací proudy Zenerovy diody Darlingtonův tranzistor.

Zenerovo napětí se ovládá lineárním potenciometrem R4. Při předepsaném odporu 10 k Ω potenciometru R4 je maximální nastavitelné napětí asi 15 V. Zvětšením odporu potenciometru R4 můžete maximální nastavitelné Zenerovo napětí zvětšit až 35 V. Pro testování nabíječů však postačuje rozsah do 15 V.

Rezistor R1 zajišťuje průtok pracovního proudu obvodem IO1. Při jakémkoliv nastaveném Zenerově napětí musí být proud tekoucí obvodem IO1 větší než 1 mA.

Regulační potenciometr R4 může být i víceotáčkový, ale jeho použití by s ohledem na jeho pořizovací cenu mělo smysl jen tehdy, kdyby se Zenerovo napětí měřilo 3,5místným digitálním voltmetrem. Protože se však Zenerovo napětí měří ručkovým měřidlem VOLT1 s přesností 2,5 %, stačí k nastavení Zenerova napětí jednoduchý a laciný potenciometr řady TP160.

Měřidlem VOLT1 se měří nastavené Zenerovo napětí. Je to ručkový ss voltmetr s rozsahem 15 V, který pod označením HD-076 15V prodává firma GM Electronic. Při použití tohoto měřidla vynecháme součástky R5 a R6.

Můžeme také použít libovolný vhodný ručkový mikroampérmetr s citlivostí 100 μ A až 1 mA a vybrat odpory součástek R5 a R6 tak, aby měřidlo mělo plnou výchylku při napětí 15 V na svorkovnici U1.

Je důležité si uvědomit, že tuto elektronickou Zenerovu diodu nesmíme přímo připojit k tvrdému zdroji napětí, který poskytuje proud větší než 3 A. K takovému zdroji ji však můžeme připojit přes ochranný rezistor, který omezí protékající proud na méně než 3 A. Ochranný rezistor musí být naležitě výkonově dimenzován.

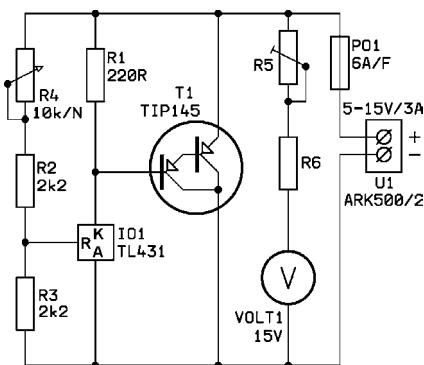
Vůči nadměrnému výstupnímu proudu je varianta Zenerovy diody s tranzistorem TIP145 chráněna pojistkou PO1.

Konstrukce

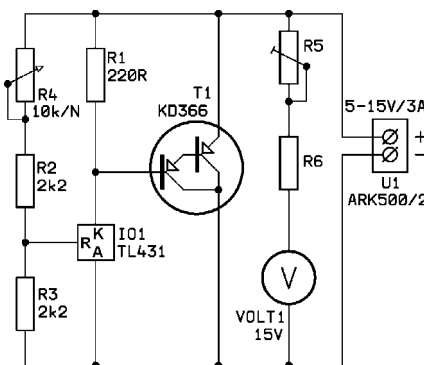
Obě varianty elektronické Zenerovy diody 2 jsou zkonstruovány z vývodových součástek připájených na desce s jednostrannými plošnými spoji.

Obrazec spojů varianty s tranzistorem TIP145 je na obr. 23, rozmístění součástek na desce je na obr. 24.

Obrazec spojů varianty s tranzistorem KD366 je na obr. 25, rozmístění součástek na desce je na obr. 26.



Obr. 21. Elektronická Zenerova dioda 2 - varianta s tranzistorem TIP145



Obr. 22. Elektronická Zenerova dioda 2 - varianta s tranzistorem KD366

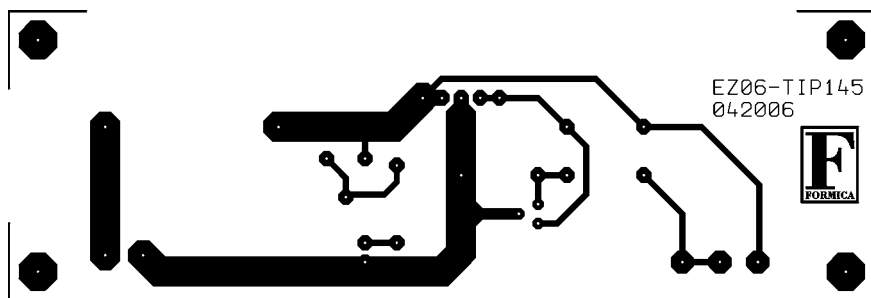
Výkonový tranzistor T1 je opatřen žebrovaným chladičem ZH610 z prodejny Feron. Protože je chladič upevněn izolovaně uvnitř plastové skříňky, nemusí být T1 od chladiče izolován. T1 typu TIP145 v pouzdru TO220 je na chladič přišroubován přímo, T1 typu KD366 v kovovém pouzdru TO3 je přišroubován na spojovací hliníkový úhelník, který je následně přišroubován na chladič. Všechny spoje, kterými přestupuje teplo, jsou jemně potřeny tepelné vodivou pastou.

Elektronická Zenerova dioda je vestavěna do typizované plastové skříňky K10, která má odvětrávací otvory. Na čelní panel je opět nalepena bílá lesklá (nebo matná) fólie Signolit s potiskem zhotoveným barevnou laserovou tiskárnou OKI 3200. Tento potisk dodává přístroji téměř profesionální vzhled.

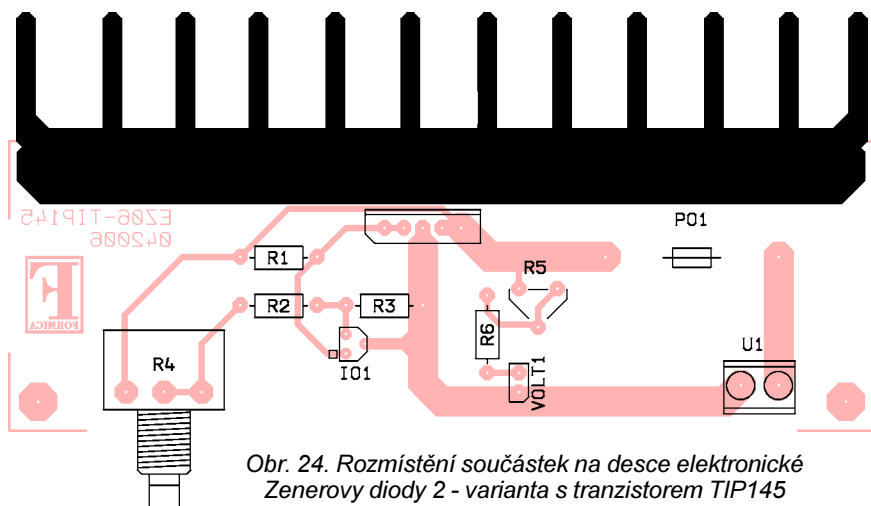
Seznam součástek

varianta s tranzistorem TIP145

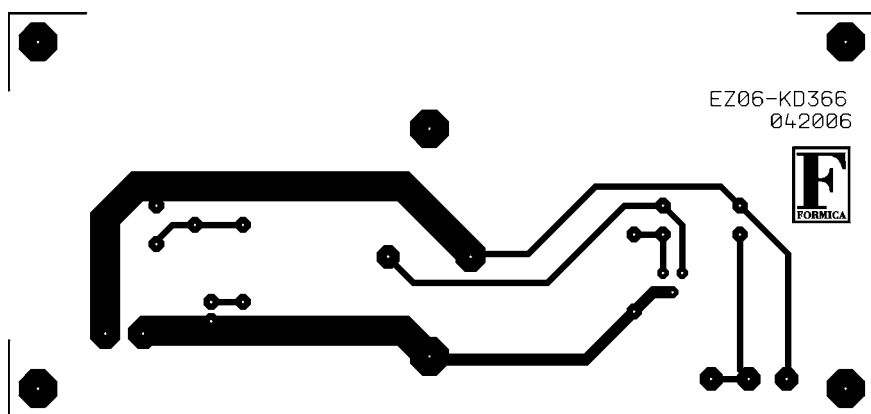
R1	220 Ω /1 %/0,5 W, metal.
R2, R3	2,2 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R4	10 k Ω /N, potenciometr lineární, TP160
R5	odpor viz text, trimr PT6V
R6	odpor viz text/1 %/0,5 W, metal.
T1	TIP145 (BDX54)
IO1	TL431 (TO92)
PO1	pojistka F6A, 5x20 mm
U1	svorkovnice ARK500/2
VOLT1	ručkovou měřidlo, viz text
	chladič ZH610



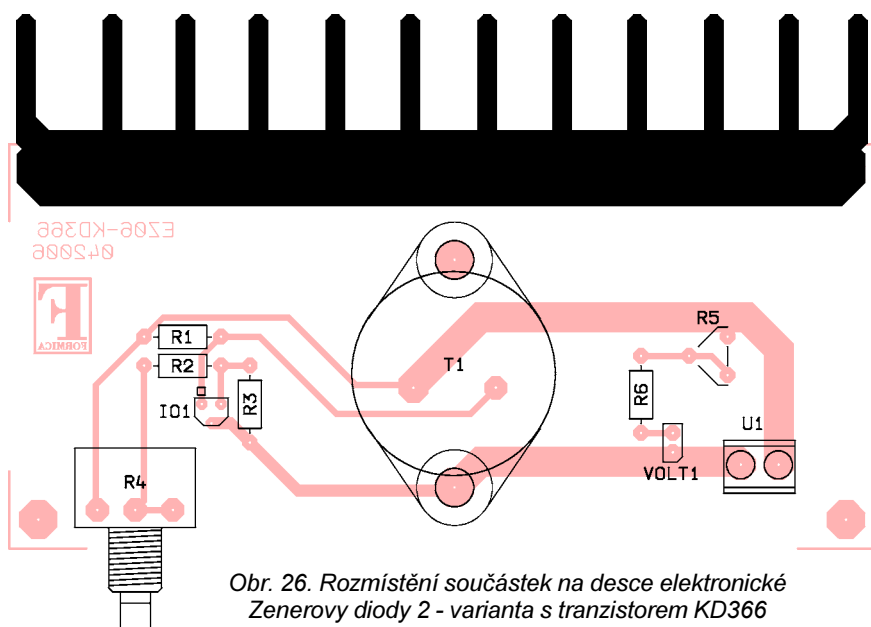
Obr. 23. Obrazec spojů elektronické Zenerovy diody 2 - varianta s tranzistorem TIP145 (měř.: 1 : 1)



Obr. 24. Rozmístění součástek na desce elektronické Zenerovy diody 2 - varianta s tranzistorem TIP145



Obr. 25. Obrazec spojů elektronické Zenerovy diody 2 - varianta s tranzistorem KD366 (měř.: 1 : 1)



Obr. 26. Rozmístění součástek na desce elektronické Zenerovy diody 2 - varianta s tranzistorem KD366

Seznam součástek

varianta s tranzistorem KD366

R1	220 Ω /1 %/ 0,5 W, metal.
R2, R3	2,2 k Ω /1 %/ 0,5 W, metal.
R4	10 k Ω /N, potenciometr lineární, TP160
R5	odpor viz text, trimr PT6V
R6	odpor viz text/1 %/ 0,5 W, metal.
T1	KD366
IO1	TL431 (TO92)
U1	svorkovnice ARK500/2
VOLT1	ručkové měřidlo, viz text
	chladič ZH610

Měřič startovacích schopností akumulátoru

Největším neštěstím pro motoristu, když zasedne ráno za volant svého automobilu, strčí klíček do spínací skříňky a otočí jím, je zjištění, že „plechový miláček“ nejde nastartovat.

Ve většině případů se jedná o částečně nebo úplně vybitý startovací olověný akumulátor, který buď nedostatečnou údržbou ze strany motoristy nebo vnitřním zkratem v rozvodné síti automobilu vypoví svou poslušnost a přestane fungovat v nejnevhodnější dobu.

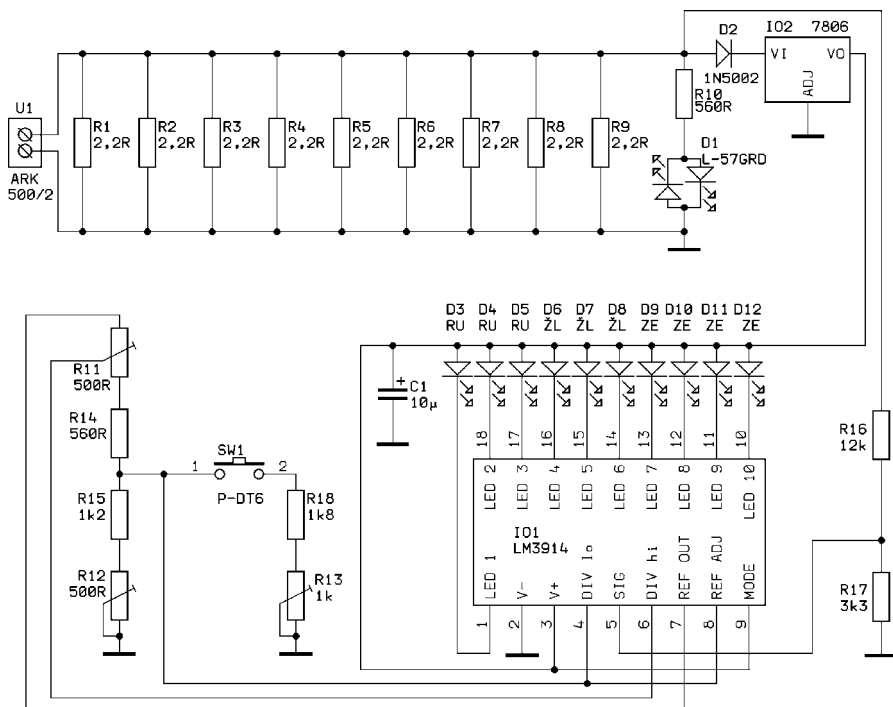
Tato porucha je nejčastější v zimě, kdy navíc roztažení vozidla nebo jeho nastartování za pomoci souseda a startovacích kabelů není ve velkém mrazu vůbec příjemné.

Proto přijde vhod jednoduchý přípravek na zjištění startovacích schopností akumulátoru, který vám předkládám k vyzkoušení.

Popis funkce

Schéma přípravku je na obr. 27. Napětí z měřeného akumulátoru přivádíme vodiči o průřezu 2,5 mm² na vstupní svorkovnici U1 měřiče. Paralelně k této svorkovnici, a tudíž i k měřenému akumulátoru, je zapojeno 9 kusů výkonových rezistorů 2,2 Ω /10 W (R1 až R9). Jejich celkový ztrátový výkon je 90 W a výsledný odpor 0,24 Ω , což umožňuje krátkodobě zatížit dvanáctivoltový akumulátor proudem asi 50 A. Dvoubarevná LED D1 (zelená/červená) signalizuje správnou polaritu připojeného akumulátoru. Pracovní proud LED D1 je nastaven rezistorem R10. Když svítí LED D1 zeleně, je polarita připojeného akumulátoru v souladu s naznačenou polaritou vstupní svorkovnice U1. Když svítí LED D1 červeně, je polarita akumulátoru obrácená a nebude možné provést další měření jeho startovací schopnosti.

Měření startovací schopnosti spočívá v měření napětí zatíženého akumulátoru. Napětí se orientačně měří sloupčovým indikátorem typu LM3914 (IO1) s deseti LED D3 až D12. IO1 je napájen ze stabilizátoru IO2 typu 7806, na který se přivádí přes oddělovací diodu



Obr. 27. Měřič startovacích schopností akumulátoru

D2 napětí akumulátoru ze svorkovnice U1. Napětí pro IO1 je stabilizátorem zmenšováno na 6 V proto, aby nebyla překročena výkonová ztráta obvodu IO1 ani při použití méně účinných LED D3 až D12 s pracovním proudem až 20 mA.

Napětí z měřeného akumulátoru je přiváděno na vstup 5 IO1 přes dělič napětí s rezistory R16 a R17. Sloupcový indikátor IO1 typu LM3914 je zapojen podle doporučení výrobce. Díky propojení vývodu 9 IO1 (MODE) s kladným napájecím vývodem 3 IO1 pracuje indikátor v sloupcovém režimu (bar). Pokud bychom chtěli, aby indikace byla bodová (dot - svítí vždy jen jedna z LED), museli bychom vývod 9 IO1 nechat nezapojený.

Odporovou síť se součástkami R11, R12, R14 a R15 má indikátor nastaven krok napětí 0,5 V a měřicí rozsah 10 V (svítí samotná LED D3) až 14,5 V (svítí současně všechny LED D3 až D12). Dolní mezní napětí se nastavuje trimrem R11, horní mezní napětí 14,5 V se nastavuje trimrem R12.

Po stisknutí tlačítka SW1 lze měřit napětí akumulátoru 6 V. V tom případě se horní mezní napětí nastavuje trimrem R13.

Aby se obvod nerozkmital, je napájecí vývod IO1 zablokovan kondenzátorem C1.

Konstrukce

Měřič je zkonstruován z vývodových součástek na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrázec spojů je na obr. 28, rozmístění součástek na desce je na obr. 29.

Po zkontrolování plošných spojů na desce a součástek zapájíme na desku všechny součástky kromě výkonových rezistorů R1 až R9.

Z regulovaného laboratorního zdroje přivedeme na vstupní svorkovnici U1 napětí 10 V a trimr R11 nastavíme do

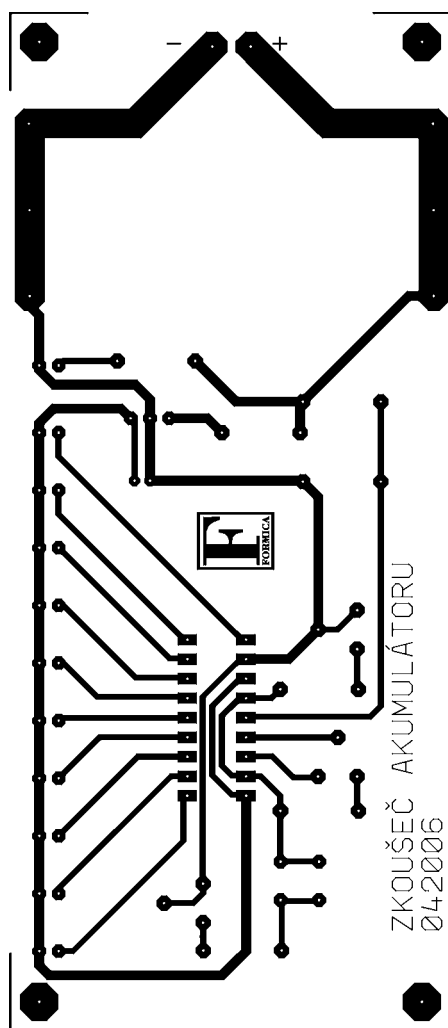
takové polohy, ve které se rozsvítí LED D3 (první červená). Pak nastavíme na laboratorním zdroji napětí 14,5 V a trimr R12 natočíme do takové polohy, aby se rozsvítila LED D12 (poslední zelená). Tento postup pro jistotu ještě jednou zopakujeme.

Pak přivedeme z laboratorního zdroje napětí 10,5 V, stiskneme tlačítko SW1 a trimr R13 nastavíme tak, aby se opět rozsvítila LED D12.

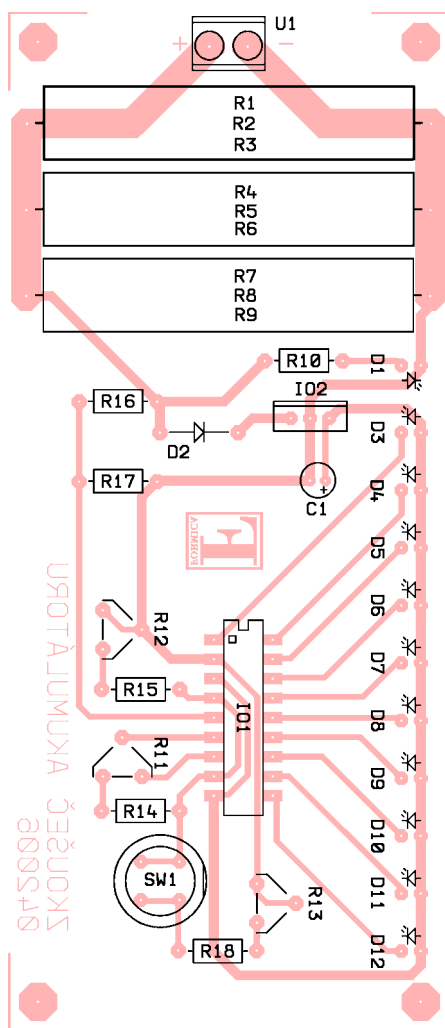
Pak měřič odpojíme od laboratorního zdroje a zapojíme výkonové rezistory R1 až R9. Tím je celá stavba hotova a můžeme již prakticky vyzkoušet, jak se chová akumulátor při zátěži 50 A.

Konstrukce nemá vůbec žádné základnosti a v provozu se ukázalo, že není nutné blokovat vývody stabilizátoru IO2 keramickými kondenzátory a že ani není nutné stabilizátor umístit na chladič. Měření jsou velice krátká (v rozsahu vteřin), takže pouzdro IO2 je schopné samo vyzářit ztrátový výkon do okolí i bez chladiče, obzvlášť pokud jsou použity LED D3 až D12 s malým příkonem.

Rudé (červené) LED D3 až D5 (10 až 11 V) signalizují hluboké vybití akumulátoru, tj. velice malý náboj, žluté LED D6 až D8 (11,5 až 12,5 V) signali-



Obr. 28. Obrázec spojů měřiče startovacích schopností akumulátoru (měř.: 1 : 1)



Obr. 29. Rozmístění součástek na desce měřiče startovacích schopností akumulátoru

zuji střední náboj, se kterým lze v létě ještě automobil nastartovat, a zelené LED D9 až D12 (13 až 14,5 V) signalizují dobře nabitý akumulátor.

Seznam součástek

R1 až R9	2,2 Ω /10 W, drátový
R10, R14	560 Ω /1 %/0,5 W, metal.
R11, R12	500 Ω , trimr PT6V
R13	1 k Ω , trimr PT6V
R15	1,2 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R16	12 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R17	3,3 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R18	1,8 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
C1	10 μ F/35 V, radiální
D1	dvoubarevná bipolární LED červená/zelená, 5 mm (typu L-57GRD)
D2	1N5002
D3, D4, D5	LED červená, 2x5 mm
D6, D7, D8	LED žlutá, 2x5 mm
D9, D10, D11, D12	LED zelená, 2x5 mm
IO1	LM3914 (DIL18)
IO2	7806
SW1	tlačítko P-DT6
U1	svorkovnice ARK500/2

Jednoduchý ukazatel napětí s obvodem TCA965

Občas máme potřebu se opticky přesvědčit, zda nabíjecí soustava v našem automobilu je v pořádku, poskytuje správné napětí a nevykazuje nějaké skryté závady.

Přestože různých zapojení optických ukazatelů napětí palubní sítě je mnoho, rozhodl jsem se vám předložit velice jednoduchý a naprosto spolehlivý optický ukazatel napětí palubní sítě automobilu s moderním integrovaným obvodem typu TCA965, který funguje jako okénkový komparátor s přesně definovanými rozhodovacími úrovněmi.

Na našem trhu to není příliš známý obvod, ale jak uvidíte dále, zapojení s ním je velice jednoduché a oživení bezproblémové.

Tři napěťové úrovně, které nám svitem signalizují tři LED různých barev, jsou pro mé potřeby naprosto dostačující.

Popis funkce

Schéma ukazatele napětí palubní sítě v automobilu je na obr. 30.

Měřené stejnosměrné napětí v rozsahu 5 až 20 V je připojeno na vstupní svorkovnici U1. Ze svorkovnice se měřené napětí přivádí na vstup okénkového komparátoru TCA965 (na vývod 8 IO1) přes vstupní děliče R1, R2, který je zeslabuje asi 4x.

Rozhodovací úrovně komparátoru jsou určovány sítí z rezistorů R3 až R7 a R9 až R11. V síti je zapojeno i několik rezistorů paralelně, aby se dosáhlo přesné velikosti odporu. K výstupům komparátoru jsou připojeny červená LED D1, zelená LED D2 a žlutá LED D3. Pracovní proud LED je určen odporem rezistoru R8.

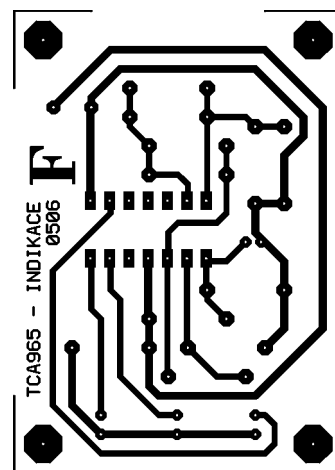
Když napětí přiváděné na vstupní svorkovnici U1 stoupá a je v rozsahu 0 až 11,6 V, svítí žlutá LED D3. Když je vstupní napětí v rozsahu 11,6 až 14,5 V, zhasne žlutá LED D3 a rozsvítí se zelená LED D2. Konečně, když je přiváděno napětí v rozsahu 14,5 až 20 V, zhasne zelená LED D2 a rozsvítí se červená LED D1. Aby v hraničních napěťových úrovních jednotlivé LED neblikaly, je do obvodu zařazen kondenzátor C1, který zpomaluje změny měřeného napětí.

Díky hysterezi komparátoru jsou při poklesu měřeného napětí rozhodovací úrovně poněkud odlišné. Při poklesu měřeného napětí od 20 do 14,3 V svítí červená LED D1, v pásmu napětí 14,3 až 11,5 V svítí zelená LED D2 a v posledním pásmu 11,5 až 0 V svítí žlutá LED D3.

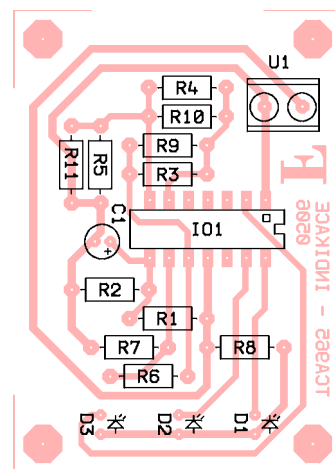
Ve schématu jsou orientačně uvedeny napěťové úrovně, které jsou důležité pro správnou funkci ukazatele.

Konstrukce

Ukazatel napětí je zkonstruován z vývodových součástek na desce



Obr. 31. Obrázek spojů jednoduchého ukazatele napětí s IO TCA965 (měř.: 1 : 1)



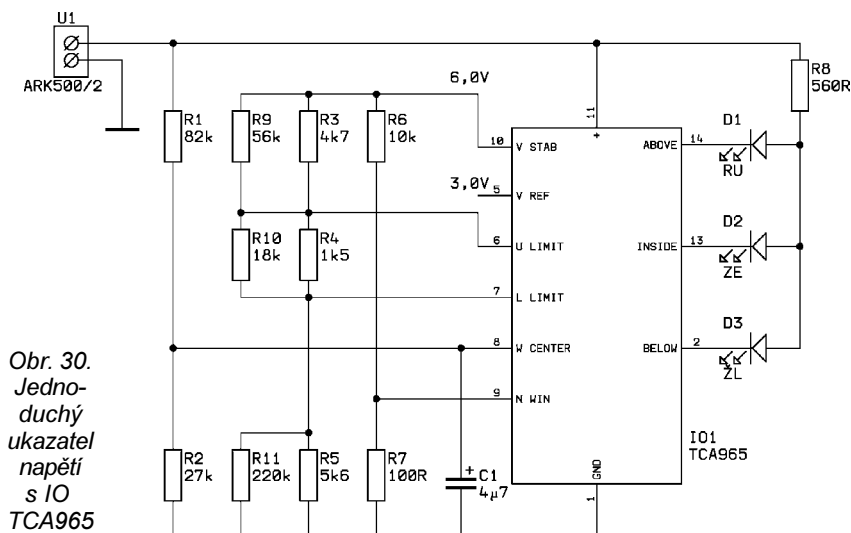
Obr. 32. Rozmístění součástek na desce jednoduchého ukazatele napětí s IO TCA965

s jednostrannými plošnými spoji. Obrázek spojů je na obr. 31, rozmístění součástek na desce je na obr. 32.

Konstrukce je bezproblémová a měla by pracovat na první zapojení.

Seznam součástek

R1	82 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R2	27 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R3	4,7 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R4	1,5 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R5	5,6 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R6	10 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R7	100 Ω /1 %/0,5 W, metal.
R8	560 Ω /1 %/0,5 W, metal.
R9	56 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R10	18 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R11	220 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
C1	4,7 μ F/16 V, radiální
D1	LED červená, 8 mm, 20 mA
D2	LED žlutá, 8 mm, 20 mA
D3	LED zelená, 8 mm, 20 mA
IO1	TCA965
U1	svorkovnice ARK500/2



Obr. 30. Jednoduchý ukazatel napětí s IO TCA965

Měřič úhlu sepnutí kontaktů přerušovače

Mnoho čtenářů mě žádalo o otištění nějakých konstrukcí, které by se mohly využít u doposud stále jezdících starších automobilů Škoda řady 105 a 120. Měli hlavně a myslí různá tranzistorová anebo tyristorová zapalování, otáčkoměry a přístroje pro jednoduché nastavení předstihu zapalování jiskry.

Jednou z takových konstrukcí je měřič úhlu sepnutí kontaktů přerušovače. Měření a nastavování vzdálenosti kontaktů přerušovače klasickým způsobem nepatří k ideálním - kromě jiného i proto, že přesnost většiny nastavovacích metod není právě dobrá a vykazuje větší a nebo menší chybu v celkovém seřízení zapalování. Přitom změna vzdálenosti kontaktů přerušovače ztěžuje, nebo i znemožňuje spolehlivý provoz motoru. Je-li mezera větší, start je nesnadný, chod motoru je nepravidelný a zvětšuje se spotřeba. Je-li naopak mezera menší, kontakty se rychleji opalují. K bezvadné funkci motoru je důležité dodržet předepsané úhly sepnutí kontaktů, které výrobce automobilů udává v servisní knížce ke každému vozidlu. U vozů Škoda 100 až 120 to je 55°, tj. 61% na stupnici měřidla. Tyto úhly jsou nezávislé na rychlosti otáčení motoru, mění se jen perioda spínání.

Je také třeba upozornit na to, že někdy můžeme při zastaveném motoru nastavit vzdálenost kontaktů přerušovače absolutně přesně, avšak za provozu je kvůli opotřebení vačky, ložiska apod. vzdálenost kontaktů jiná a úhel sepnutí není dodržen.

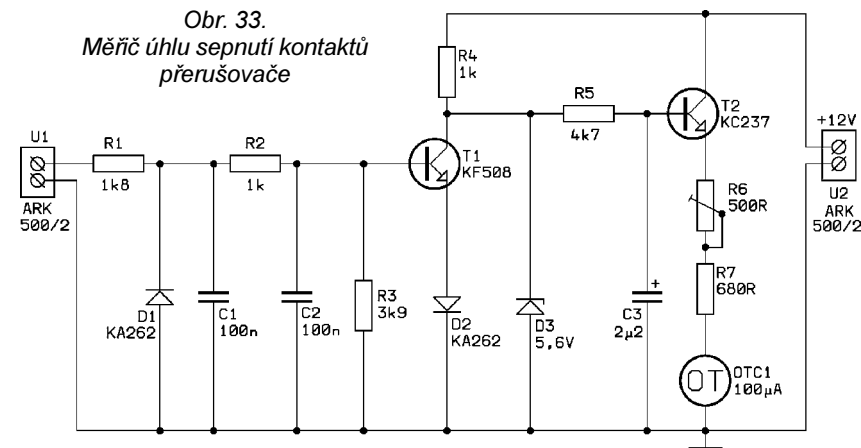
Místo statického měření vzdálenosti kontaktů pomocí plíšku a žárovky je vhodnější měřit úhel sepnutí během chodu motoru elektronicky. Tato metoda je přesná a koneckonců i snadnější a rychlejší.

Popis funkce

Schéma měřiče je na obr. 33. Signál odebíráme z kontaktů přerušovače a vedeme na svorkovnici U1. Ihned na vstupu přístroje jsou dolní propusti (se součástkami R1, R2, C1 a C2) odfiltrovány ze signálu vyšší harmonické a rušivé signály vznikající při spínání a vypínání kontaktů přerušovače.

Po dobu otevření kontaktu je na něm plné napětí akumulátoru, během sepnutí je na kontaktu napětí nulové. Poměr dob přítomnosti plného a nulového napětí se tedy rovná poměru dob trvání vypnutého a sepnutého stavu kontaktů. Střední (průměrná) hodnota stejnosměrného signálu (bez ohledu na rychlost otáčení motoru) odpovídá úhlu otevření kontaktů, poměr střední a špičkové hodnoty signálu vyjadřuje úhel otevření kontaktů v procentech.

Na bázi tranzistoru T1 je obdélníkový signál z výstupu dolní propusti. Vůči napětovým špičkám a záporné polaritě napětí v rozvodech je tranzistor T1 ješ-



tě chráněn diodou D1 a rezistorem R3. Během sepnutí kontaktů přerušovače je T1 uzavřen, při rozpojených kontaktech je otevřen. Na kolektoru T1 je tedy negovaný průběh signálu z přerušovače.

Signál z kolektoru T1 je integrován článkem R5, C3. Napětí na kondenzátoru C3 je úměrné úhlu sepnutí kontaktů a jeho velikost je omezena Zenerovou diodou D3. Napětí z C3 je snímáno emitorovým sledovačem s tranzistorem T2, který slouží jako převodník impedance. V emitoru T2 je zapojeno ručkové měřidlo, jehož výchylka je úměrná napětí na C3 a tudíž i úhlu sepnutí kontaktů rozdělovače. Stupnice měřidla je lineární, nejvhodnější je dělení na 100 dílků, tedy přímo v procentech. Měřidlo je běžný mikroampérmetr MP80, MP120 nebo jakýkoliv podobný s rozsahem 100 µA.

Cejchování přístroje je velmi jednoduché: zkratujeme vstupní svorky a trimrem R6 nastavíme ručku měřidla na plnou výchylku (podle použitého měřidla případně upravíme hodnoty součástek R6 a R7). Přivedeme-li na vstup ss kladné napětí, ručka se má vrátit na nulu. Přesně lze nastavit nulovou výchylku případným výběrem diod a tranzistorů. V navržené konstrukci však nebylo nutno tyto součástky nikterak vybírat a s předepsanými typy vše fungovalo.

Měřič je napájen napětím z palubní sítě automobilu, které je přiváděno na svorkovnici U2.

Konstrukce

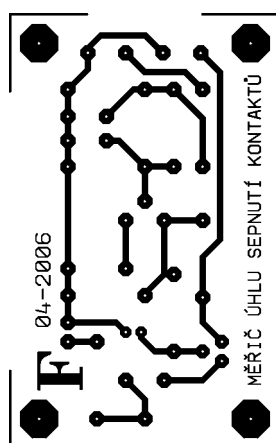
Měřič je zkonstruován z vývodových součástek na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrázec spojení je na obr. 34, rozmístění součástek na desce je na obr. 35.

Přístroj je natolik jednoduchý, že po zapájení zkontrolovaných součástek na zkontrolovanou desku funguje na první zapojení.

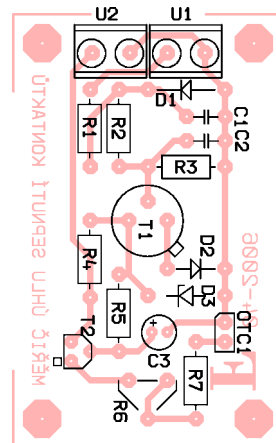
Pak již jen dříve popsaným způsobem měřič ocejchujeme.

Seznam součástek

R1	1,8 kΩ/1%/0,5 W, metal.
R2, R4	1 kΩ/1%/0,5 W, metal.
R3	3,9 kΩ/1%/0,5 W, metal.
R5	4,7 kΩ/1%/0,5 W, metal.
R6	500 Ω, trimr PT6V
R7	680 Ω/1%/0,5 W, metal.
C1, C2	100 nF, keramický
C3	2,2 µF/35 V, radiální
D1, D2	KA262
D3	BZX83/V005.6
T1	KF508
T2	KC237
OTC1	ručkové měřidlo 100 µA, MP80 nebo MP120
U1, U2	svorkovnice ARK500/2



Obr. 34. Obrázec spojení měřiče úhlu sepnutí kontaktů přerušovače (měř.: 1 : 1)



Obr. 35. Rozmístění součástek na desce měřiče úhlu sepnutí kontaktů přerušovače

Nízkofrekvenční technika

Nf předzesilovač s IO LF353

Popisovaný předzesilovač využívá k přepínání zdrojů nf stereofonního signálu dvojité čtyřvstupový analogový multiplexer CMOS typu 4052, který je ovládán tlačítkem pomocí dekadického čítače 4022. Předzesilovač obsahuje zpětnovazební korektory hloubek a výšek s operačními zesilovači LF353, a potenciometry pro ovládání hlasitosti a stereofonního vyvážení.

Popis funkce

Pro zjednodušení si dále popíšeme jen levý kanál. Pravý kanál předzesilovače napětí je identický, jen součástky mají číslo o stovku větší.

Schéma předzesilovače je na obr. 36. Vstupní stereofonní nf signál je přiváděn ze čtyř nezávislých zdrojů na vstupní kontaktní kolíky U2. Úrovně vstupních signálů z jednotlivých externích zdrojů lze sjednotit odporovými děliči umístěnými na vstupních konektorech DIN nebo CINC. Samotný předzesilovač má jmenovitou vstupní citlivost 100 mV.

Z kontaktních kolíků U2 signály postupují na jednotlivé vstupy multiplexeru IO2 typu 4052. IO2 je napájen dobře filtrovaným symetrickým napětím ± 6 V, které je stabilizováno Zenerovými diodami D1 a D2.

Vstupy multiplexeru se přepínají binárními signály A a B na vývodech 10 a 9 IO2. Signály A a B jsou odvozovány maticí s diodami D3 až D6 z výstupních signálů Q0 až Q3 dekadického čítače IO1 typu 4022. Cyklus čítání IO1 je zkrácen na čtyři stavy zpětnou vazbou, která je zavedena z výstupu Q4 na nulovací vstup R.

Signalizaci, který ze vstupů multiplexeru je právě aktivní, zabezpečují žluté LED D7 až D10, které jsou připojeny k výstupům Q0 až Q3 čítače IO1.

Aby mohly být LED D7 až D10 z výstupů IO1 dostatečně vybudzeny, musejí být použity LED s velkou účinností. Jejich pracovní proud 2 mA je nastaven rezistorem R2.

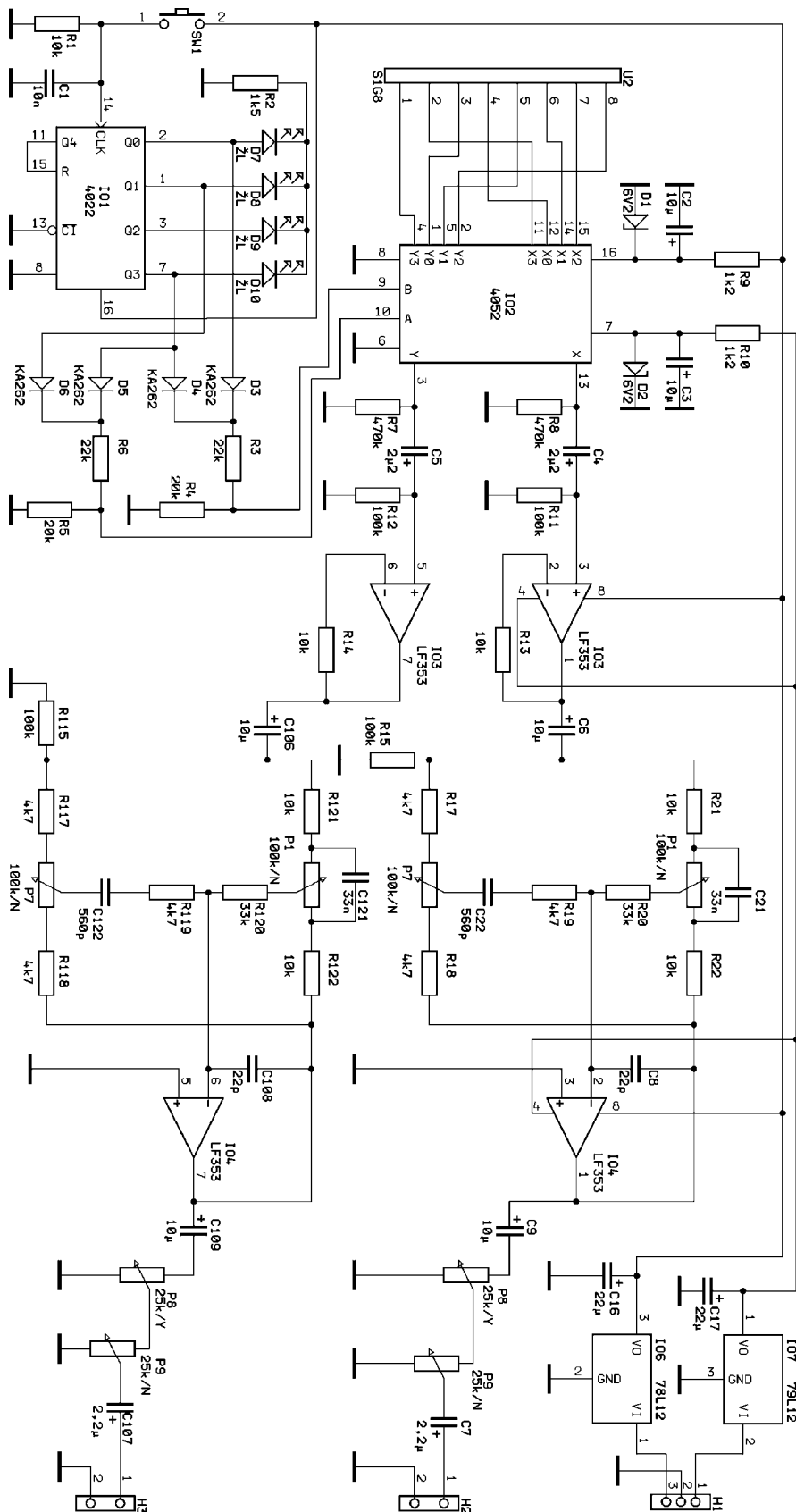
Čítač IO1 se krokuje impulsy vysoké úrovně generovanými tlačítkem SW1, které se přivádějí na taktovací vstup 14 IO1. Zákmitky tlačítka jsou ošetřeny článkem RC se součástkami R1 a C1.

Použitý způsob přepínání vstupů nf signálu zajišťuje, že při zapnutí předzesilovače je vždy zvolen jeden prioritní vstup. Následujícím tisknutím tlačítka SW1 se pak cyklicky volí další vstupy. Nelze tedy přepínat vstupy nf signálu v libovolném pořadí, jako např. tlačítkovým přepínačem, ale pouze „kolem dokola“ v určeném pořadí.

Z výstupu multiplexeru IO2 je nf signál veden do oddělovacího stupně s operačním zesilovačem (OZ) IO3 typu LF353. Oddělovací stupeň je za-

pojen jako sledovač signálu, má napěťové zesílení rovné jedné a jeho účelem je transformovat impedanci z velké vstupní na malou výstupní, jakou vyžaduje následující zpětnovazební korektor hloubek a výšek.

Vstup IO3 je od výstupu IO2 oddělen vazebním kondenzátorem C4, po-



Obr. 36. Nf předzesilovač s IO LF353

tenciál země se na vstup IO3 zavádí rezistorem R11. Odpory rezistorů R8 a R11 určují vstupní impedanci celého předzesilovače, která je asi 80 kΩ.

Z oddělovacího stupně je nf signál přiváděn přes vazební kondenzátor C6 do zpětnovazebního korektoru hloubek a výšek s OZ IO4, který je rovněž typu LF353.

Obvod pro korekci hloubek se skládá z omezovacích rezistorů R21 a

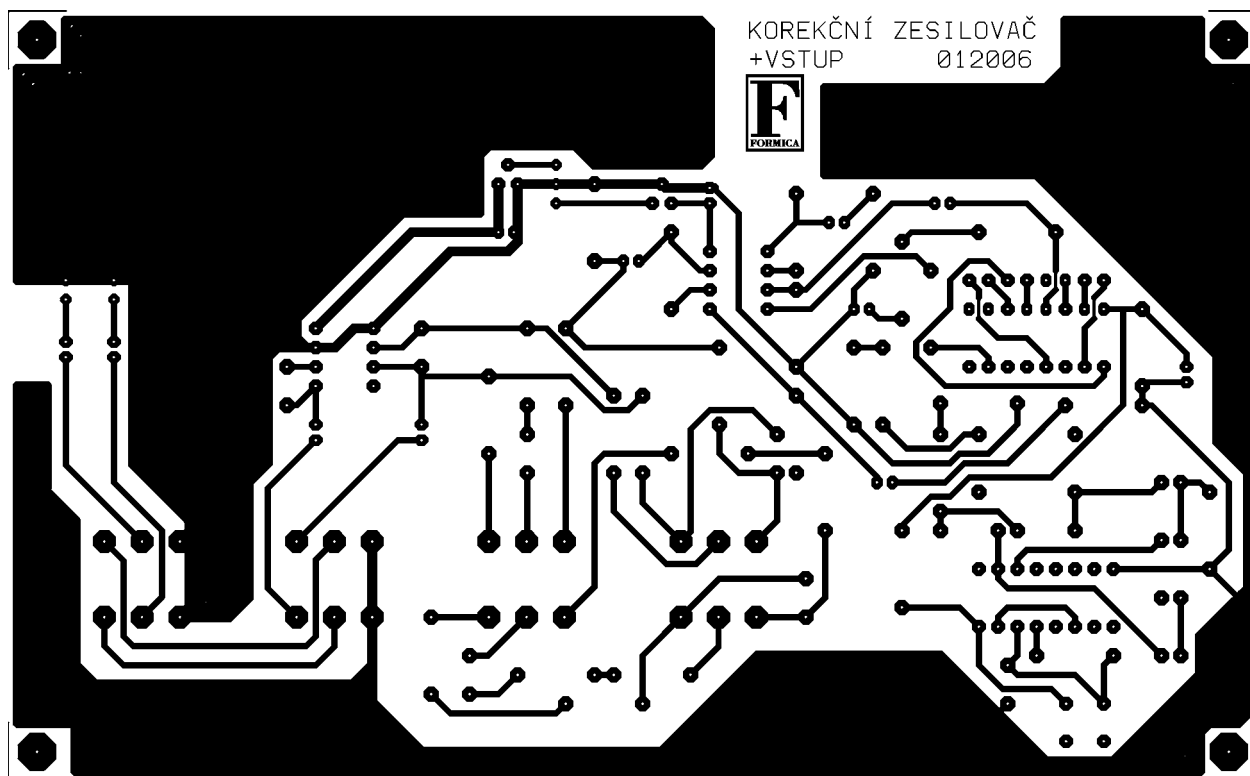
R22, lineárního potenciometru P1 a svitkového kondenzátoru C21. Rozsah regulace hloubek je asi ± 13 dB na kmitočtu 63 Hz.

Obvod pro korekci výšek se skládá z omezovacích rezistorů R17 a R18, potenciometru P7 a svitkového kondenzátoru C22. Rozsah regulace výšek je asi ± 13 dB na kmitočtu 12 kHz.

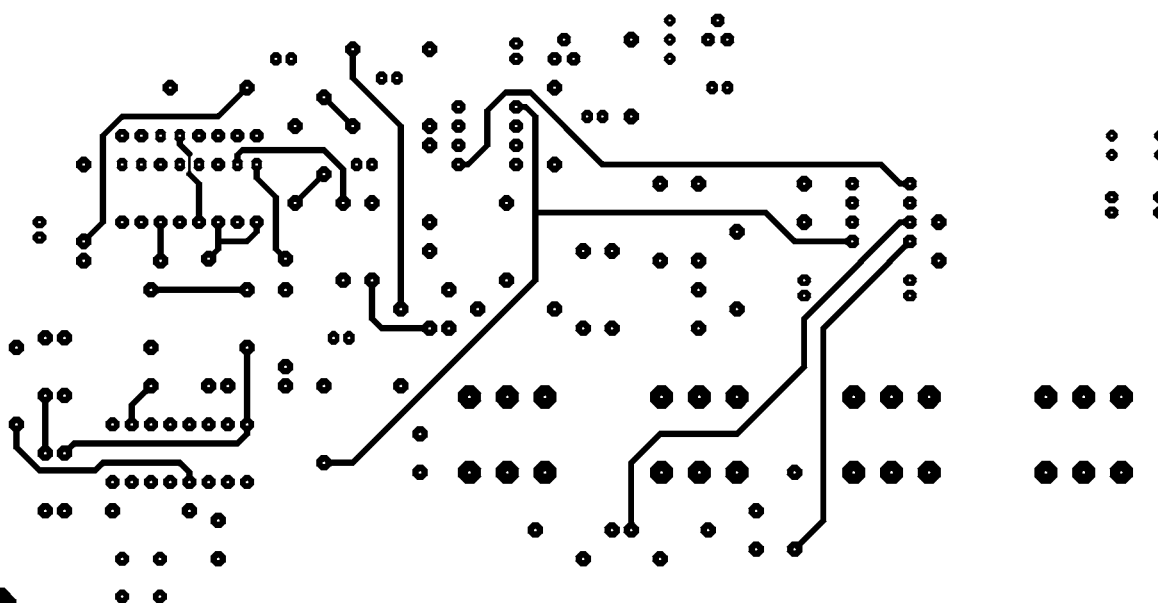
Aby se zmenšilo vzájemné ovlivňování korektoru hloubek a výšek, jsou

mezi korekční obvody zapojeny oddělovací rezistory R19 a R20. Stabilitu OZ IO4 v oblasti nadakustických kmitočtů zajišťuje kondenzátor C8, zapojený ve zpětnovazební smyčce.

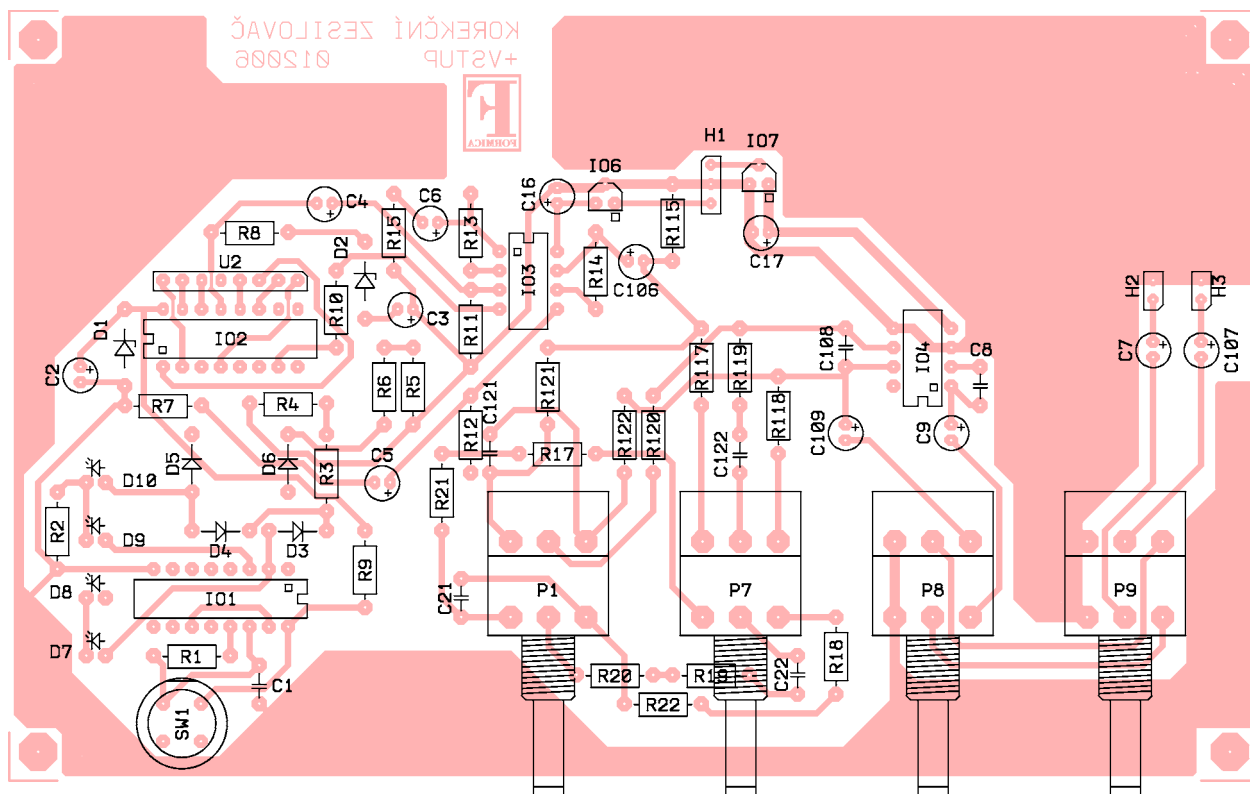
Tandemové potenciometry P1 a P7 jsou vybírány na souběh 3 dB, lze však použít i běžné potenciometry bez výběru. Svitkové kondenzátory C21 a C22 by měly mít toleranci kapacity 5 %.



Obr. 37. Obrazec spojů nf předzesilovače s IO LF353 - strana pájení (měř.: 1 : 1)



Obr. 38. Obrazec spojů nf předzesilovače s IO LF353 - strana součástek (měř.: 1 : 1)



Obr. 39. Rozmístění součástek na desce nf předzesilovače s IO LF353

Některé další podrobnosti, které se týkají návrhu a výběru součástek zpětnovazebního korektoru, jsou uvedeny v úvodu tohoto čísla KE.

Z korektoru je nf signál veden přes vazební kondenzátor C9 na logaritmický potenciometr P8 pro ovládání hlasitosti.

Za regulátorem hlasitosti následuje regulátor stereofonního vyvážení s lineárním potenciometrem P9. Ten je zapojen tak, že když se v jednom kanále signál zeslabuje, tak se v druhém kanále zesiluje, a naopak.

Z běžce potenciometru P9 je nf signál veden přes vazební kondenzátor C7 na výstupní kontaktní kolíky H2, odkud je pak dále veden na libovolný nf výkonový zesilovač.

Předzesilovač je napájen symetrickým napětím ± 12 V, které je získáváno stabilizátory IO6 a IO7 ze symetrického vnějšího napájecího napětí, které se přivádí na kontaktní kolíky H1. Vnější napájecí napětí se může pohybovat v rozmezí ± 15 až ± 25 V a může být získáváno ze zvláštního síťového zdroje nebo odebíráno z výkonového zesilovače, jemuž je popisovaný předzesilovač předřazen.

Konstrukce

Předzesilovač je zkonstruován z klasických vývodových součástek na desce s oboustrannými plošnými spoji.

Obrazec spojů na straně pájení je na obr. 37, obrazec spojů na straně součástek je na obr. 38 a rozmístění součástek na desce je na obr. 39.

Všechny IO doporučuji vložit do oběma. Operační zesilovače IO3 a IO4

lze nahradit i jinými typy, jako např. LM833, NE5532, TL072. Doporučuji však v tomto zapojení dodržet předepsaný typ LF353, který tvoří s obvody CMOS IO1 a IO2 ideální kombinaci zajišťující minimální přeslechy, malé intermodulační zkreslení, velkou přebuditelnost celého korekčního zesilovače a velký odstup signál/šum.

Před pájením součástek do desky je nutné vizuálně zkontrolovat plošné spoje a proměřit pasivní součástky. Konstrukce nemá žádné záludnosti a její reprodukovatelnost je 100 %.

K zapojenému předzesilovači připojíme napájecí napětí a zkontrolujeme vnitřní napájecí napětí ± 12 V na výstupech stabilizátorů IO6 a IO7 a napájecí napětí ± 6 V na Zenerových diodách D1 a D2. Dále zkontrolujeme ss napětí na výstupech všech operačních zesilovačů, která by se od potenciálu země neměla lišit o více než ± 2 mV.

Na realizovaném funkčním vzorku byly změřeny následující parametry:

- harmonické zkreslení nf signálu v pásmu 20 Hz až 30 kHz je 0,05 %,
- odstup s/š na 1 kHz je > 90 dB,
- přebuditelnost vstupů je 16 dB,
- regulace hloubek ± 14 dB/63 Hz,
- regulace výšek ± 14 dB/12,5 kHz.

Seznam součástek

R1, R13,	
R14, R21,	
R22, R121,	
R122	10 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R2	1,5 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R3, R6	22 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R4, R5	20 k Ω /1 %/0,5 W, metal.

R7, R8	470 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R9, R10	1,2 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R11, R12,	
R15, R115	100 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R17, R18,	
R19, R117,	
R118, R119	4,7 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R20, R120	33 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
P1, P7	100 k Ω /N, tandemový potenciometr lineární (TP169/32 mm)
P8	25 k Ω /G, tandemový potenciometr logaritmický (TP169A/32 mm)
P9	25 k Ω /N, tandemový potenciometr lineární (TP169A/32 mm)
C1	10 nF, keramický
C2, C3, C6,	
C9, C106,	
C109	10 μ F/16 V, radiální
C4, C5	2,2 μ F/16 V, radiální
C7, C107	2,2 μ F/16 V, radiální
C8, C108	22 pF, keramický
C16, C17	22 μ F/16 V, radiální
C21, C121	33 nF, fóliový (TC 351)
C22, C122	560 pF, fóliový (TC 352)
D1, D2	BZX85V006.2
D3, D4,	
D5, D6	KA262
D7, D8,	
D9, D10	LED žlutá
IO1	CD4022
IO2	CD4052
IO3	LF353
IO4	LF353
IO6	78L12
IO7	79L12
SW1	tlačítko P-DT6
U2	kontaktní kolíky (8 pólů)
H1	kontaktní kolíky (3 póly)
H2, H3	kontaktní kolíky (2 póly)

Korekční zesilovač s IO LM833

Jako další ukázkou velice kvalitního nízkofrekvenčního korekčního zesilovače si představíme zapojení s moderním operačním zesilovačem (OZ) LM833 s malým šumem, který byl vyvinut právě pro nf korektory.

S výkonovým zesilovačem s IO LM3875 vytváří tento korekční zesilovač jednoduchou sestavu úplného zesilovače, který je kvalitní a přitom relativně levný.

Popis funkce

Schéma korekčního zesilovače je na obr. 40. Korekční zesilovač je napájen symetricky napětím ± 12 V ze stabilizátorů IO3 a IO4. Na stabilizátory je přiváděno přes svorkovnici U3 vnější napájecí napětí ± 15 až ± 25 V ze samostatného síťového zdroje nebo z výkonového zesilovače, ke kterému je korekční zesilovač připojen. I když použitý OZ LM833 má velkou odolnost proti rušivým složkám v napájecím napětí, jsou napájecí sběrnice v místech co nejbližších k napájecím vývodům OZ zablokovány řadou keramických kondenzátorů.

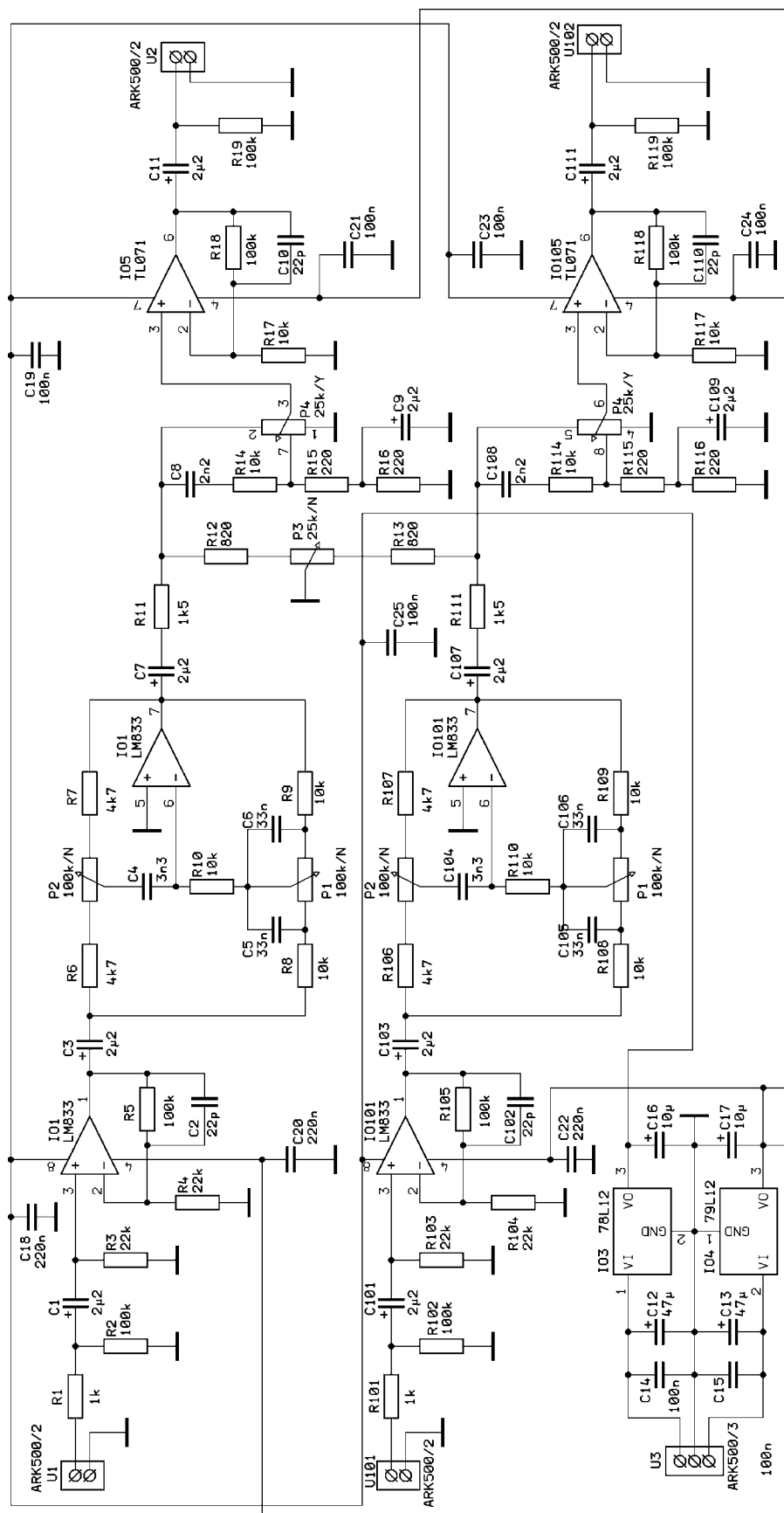
Korekční zesilovač je stereofonní se dvěma identickými kanály, proto si dále popíšeme pouze levý kanál. Součástky v pravém kanálu mají čísla o stovku větší.

Vstupní nízkofrekvenční signál se přivádí na svorkovnici U1, ze které se dále vede přes oddělovací rezistor R1 a vazební kondenzátor C1 na neinvertující vstup vstupního oddělovacího zesilovače s OZ IO1A typu LM833. Rezistor R2 slouží k vybíjení kondenzátoru C1. Rezistor R3 zavádí předpětí odpovídající potenciálu země na vstup OZ IO1A. Odpory rezistorů R3 a R2 určují vstupní odpor korekčního zesilovače, který je asi 20 k Ω .

Napěťové zesílení A_U vstupního oddělovacího zesilovače je určováno zpětnovazebním děličem s rezistory R5 a R4 a je asi pět. Zesílení je dáno vztahem $A_U = 1 + R5/R4$ a změnou odporu R4 nebo R5 ho lze podle potřeby upravit. Kondenzátor C2 potlačuje zákmit v nadakustickém pásmu, je však bezpodmínečně potřebný až při zesílení větším než deset. Při pětinašobném zesílení nebyly i po odpojení C2 pozorovány na výstupu OZ IO1A žádné vf zákmity na nf signálu.

Vstupní oddělovací zesilovač má téměř nulový výstupní odpor, který je nutný pro správnou funkci následujícího zpětnovazebního korektoru hloubek a výšek.

Zpětnovazební korektor je klasický Baxandallův aktivní korektor výšek a hloubek, ve kterém je jako aktivní součástka použit OZ IO1B (druhá polovina IO LM833). Korektor sice potlačuje nebo zdůrazňuje hloubky a výšky, na



Obr. 40. Korekční zesilovač s IO LM833

kmitočtu 1 kHz však napěťově zesiluje jedenkrát.

Korektor je navázán na vstupní oddělovací zesilovač vazebním kondenzátorem C3.

Obvod pro regulaci hloubek je tvořen rezistory R8 a R9, regulačním line-

árním potenciometrem P1 a kondenzátory C5 a C6, jejichž kapacita určuje kmitočty zlomu regulace.

Obvod pro regulaci výšek se skládá z rezistorů R6 a R7, regulačního lineárního potenciometru P2 a kondenzátoru C4, který svou kapacitou rovněž určuje

kmitočet zlomu, nad nímž se začíná uplatňovat regulace výšek.

Vzájemný vliv obou korekčních obvodů omezuje oddělovací rezistor R10.

Lze použít i potenciometry s jiným odporem, pak je však třeba úměrně změnit hodnoty všech součástek korektoru. Některé další podrobnosti, které se týkají návrhu a výběru součástek zpětnovazebního korektoru, jsou uvedeny v úvodu tohoto čísla KE.

Nf signál z výstupu korektoru je veden přes oddělovací kondenzátor C7 a rezistor R11 na regulátor stereofonního

vyvážení s potenciometrem P3 a regulátor hlasitosti s potenciometrem P4.

Potenciometr P3 je lineární a rozsah stereofonního vyvážení je omezen rezistory R12 a R13.

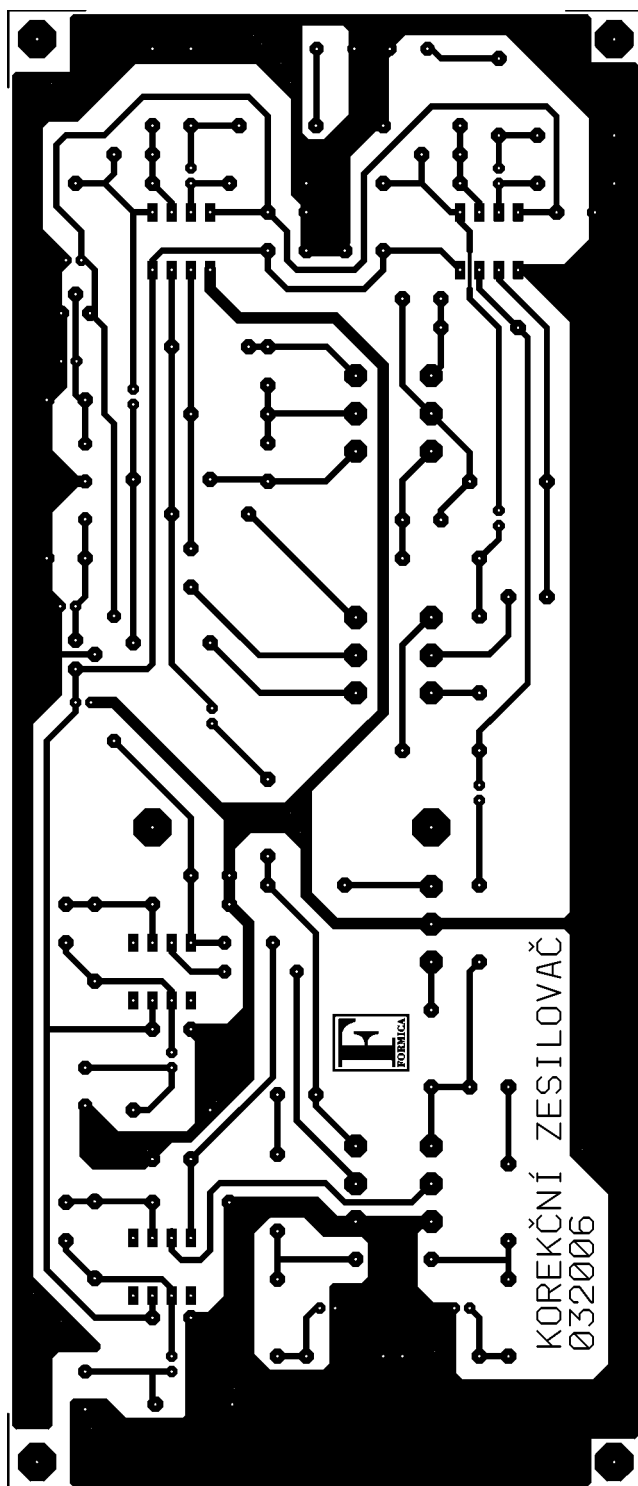
Potenciometr P4 má logaritmický průběh a odbočku vyvedenou v asi jedné třetině odporové dráhy (od uzemněného vývodu), která umožňuje fyziologickou regulaci hlasitosti.

Součástky připojené k odbočce mají takové hodnoty, aby kmitočtové charakteristiky regulátoru v různých polohách běžce P4 co nejlépe kompenzovaly ne-

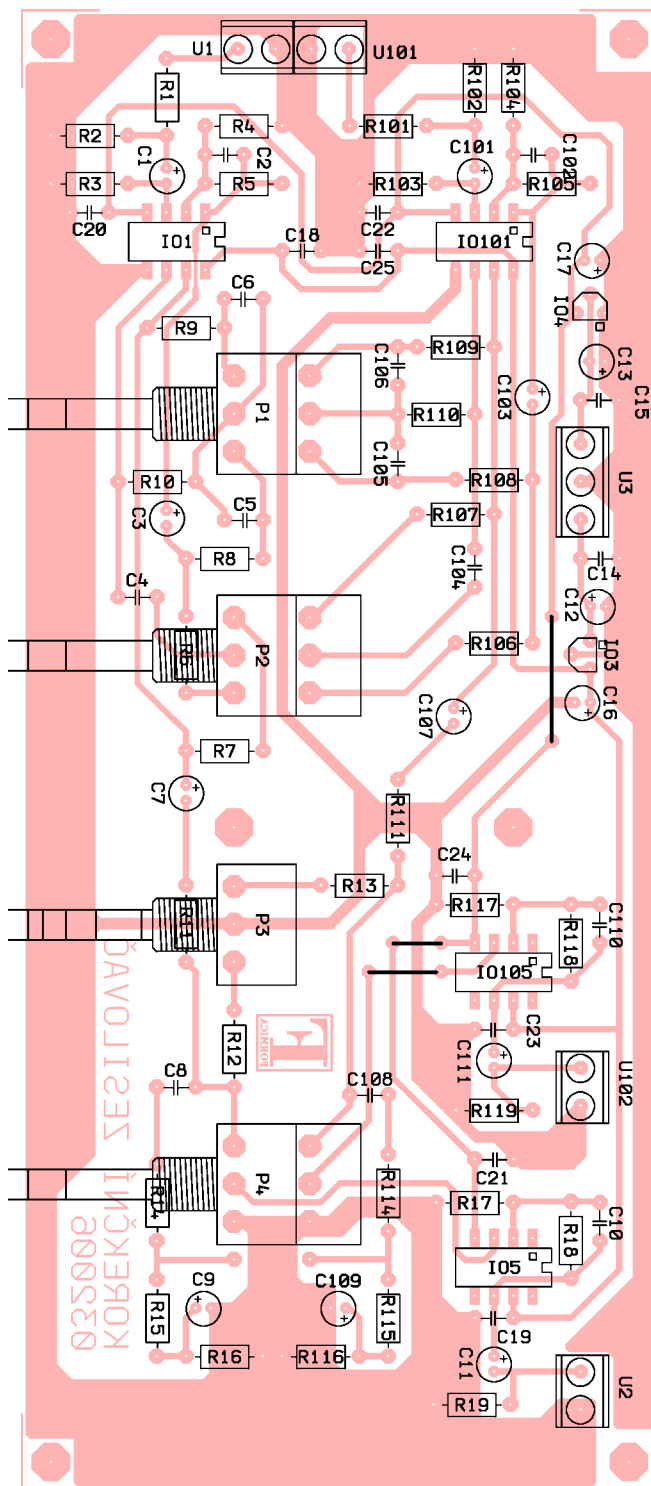
rovnoměrnou citlivost sluchu pro různé kmitočty (popsanou Fletcher-Munsonovými křivkami stejné hladiny hlasitosti).

Z běžce potenciometru P4 postupuje nízkofrekvenční signál do výstupního oddělovacího zesilovače s OZ IO5A typu TL071.

Výstupní zesilovač má zesílení asi jedenáct (je určeno vztahem $A_U = 1 + R18/R17$) a změnou odporů rezistorů R18 a R17 je lze podle potřeby upravit. Kondenzátor C10 upravuje kmitočtovou charakteristiku nad akustickým pás-



Obr. 41. Obrazec spojů korekčního zesilovače s IO LM833 (měř.: 1 : 1)



Obr. 42. Rozmístění součástek na desce korekčního zesilovače s IO LM833

mem a při zesilení menším než deset ani nemusí být použit.

Výstup výstupního zesilovače je veden přes oddělovací kondenzátor C11 na výstupní svorkovnici U2, ke které se připojuje výkonový zesilovač. Malý výstupní odpor výstupního zesilovače dovoluje připojit výkonový zesilovač i delším kabelem. Pokud by se po zatížení kapacitou kabelu OZ IO5A rozkmital, je nutné zapojit mezi výstup OZ a výstupní svorku odpor 0,1 až 1 k Ω .

Konstrukce

Korekční zesilovač je zkonstruován z vývodových součástek na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrázec spoju je na obr. 41, rozmístění součástek na desce je na obr. 42.

Všechny IO doporučuji vložit do objímek. Neopomeneme zapojit několik drátových propojek.

Konstrukce korekčního zesilovače je velice jednoduchá a neskýtá žádné úskalí a záležitosti. Při použití překontrolované desky a proměřených součástek pracuje zesilovač na první zapojení.

Změřené parametry:

- regulace hloubek je ± 14 dB/40 Hz,
- regulace výšek je ± 12 dB/10 kHz,
- regulace vyvážení je ± 6 dB,
- zkreslení užitečného signálu při výstupní úrovni 1,5 V je max. 0,1 %,
- odstup signál/šum je > 90 dB.

Seznam součástek

R1, R101	1 k Ω /1 %/ 0,5 W, metal.
R2, R5, R18, R19, R102, R105, R118, R119	100 k Ω /1 %/ 0,5 W, metal.
R3, R4, R103, R104	22 k Ω /1 %/ 0,5 W, metal.
R6, R7, R106, R107	4,7 k Ω /1 %/ 0,5 W, metal.
R8, R9, R10, R14, R17, R108, R109, R110, R114, R117	10 k Ω /1 %/ 0,5 W, metal.
R11, R111	1,5 k Ω /1 %/ 0,5 W, metal.
R12, R13	820 Ω /1 %/ 0,5 W, metal.
R15, R16, R115, R116	220 Ω /1 %/ 0,5 W, metal.
P1, P2	100 k Ω /N, tandemový potenciometr lineární (TP169A)
P3	25 k Ω /N, jednoduchý potenciometr lineární (TP160A)
P4	25 k Ω /Y, tandemový potenciometr logaritmický s odbočkou (TP169A)
C1, C3, C7, C9, C11, C101, C103, C107, C109, C111	2,2 μ F/35 V, radiální
C2, C10, C102, C110	22 pF, keramický
C4, C104	3,3 nF, fóliový (TC352)

C5, C6, C105, C106	33 nF, fóliový (TC351)
C8, C108	2,2 nF, fóliový (TC351)
C12, C13	47 μ F/35 V, radiální
C14, C15, C19, C21, C23, C24, C25	100 nF, keramický
C16, C17	10 μ F/35 V, radiální
C18, C20, C22	220 nF, keramický
IO1, IO101	LM833
IO3	78L12
IO4	79L12
IO5, IO105	TL071
U1, U2, U101, U102	svorkovnice ARK500/2
U3	svorkovnice ARK500/3

Výkonový zesilovač s IO LM3875

Veliký ohlas měla v minulosti publikovaná konstrukce velmi jednoduchého hi-fi zesilovače o sinusovém výkonu 40 W na zátěži 4 Ω při kmitočtu 1 kHz, která byla osazena výkonovým operačním zesilovačem LM3875 od firmy Fairchild. Obvod LM3875 se liší od LM3886 jen tím, že nemá uvnitř implementované ochranné obvody proti přetížení a zkratu na výstupních svorkách. Protože pořizovací cena obvodu LM3875 je velice příznivá, není díky tomu tento jeho handicap na závadu. Na základě dotazů převážně mladých čtenářů, kteří takovou konstrukci většinou používali ke svým závěrečným učňovským anebo maturitním zkouškám, udělal jsem určité úpravy v zapojení zesilovače a předkládám vám ho nyní v nové podobě k vyzkoušení.

Výhodou obvodu LM3875 je rovněž to, se ještě nestal „nedostatkovým“ zbožím na našem elektronickém trhu a lze ho běžně zakoupit.

Popis funkce

Schéma výkonového zesilovače je na obr. 43. Sílové střídavé napětí ze sekundárního vinutí 2x 16 V/3 A síťového transformátoru je přiváděno na vstupní svorkovnici P1. Tímto napětím se zároveň napájejí pomocné obvody. Střídavé napětí je usměrňováno výkonovými diodami D1 až D4 a vyhlazováno kondenzátory C5 a C6. Paralelně k diodám jsou připojeny kondenzátory C1 až C4, které potlačují rušení vznikající při spínání diod. Kapacita kondenzátorů C5 a C6 je dostatečně velká, aby pokryla špičky napájecího proudu výkonových zesilovačů při dlouhodobé reprodukci hlubokých tónů. Napájecí napětí z C5 a C6 o velikosti přibližně ± 25 V je přiváděno do výkonových zesilovačů IO1 a IO101 přes tavné pojistky F1 a F2.

Aby se zmenšily rázy v reproduktorech, které vznikají při nabíjení kondenzátorů C5 a C6 po zapnutí sítě, jsou mezi výstupy výkonových zesilovačů a výstupní svorkovnice SP1 a SP101 pro

připojení reproduktorů zapojeny zpoždovací obvody, který mají za úkol připojit svorkovnice k výstupům zesilovačů s časovým zpožděním 2 až 3 s, které je dostatečně velké, aby se napětí na C5 a C6 stačilo ustálit. Svorkovnice se připojují k výstupům zesilovačů spínacími kontakty relé RE1 a RE101. Jsou to relé s robustním přepínacím kontaktem a cívkou pro 12 V.

Relé jsou ovládána Darlingtonovými tranzistory T1 a T101, které mají v obvodu báze zpoždovací integrační článek RC. Po zapnutí síťového napětí zesilovače trvá asi 3 s, než se kondenzátor v článku RC nabije, otevře se Darlingtonův tranzistor a relé sepně.

Zpoždovací obvody jsou napájeny pomocným napětím 15 V ze stabilizátoru U1. Na stabilizátor je přiváděno dvojcestně usměrněné (avšak nevyhlazené) napětí ze svorkovnice P1. Napětí se vyhlazuje až na výstupu stabilizátoru kondenzátorem C15.

Zpoždovací obvody mají za úkol pouze opožděné připojovat reproduktory a vůbec nereagují na velikost stejnosměrného napětí na výstupních svorkách pro reproduktory, které by se mohlo na svorkách objevit při poruše výkonových zesilovačů. Zesilovače jsou však velice spolehlivé - během dvouletého provozu tohoto přístroje ještě nenastala žádná porucha a zesilovač s korekčním předzesilovačem s LM833 „šlape“ k mé spokojenosti dodnes.

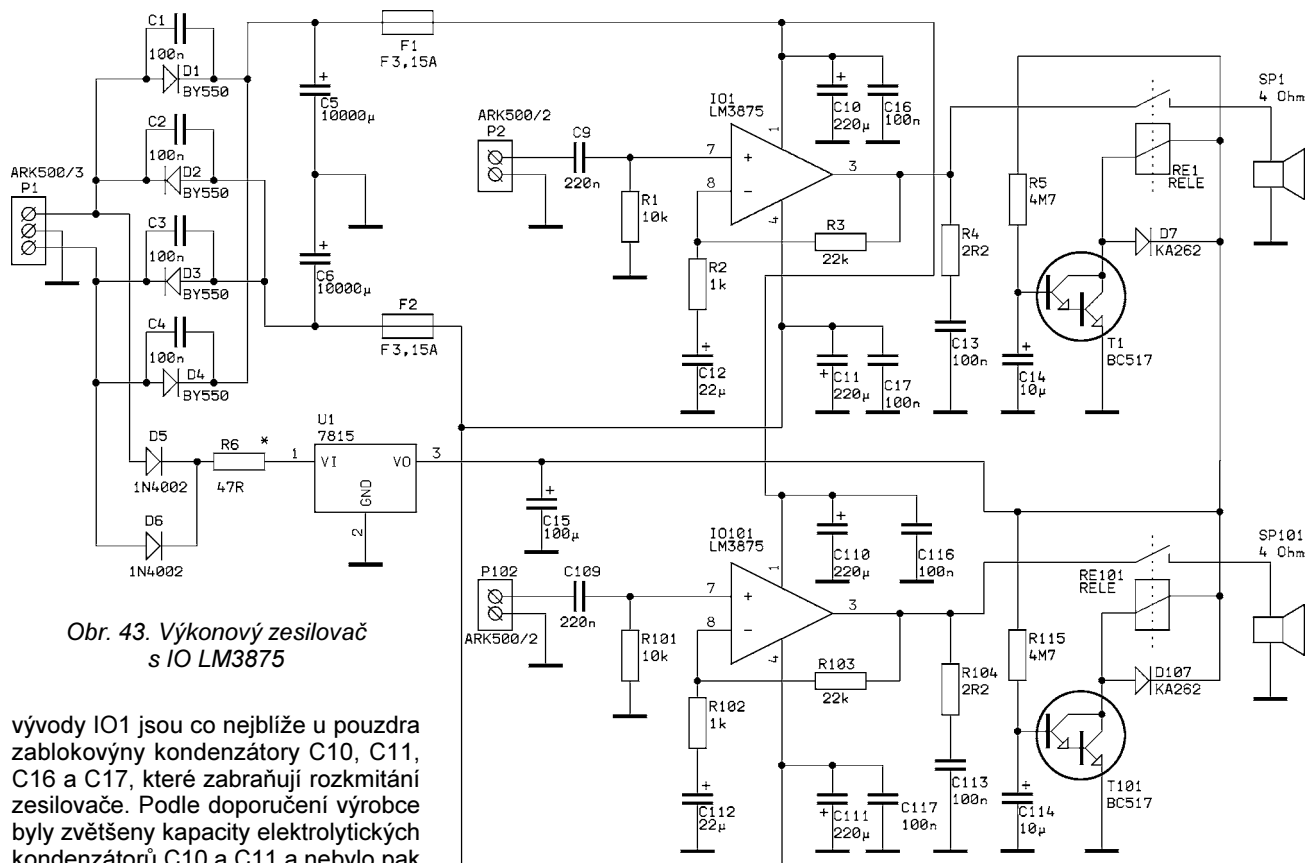
Zapojení vlastních výkonových zesilovačů s obvodu LM3875 (IO1 a IO101) je velmi jednoduché. Dále si popíšeme jen levý kanál. Součástky v pravém kanálu jsou identické, pouze mají číslo o stovku větší.

Nízkofrekvenční signál je přiváděn na vstupní svorkovnici P2 a odtud je veden přes oddělovací svitkový kondenzátor C9 na neinvertující vstup 7 IO1. Rezistor R1 zavádí na tento vstup klidové předpětí rovné potenciálu země a svým odporem určuje vstupní odpor zesilovače (10 k Ω).

Napěťové zesílení IO1 je určováno dělicím poměrem zpětnovazebního děliče R3, R2, a je asi 23. Ve zpětnovazebním děliči je zapojen oddělovací kondenzátor C12, takže ss zesílení IO1 je jednotkové. Ss složka vstupního signálu a vstupní napěťová nesymetrie IO1 se tedy uplatní na výstupu IO1 jen zanedbatelně. Kapacita kondenzátoru C12 musí být dostatečně velká, aby byly hloubky přenášeny bez zeslabení.

Výstup 3 IO1 je připojen přes spínací kontakt relé zpoždovacího obvodu na výstupní svorkovnici SP1, ke které se připojuje reproduktor. Mezi výstup 3 IO1 a zem je zapojen známý Boucherottův článek RC, který potlačuje zákmit ve výstupním signálu a zvětšuje stabilitu zesilovače v nadakustickém kmitočtovém pásmu.

IO1 je napájen symetrickým napětím o velikosti přibližně ± 25 V, odebíraným z kondenzátorů C5 a C6. Napájecí



Obr. 43. Výkonový zesilovač s IO LM3875

vývody IO1 jsou co nejbližší u pouzdra zablokovány kondenzátory C10, C11, C16 a C17, které zabráňují rozkmitání zesilovače. Podle doporučení výrobce byly zvětšeny kapacity elektrolytických kondenzátorů C10 a C11 a nebylo pak nutné mezi výstup IO1 a zátěž připojovat vzduchovou tlumivku navinutou na rezistoru, jak je doporučováno i obvodů LM3886.

Konstrukce

Výkonový zesilovač je zkonstruován z vývodových součástek připájených na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrázek spojů je na obr. 44, rozmístění součástek na desce je na obr. 45.

Před osazováním desky součástkami součástky proměříme a vizuálně pečlivě zkontrolujeme plošné spoje. Nesmíme zapomenout, že na desce je jedna drátová propojka a bez jejího osazení

bude samozřejmě zesilovač zcela nefunkční!

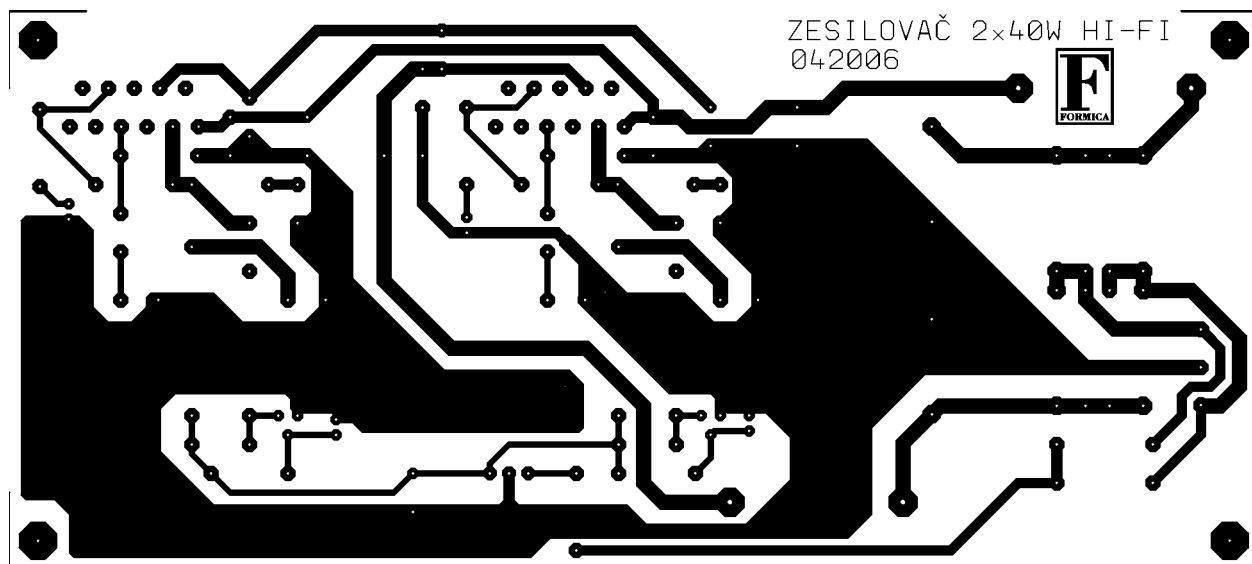
Obvody IO1 a IO101 izolovaně připevníme na známý žebrovaný chladič ZH610 (i při zkouškách funkcí). Styčné plochy jmeně potřeby tepelně vodivou pastou.

Obvody s označením LM3875TF mají chladič kovovou základnu zalitou v plastovém pouzdru a tudíž je není nutné od chladiče elektricky izolovat.

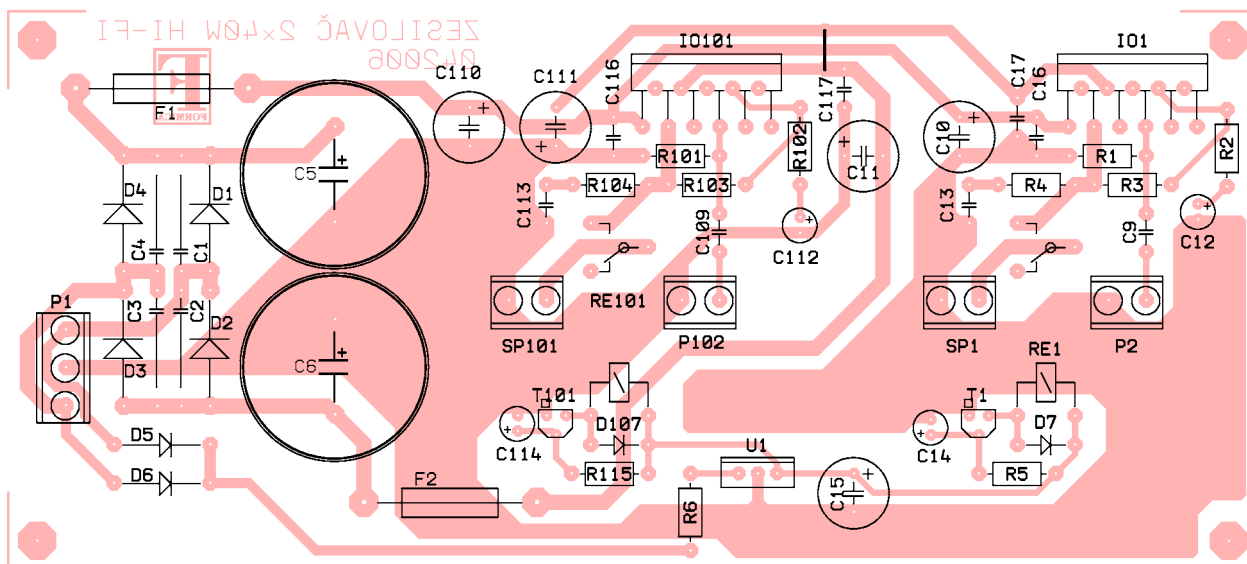
Při použití chladiče ZH610 využívám zesilovač do maximálního výkonu 20 W, což bohatě postačí i na otrávení volných chvil sousedů. Lze použít i jiné (mohutnější) chladiče, které lze vybrat na pultech obchodů se součástkami.

Při oživování zkontrolujeme všech na napájecí napětí a také ss napětí na výstupech obvodů IO1 a IO101, které by mělo mít velikost jednotek mV. Dále zkontrolujeme funkci zpožďovacích obvodů. Pak připojíme zatěžovací odpory 4 Ω/50 W a tonovým generátorem vyzkoušíme přenos nf signálu a jeho limitaci. Ani v limitaci by neměly být na nf signálu vf zákmity.

U realizovaného vzorku zesilovače nebylo zakmitávání pozorováno a zesilovač se choval naprosto stabilně. Výstupní stejnosměrné napětí naměřené na svorkovnici reproduktoru po sepnutí relé bylo < 2 mV, což potvrzuje skvělou symetrii celého zapojení.



Obr. 44. Obrázek spojů výkonového zesilovače s IO LM3875 (měř.: 1 : 1)



Obr. 45. Rozmístění součástek na desce výkonového zesilovače s IO LM3875

Zesilovač je stabilní a jeho oživení i bez měřicích přístrojů nečiní potíže.

Pokud chcete zmenšit náklady na pořízení zesilovače, lze vynechat stabilizátor U1, nahradit ho propojkou a zvětšit odpor rezistoru R6 na 100 Ω . Nevýhoda této úpravy spočívá v tom, že vlivem kolísání pomocného napájecího napětí není čas do sepnutí relé jasně definován. V průběhu zkoušek tak bylo někdy slyšet slabé lupnutí v reproduktorech.

K zesilovači lze samozřejmě připojit i reprosoustavy s impedancí 8 Ω , ale dosažitelný výkon bude oproti výkonu dodávanému do zátěže 4 Ω přibližně poloviční.

Nakonec uvedeme některé technické údaje, které byly naměřeny na realizovaném vzorku zesilovače:

- sinusový výkon při zátěži 4 Ω na kmitočtu 1 kHz a při zkreslení 10 % byl 52 W,
- sinusový výkon při zátěži 4 Ω na kmitočtu 1 kHz a při zkreslení 0,2 % byl 42 W,
- kmitočtová výkonová charakteristika leží v pásmu 20 Hz až 30 kHz $\pm$ 1 dB,
- vstupní citlivost pro dosažení sinusového výkonu 42 W je asi 600 mV,
- odstup signál/šum je až 80 dB.

Seznam součástek

R1, R101	10 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R2, R102	1 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R3, R103	22 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R4, R104	2,2 Ω /1 %/0,5 W, metal.
R5, R115	4,7 M Ω /1 %/0,5 W, metal.
R6	47 Ω /1 %/0,5 W, metal.
C1, C2, C3, C4, C13, C16, C17, C113, C116, C117	100 nF, keramický
C5, C6	10 000 μ F/25 V, radiální
C9, C109	220 nF, keramický
C10, C11, C110, C111	220 μ F/25 V, radiální
C12, C112	22 μ F/25 V, radiální

C14, C114	10 μ F/25 V, radiální
C15	100 μ F/25 V, radiální
D1, D2, D3, D4	BY550
D5, D6	1N4002
D7, D107	KA262
T1, T101	BC517
IO1, IO101	LM3875 (LM3875TF)
U1	7815
P1	svorkovnice ARK500/3
P2, P102	svorkovnice ARK500/2
F1, F2	F3,15A, pojistka 5x20 mm
RE1, RE101	relé 12 V, viz text
SP1, SP101	svorkovnice ARK500/2

Výkonový zesilovač hi-fi 2x 40 W s IO TDA2051

Touhou každého začínajícího amatéra je si postavit kvalitní zesilovač hi-fi o sinusovém výkonu minimálně 20 W na kanál. Při současné nabídce výkonových operačních zesilovačů již není příliš velkým problémem si takovou touhu splnit.

Při prohlídce zahraničních serverů jsem dlouho uvažoval, jaké to vlastně zapojení konstruktérům předložit, ale nakonec zvítězila velice jednoduchá konstrukce, která dovoluje dosáhnout v každém kanálu sinusového výkonu 40 W na zátěži 4 Ω .

Popis funkce

Schéma zapojení stereofonního zesilovače je na obr. 46. Pro zjednodušení si dále popíšeme levý kanál. V pravém kanálu jsou součástky identické, pouze mají číslo o stovku větší.

Nízkofrekvenční signál o efektivním napětí alespoň 1 V z korekčního předzesilovače nebo jiného zdroje se přivádí na vstupní svorkovnici P1. Z vývodu 3 svorkovnice P1 postupuje nízkofrekvenční signál přes oddělovací rezistor R1 a vazební kondenzátor C7 na nein-

vertující vstup monolitického výkonového zesilovače TDA2051 (IO5).

Rezistor R16 zavádí na neinvertující vstup IO5 předpětí rovné potenciálu země a svým odporem určuje vstupní odpor celého výkonového zesilovače (22 k Ω).

Napěťové zesílení IO5 je určováno dělicím poměrem zpětnovazebního děliče s rezistory R24 a R23 a je asi 33. Pro dosažení požadovaného sinusového výkonu 50 W na zátěži 4 Ω , při kterém je na výstupu IO5 efektivní napětí 14,2 V, potřebujeme přivést na vstupní svorkovnici P1 nízkofrekvenční efektivní napětí 0,43 V.

Pokud je tato citlivost menší než potřebujeme, pak ji doporučuji zvětšit přiměřeným zvětšením odporu rezistoru R24. V takovém případě je vhodné připojit paralelně k R24 keramický kondenzátor o kapacitě 33 až 47 pF, který koriguje kmitočtovou charakteristiku zesilovače v nadakustickém pásmu a zlepšuje jeho stabilitu.

Pokud je pro nás citlivost 0,43 V příliš velká, pak ji doporučuji zmenšit odpovídajícím zvětšením odporu rezistoru R23. V tomto případě není nutné k R24 připojovat žádný kondenzátor.

Ve zpětnovazebním děliči je zapojen kondenzátor C15, který odděluje ss složku zpětnovazebního signálu, takže pro ss signál se zesilovač chová jako sledovač signálu s jednotkovým zesílením. IO5 tedy nezesiluje svoji vstupní napěťovou nesymetrii a díky tomu má klidové ss napětí na výstupu IO5 velikost pouze jednotek mV.

Výstup IO5 je vyveden na svorkovnici RE1, ke které se připojuje reprosoustava o jmenovité impedanci 4 Ω .

Stabilitu zesilovače při indukční zátěži zajišťuje Boucherottův článek se součástkami R25 a C12. Ke stabilitě zesilovače dále přispívají blokovací kondenzátory napájení C10, C11, C13 a C14, které jsou zapojeny co nejbližší u napájecích přívodů IO5.

Zesilovač je napájen symetrickým napětím o velikosti asi $\pm$ 22 V, které je

získáváno dvoucestným usměrňováním symetrického střídavého napětí ze síťového transformátoru.

Síťový transformátor má primární vinutí 230 V a sekundární vinutí 2x 16 až 18 V dimenzované na proud 6 A. Sekundární vinutí se připojuje na svorkovnici P2 zesilovače.

Usměrňovač obsahuje výkonové diody D11 až D14, ke kterým je připojen odrušovací kondenzátor C20.

Pulsující napětí z usměrňovače je vyhlazováno kondenzátory C18 a C19. Jejich kapacita je natolik velká, aby i při plném sinusovém výkonu bylo zvlnění obou napájecích napětí zesilovače dostatečně malé.

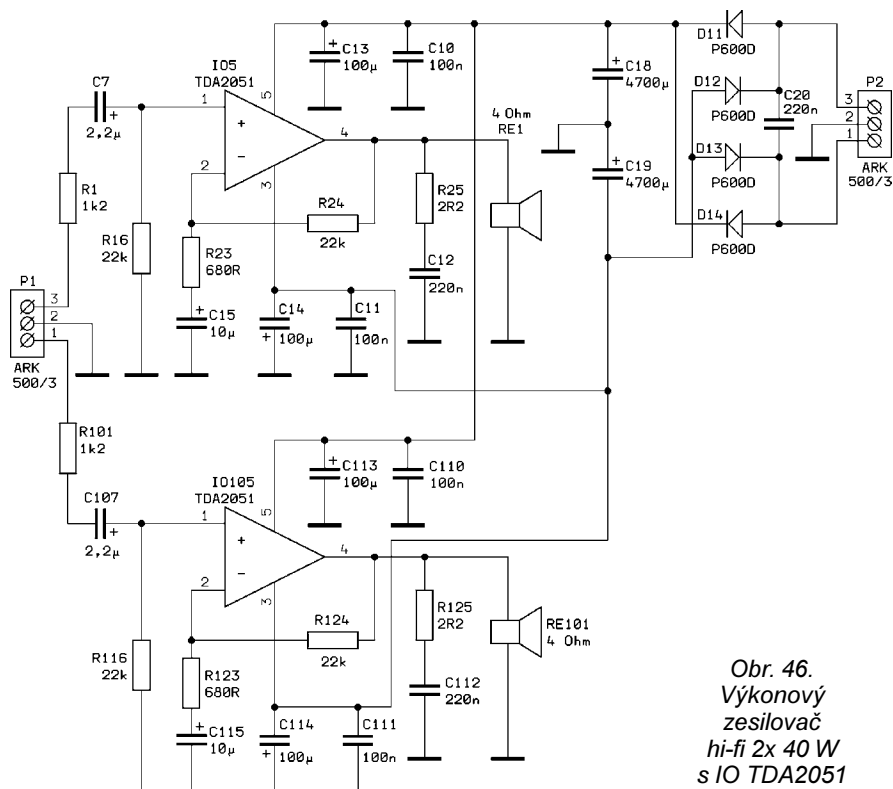
Aby byl zesilovač co nejjednodušší a nejlevnější, nejsou jeho součásti obvody pro ochranu reproduktorů před ss napětím, které se může při poruše výkonových integrovaných obvodů vyskytnout na jeho výstupu.

Pokud máme zájem, můžeme tyto ochranné obvody zapojit mezi výstup zesilovače a reprosoustavy, jejich popis je např. v KE 6/2004.

Konstrukce

Výkonový zesilovač je zkonstruován z vývodových součástek na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrázec spojů je na obr. 47, rozmístění součástek na desce je na obr. 48.

Před osazováním desky proměřte součástky a vizuálně zkontrolujte plošné spoje (nesmí být přerušené nebo zkratované). Nejdříve osadte a zapájejte pa-



Obr. 46.
Výkonový
zesilovač
hi-fi 2x 40 W
s IO TDA2051

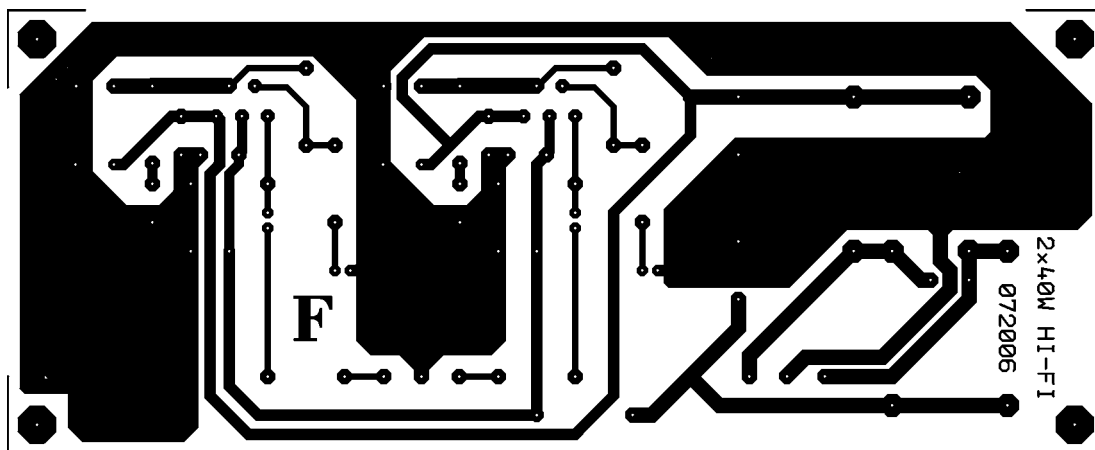
sivní součástky, pak součástky aktivní. Na desce je jedna drátová propojka.

Výkonové obvody IO5 a IO105 upevníte izolovaně na dostatečně dimenzovaný a povrchově upravený chladič. Styčné plochy IO nezapomeňte potříť tepelně vodivou pastou (silikonovou vazelinou), aby se zmenšily

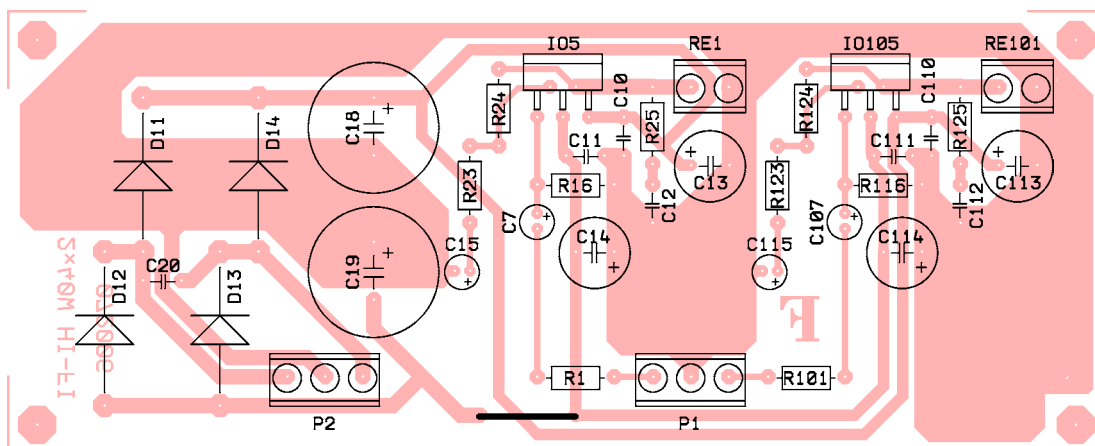
tepelné přechodové odpory. Od IO musí být plastovou průchodkou izolovány i upevňovací šrouby.

„Živé“ přívody od sekundárního vinutí síťového transformátoru můžete jistit dvěma pomalými pojistkami T 3 A, které zapojíte mezi transformátor a svorkovnici P2.

Obr. 47.
Obrázec spojů
výkonového
zesilovače
hi-fi 2x 40 W
s IO TDA2051
(měř.: 1 : 1)



Obr. 48.
Rozmístění
součástek
na desce
výkonového
zesilovače
hi-fi 2x 40 W
s IO TDA2051



Na realizovaném vzorku zesilovače byly naměřeny následující parametry:

- sinusový výkon 42 W na zátěži 4 Ω při napájecím napětí ± 25 V, kmitočtu 1 kHz a zkreslení 0,2 %,
- maximální sinusový výkon 58 W na zátěži 4 Ω při napájecím napětí ± 25 V, kmitočtu 1 kHz a zkreslení 10 %,
- výkonová kmitočtová charakteristika 20 Hz až 30 kHz/-1 dB,
- odstup signál/šum 72 dB,
- ss napětí na výstupní svorkovnici pro reproduktor RE1 je < 2 mV.

Dosažené výsledky potvrzují výrobcem garantovaný sinusový výkon až 60 W při zkreslení signálu 10 %.

Před tento výkonový zesilovač můžete předřadit libovolný korekční předzesilovač, který byl uveden v tomto nebo v některém z mých předcházejících čísel KE (KE 6/2004, KE 6/2005).

K výkonovému zesilovači lze rovněž velice dobře připojit indikátor vybuzení s LM3915, který je popsán na dalších stránkách. Jeho nastavení pro požadovanou indikaci sinusového výkonu 50 W je otázkou několika minut a zvládne ho opravdu každý zručný amatér.

K zesilovači lze místo reproduktorových soustav o jmenovité impedanci 4 Ω připojit i reproduktorové soustavy o impedanci 8 Ω , do kterých však bude dodáván poloviční výkon.

Seznam součástek

R1, R101	1,2 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R16, R24,	
R116, R124	22 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R23, R123	680 Ω /1 %/0,5 W, metal.
R25, R125	2,2 Ω /1 %/0,5 W, metal.
C7, C107	2,2 μ F/25 V, radiální
C10, C11,	
C110, C111	100 nF, keramický
C12, C20,	
C112	220 nF, keramický
C13, C14,	
C113, C114	100 μ F/25 V, radiální
C15, C115	10 μ F/25 V, radiální
C18, C19	4700 μ F/25 V, radiální
D11, D12,	
D13, D14	P600D
IO5, IO105	TDA2051
P1, P2	svorkovnice ARK500/3
RE1, RE101	svorkovnice ARK500/2

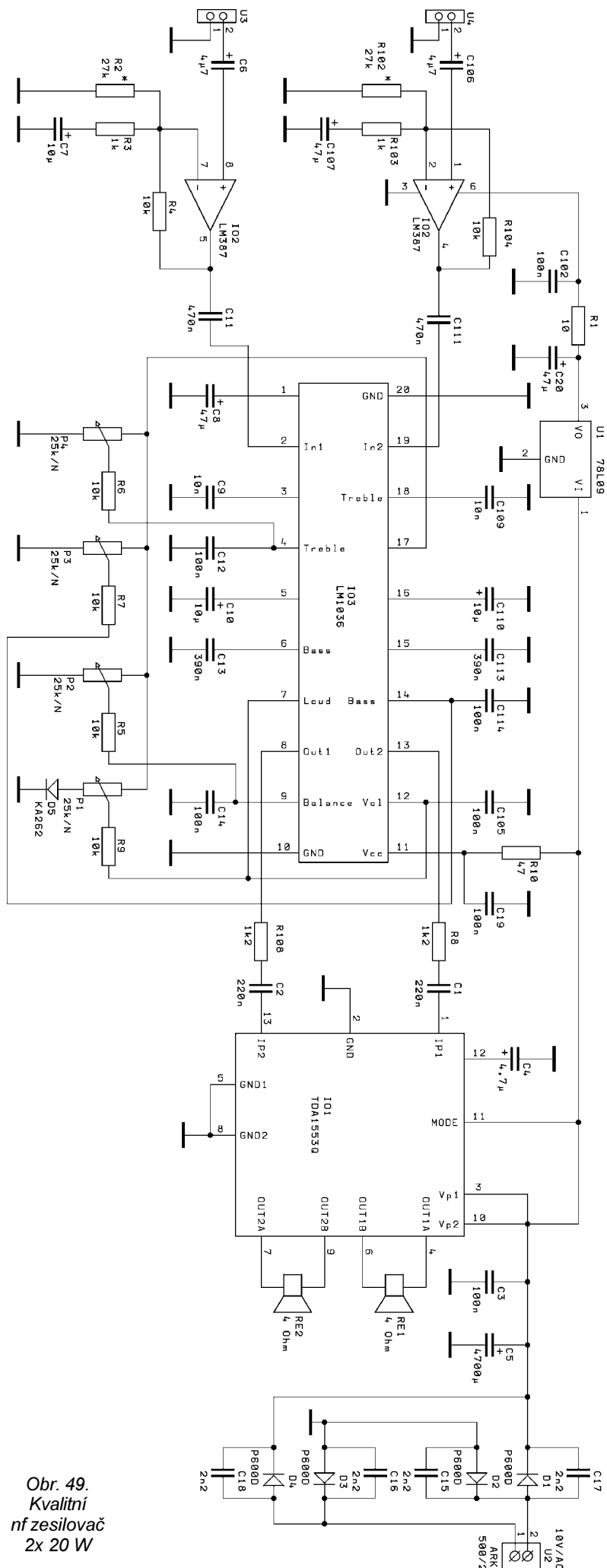
Kvalitní nf zesilovač 2x 20 W

Že lze postavit velice kvalitní nízkofrekvenční zesilovač, který svou jednoduchostí a velice příznivou pořizovací cenou zaujme téměř každého amatéra, dokazuje následující konstrukce.

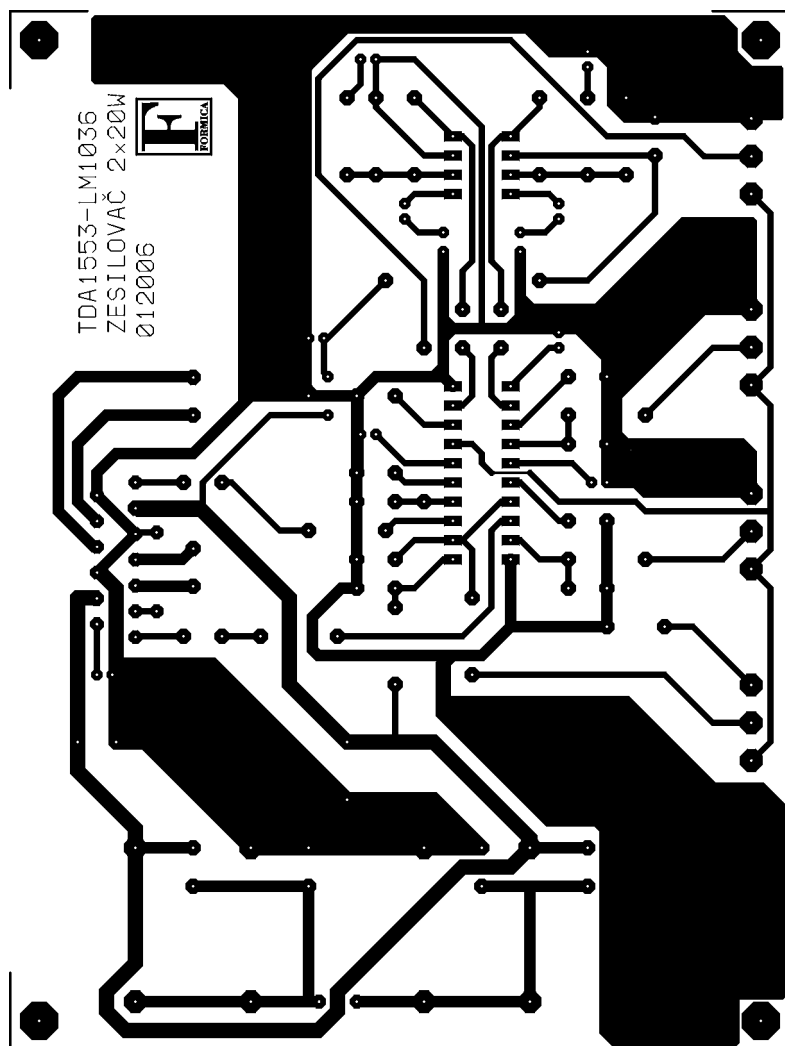
Popis funkce

Schéma zesilovače je na obr. 49. Pro zjednodušení si opět popíšeme pouze jeden kanál

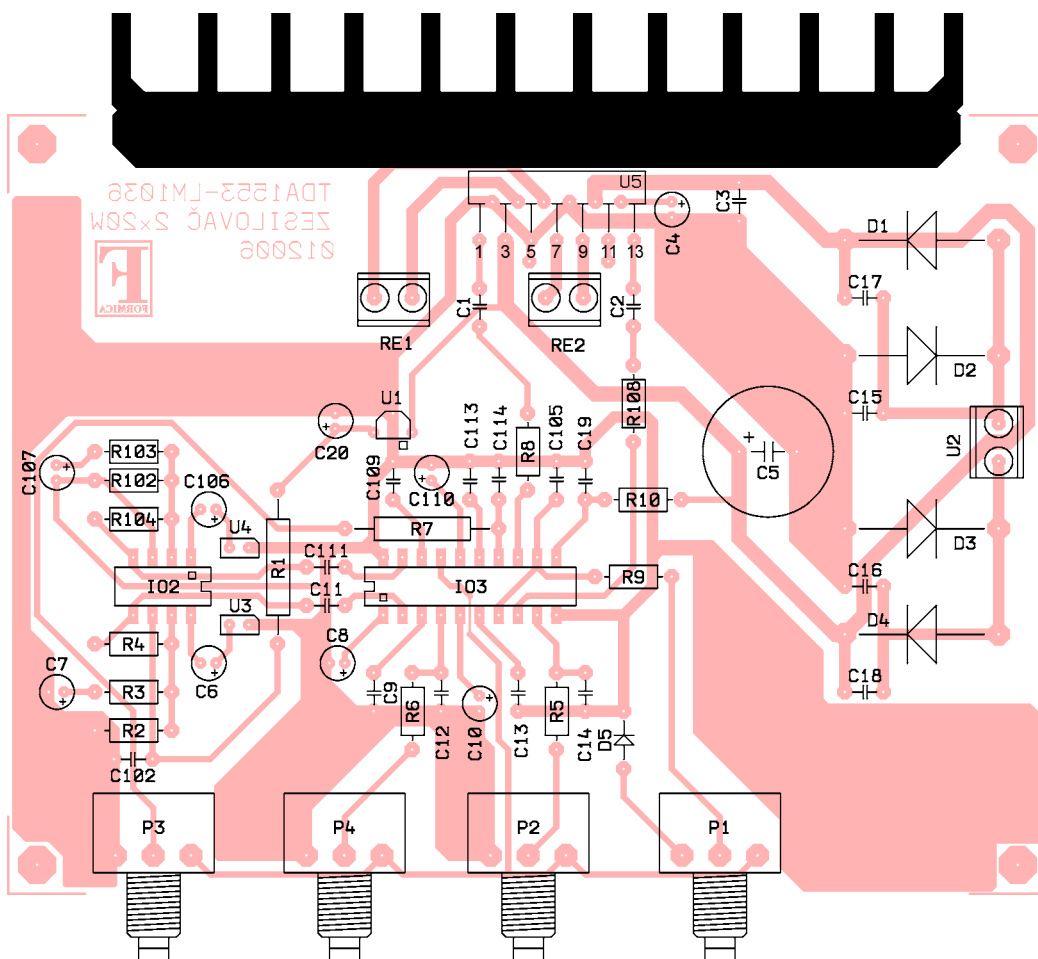
Vstupní stereofonní nf signál z vnějšího zdroje, kterým může být např. CD



Obr. 49.
Kvalitní
nf zesilovač
2x 20 W



Obr. 50.
Obrazec spojů
kvalitního
nř zesilovače
2x 20 W
(měř.: 1 : 1)



Obr. 51.
Rozmístění
součástek
na desce
kvalitního
nř zesilovače
2x 20 W

přehrávač, magnetofon, tuner nebo korekční předzesilovač pro magnetodynamikou přenosku, se přivádí na kontaktní kolíky U4 a U3.

Z kontaktů U3 je nř signál veden do vstupního předzesilovače, který obsahuje jako aktivní součástku monolitický nř předzesilovač LM387 (IO2).

Troufnu si s jistotou říci, že je to jeden z nejlepších IO pro použití v korekčních a nízkofrekvenčních napěťových zesilovačích. Jeho vlastnosti zaručují velice dobrou reprodukovatelnost jednotlivých konstrukcí, skvělé šumové poměry, vysokou odolnost proti přebuzení atd.

Nř signál je přiváděn na neinvertující vstup 8 IO2 přes oddělovací kondenzátor C6. Na tento vstup nemusí být připojeno vnější předpětí, protože potřebné předpětí je zaváděno vnitřně (přes odpor 250 kΩ).

Napěťové zesílení předzesilovače je asi 11 a je nastaveno obvodem záporné zpětné vazby, který obsahuje součástky R3, R4 a C7. Pokud bychom chtěli zesílení zvětšit, zvětšíme odpor rezistoru R4. Pak ale doporučuji pro zabezpečení dostatečné stability předzesilovače připojit paralelně k R4 keramický kondenzátor o kapacitě 22 pF. Pro většinu připojených zdrojů nízkofrekvenčního signálu je nastavené zesílení dostatečné.

Pracovní bod IO2 je nastaven rezistorem R2 tak, aby na výstupu 5 IO2 byla polovina napájecího napětí IO2

(napájecí napětí IO2 je +9 V, na výstupu 5 IO2 tedy musí být +4,5 V). Pokud je ss výstupní napětí IO2 jiné, je nutné změnit velikost odporu rezistoru R2. Pro snazší nastavení předzesilovače nahraďte tento rezistor trimrem o odporu 50 k Ω , nastavte trimrem požadované napětí na výstupu 5 IO2, změřte digitálním multimetrem odpor trimru, a pak místo trimru připejete rezistor s nejbližším nižším odporem z řady E12. V realizovaném vzorku vyhověl rezistor R2 s odporem 27 k Ω .

Vstupní předzesilovač je napájen nesymetricky napětím +9 V ze stabilizátoru 78L09 (U1). Napájecí napětí je ještě filtrováno článkem RC se součástkami C20, R1 a C102.

Z výstupu vstupního předzesilovače je nízkofrekvenční signál přiváděn přes oddělovací kondensátor C11 do korekčního zesilovače.

Srdcem korekčního zesilovače je velice dobře známý IO LM1036N, který lze bez problému nahradit i typem LM1035N. Obvod obsahuje v jednom pouzdře oba stereofonní kanály.

Obvod LM1036N má v sobě integrované korektory hloubek a výšek, regulátor hlasitosti i regulátor stereofonního vyvážení. Korektory i regulátory se ovládají stejným napětím, které se odebírá z jednoduchých lineárních potenciometrů.

Při regulaci hlasitosti se může samostatně měnit nastavení korektorů hloubek a výšek tak, že regulace hlasitosti je fyziologická.

Kmitočty zlomu u korektoru hloubek určují kondenzátory C10 a C13 a u regulátoru výšek kondenzátor C9. Změnou hodnot těchto součástek je možné podle vlastního uvážení a zvyklostí v širokých mezích upravovat kmitočtové charakteristiky korektorů, aniž by to mělo vliv na stabilitu a funkčnost korekčního zesilovače.

Pro spolehlivou funkci IO3 je důležitý elektrolytický kondenzátor C8, který filtruje nežádoucí rušivá napětí a významnou měrou se podílí na zachování dostatečného odstupu signál/šum.

Součástí IO3 je i Zenerova dioda, která udržuje na vývodu 17 IO3 stabilní stejnosměrné napětí o velikosti 5,2 až 5,4 V při odběru proudu až 5 mA. Tímto napětím se napájejí všechny ovládací potenciometry. Potenciometr P1 se ovládá hlasitostí, P2 ovládá stereofonní vyvážení, P3 ovládá korekci hloubek a P4 korekci výšek.

Rušivá napětí z běžců potenciometrů jsou potlačována integračními články RC se součástkami R6, C12, R5, C14, R9, C105 a R7, C114.

Pro zlepšení průběhu ovládání hlasitosti potenciometrem P1 byla stejnosměrná úroveň ovládacího napětí posunuta diodou D5 o 0,6 V. Následkem toho sice regulace hlasitosti nepracuje až do předepsaných -80 dB, to však není vůbec na závadu, zato průběh regulace hlasitosti je podstatně příjemnější.

Obvod IO3 je napájen silovým napájecím napětím, které je filtrováno článkem R10, C19.

Z korekčního zesilovače je nf signál přiváděn přes oddělovací rezistor R108 a kondenzátor C2 na vstup výkonového zesilovače s obvodem TDA1553Q (IO1). Zesilovač má vstupní impedanci asi 60 k Ω a pro plné vybuzení musí být na vstupu efektivní napětí asi 0,5 V.

IO TDA1553Q je dvoukanálový zesilovač s typickým výkonem 2x 22 W ($U_b = 14,4$ V, $Z = 4 \Omega$, $THD = 10 \%$), který je určen do zvukových aparatur v automobilech. Proto je navržen pro asymetrické napájení napětím 12 V (6 až 18 V). Aby mohl poskytovat požadovaný výkon, jsou oba vnitřní výkonové zesilovače můstkové. Napěťové zesílení každého kanálu je pevně nastaveno a je 20 (zisk 26 dB). Obvod je vybaven řadou ochrany, takže je prakticky nezníčitelný.

Obvod TDA1553Q může pracovat ve třech módech, které se volí stavem vývodu 11:

- je-li na vývodu 11 přiváděno kladné napětí větší než 8,5 V, pracuje IO v aktivním módu, ve kterém normálně zesiluje vstupní nf signál,
- je-li vývod 11 uzemněn (je-li na něm kladné napětí 0 až 2 V), pracuje IO v módu Standby (pohotovost), ve kterém nezesiluje a má snížen napájecí proud na typicky 40 μ A,
- je-li na vývodu 11 napětí 3,3 až 6,4 V, pracuje IO v módu Mute (umlčení), ve kterém je přerušen průchod nf signálu.

V popisovaném zesilovači pracuje obvod TDA1553Q trvale v aktivním režimu, a proto je na vývodu 11 IO1 trvale přiváděno napětí asi +6 V z děliče R11, R12.

Uvnitř obvodu TDA1553Q jsou obsaženy součástky, které korigují jeho kmitočtovou charakteristiku v nadakustickém pásmu. Proto nepotřebuje vnější kompenzační prvky, jako např. Boucherottův článek apod.

TDA1553Q obsahuje i vnitřní obvod, který zabráňuje rázům v reproduktorech po zapnutí napájecího napětí. K tomuto obvodu je připojen vnější kondenzátor C4. Obvod po zapnutí napájení zajišťuje pomalý vzrůst napájecího napětí uvnitř IO1, díky čemuž „lupance“ v signálu nemohou vzniknout.

Reproduktory o jmenovité impedanci 4 Ω se připojují přes výstupní svorkovnice RE1 a RE2.

Celý zesilovač je napájen asymetricky nestabilizovaným silovým napětím o velikosti asi +14 V. Toto napájecí napětí je získáváno z usměrňovače s můstkem z diod D1 až D4 a s vyhlazovacím kondenzátorem C5. Usměrňovač ještě obsahuje odrušovací kondenzátory C3 a C15 až C18. Diody D1 až D4 lze použít i typu BY550 (5 A).

Do usměrňovače se přes napájecí svorkovnici U2 přivádí střídavé napětí 10 až 11 V ze sekundárního vinutí síťového transformátoru, které je dimenzováno na proud 5 A.

Konstrukce

Zesilovač 2x 20 W je zkonstruován z vývodových součástek na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrázec spoju je na obr. 50, rozmístění součástek na desce je na obr. 51.

Jak již bylo několikrát řečeno, před zapojováním desky proměříme součástky a zkontrolujeme plošné spoje, zda nejsou přerušené nebo zkratované. Pak nejdříve připejme pasivní součástky a pak aktivní. IO2 a IO3 umístíme do objímek. IO TDA1553Q lze nahradit i typem TDA1552Q, který nemá vnitřní obvod pro ochranu reproduktorů.

Dodatečně musíme připejet na straně spoju mezi vývod 11 IO1 a plošný spoj s kladným napájecím napětím (vývod 3 IO1) drátovou propojku, kterou je IO1 uváděn do aktivního stavu. Původně zde měl být zapojen přepínač módu provozu, který však nebyl použit.

IO1 je upevněn na žebrovaný chladič ZH610. Pokud IO1 od chladiče neodizolujeme, nemůžeme chladič vodivě spojit s kovovou skříňkou, protože kovová chladič ploška pouzdra IO1 není spojena se zemí. Nezapomeneme potřít tepelně vodivou pastou (silikonovou vazelinou) styčné plochy chladiče a IO1, aby se zlepšil přenos tepla.

Oživení je velmi jednoduché, protože zesilovač neobsahuje žádné seřizovací prvky. Zkontrolujeme pouze napájecí napětí a pak celkovou funkci po přivedení nf signálu.

Seznam součástek

R1	10 Ω /1 %/0,5 W, metal.
R2, R102	27 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R3, R103	1 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R4, R5, R6, R9, R104	10 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R7	10 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R8, R108	1,2 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R10	47 Ω /1 %/0,5 W, metal.
P1, P2, P3, P4	25 k Ω /N, jednoduchý potenciometr lineární (TP 160A/25 mm)
C1, C2	220 nF, fóliový (TC 350)
C3, C12, C14, C19, C102, C105, C114	100 nF, keramický
C4	4,7 μ F/25 V, radiální
C5	4700 μ F/25 V, radiální
C6, C106	4,7 μ F/25 V, radiální
C7, C10, C110	10 μ F/25 V, radiální
C8, C20, C107	47 μ F/25 V, radiální
C9, C109	10 nF, fóliový (TC 351)
C11, C111	470 nF, fóliový (TC 350)
C13, C113	390 nF, fóliový (TC 350)
C15, C16, C17, C18	2,2 nF, keramický
D1, D2, D3, D4	P600D
D5	KA262
IO1	TDA1553Q (TDA1552Q)
IO2	LM387N
IO3	LM1036N

U1 78L09
 RE1, RE2 svorkovnice ARK500/2
 U2 svorkovnice ARK500/2
 U3, U4 kontaktní kolíky

Výkonový nf zesilovač 2x 20 W s IO TDA1553

V předchozí kapitole byl popsán úplný nf zesilovač, ve kterém byl ve výkonné části použit obvod TDA1553Q. Tento obvod je určen pro zesilovače do osobních automobilů, ale lze ho dobře použít i v domácích podmínkách. Jeho výhodou je minimum potřebných vnějších součástek, dostatečný výkon a spolehlivý provoz.

Protože řada amatérů potřebuje pouze výkonový zesilovač (jednoduchý a kvalitní), navrhl jsem s obvodem TDA1553Q i konstrukci samotného výkonového zesilovače.

Popis funkce

Schéma zesilovače je na obr. 52. Jako jediná aktivní součástka je v zesilovači použit obvod TDA1553Q (IO1), který byl již podrobněji popsán v předchozí kapitole.

Vstupní stereofonní nf signál je veden vazebními kondenzátory C1 a C2 ze vstupní svorkovnice U1 na vstupní vývody 1 a 13 IO1. Zesilovač má vstupní impedanci asi 60 k Ω a pro plné vybuzení musí mít vstupní signál efektivní napětí asi 0,5 V.

Reproduktory o imperanci 4 Ω jsou připojeny prostřednictvím svorkovnic RE1 a RE2 k výstupním vývodům 4, 6 a 7, 9 IO1. Zesilovač, jak již bylo uvedeno, jsou můstkové, takže žádný z přívodů k reproduktorům nemůže být uzemněn. I když je IO1 napájen nesymetricky pouze kladným napětím, mají všechny výstupní vývody shodný ss potenciál (rovný přibližně polovině napájecího napětí), takže reproduktory nemusejí být připojeny přes oddělovací kondenzátory.

Kondenzátor C4 je součástí vnitřního zpožďovacího obvodu v IO1, který zabraňuje rázům v reproduktorech při zapnutí napájení.

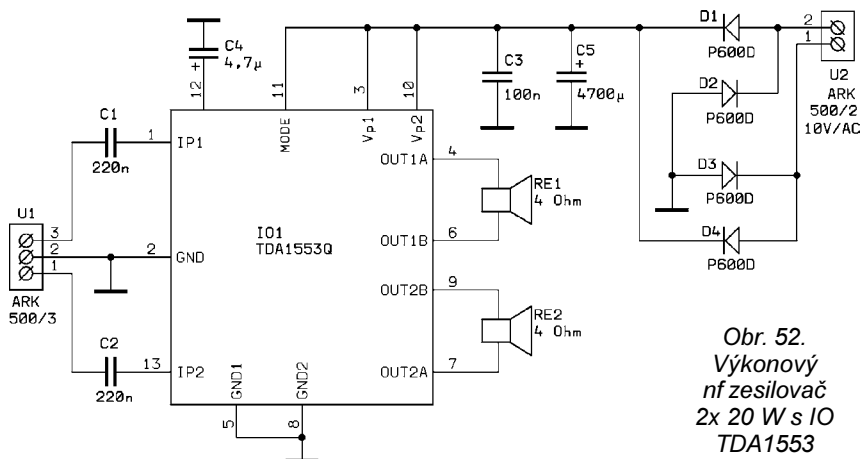
Drátovou propojkou mezi vývody 3 a 11 IO1 je trvale zvolen aktivní mód provozu IO1.

Zesilovač je napájen asymetricky nestabilizovaným napětím o velikosti asi +14 V. Toto napětí se odebírá z usměrňovače s můstkem z diod D1 až D4 a s vyhlazovacím kondenzátorem C5. Diody D1 až D4 mohou být i typu BY550 (5 A).

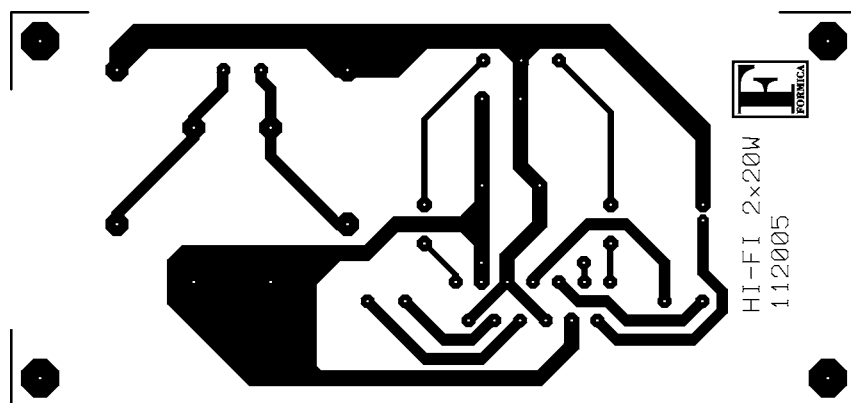
Do usměrňovače se přivádí přes napájecí svorkovnici U2 střídavé napětí 10 až 11 V ze sekundárního vinutí síťového transformátoru, které je dimenzováno na proud 5 A.

Konstrukce

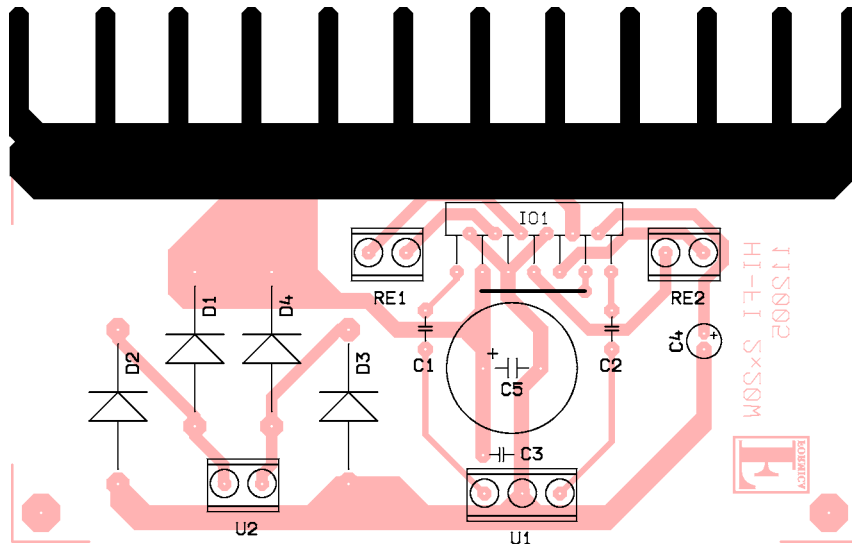
Výkonový zesilovač 2x 20 W je konstruován z vývodových součástek



Obr. 52.
Výkonový
nf zesilovač
2x 20 W s IO
TDA1553



Obr. 53. Obrazec spojů výkonového nf zesilovače 2x 20 W (měř.: 1 : 1)



Obr. 54. Rozmístění součástek na desce výkonového nf zesilovače 2x 20 W

na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojů je na obr. 53, rozmístění součástek na desce je na obr. 54.

Součástky i plošné spoje před zapojováním pečlivě zkontrolujeme. Nezapomeneme osadit jednu drátovou propojku.

IO1 upevníme na žebrovaný chladič ZH610. Kovová chladič ploška pouzdra IO1 není spojena se zemí. Pokud je chladič spojen s kovovou skříňkou, musíme IO1 od chladiče izolovat slídovou podložkou, v opačném případě

nikoliv. Styčné plochy IO1 a chladiče potřeme tepelně vodivou pastou (silikonovou vazelinou), aby se zlepšil přenos tepla.

Při ožiování zkontrolujeme napájecí napětí a pak s nf signálem a připojenými reproduktory celkovou funkci.

Seznam součástek

C1, C2	220 nF, fóliový (TC 350)
C3	100 nF, keramický
C4	4,7 µF/25 V, radiální
C5	4700 µF/25 V, radiální

D1, D2,
D3, D4 P600D
IO1 TDA1553Q (TDA1552Q)
IRE1, RE2 svorkovnice ARK500/2
U1 svorkovnice ARK500/3
U2 svorkovnice ARK500/2

Indikátor vybuzení s IO LM3915

Na závěr si v kapitole o nízkofrekvenční technice představíme indikátor vybuzení výkonových zesilovačů, kterým můžeme oživit panel zesilovače.

Popis funkce

Zapojení indikátoru je velice jednoduché, schéma je na obr. 55.

Pro zjednodušení si popíšeme zapojení levého kanálu. Pravý kanál je zapojením identický, jen součástky mají čísla o stovku vyšší.

Nízkofrekvenční signál o dostatečné velké úrovni napětí (např. z výstupních svorek výkonového zesilovače pro reproduktor) je přiváděn na vývod 2 svorkovnice P1 (levý kanál) a na vývod 1 svorkovnice P2 (pravý kanál).

Na vývod 1 svorkovnice P1 je přiváděno stejnosměrné napájecí napětí o velikosti +12 až +15 V.

Vstupní odpor indikátoru je určen odporem rezistoru R3. Rezistor R4 chrání bázi tranzistoru T1 před přetížením a zároveň potlačuje rušivé složky v nízkofrekvenčním signálu. Rezistor R5 je zpětnovazební a díky němu se T1 chová jako zdroj proudu řízený napětím nf signálu.

Kolektorovým proudem T1 se přes oddělovací diodu D1 nabíjí filtrační kondenzátor C2, který je vybíjen rezistorem R6. Celý obvod se chová jako špičkový usměrňovač, napětí na C2 odpovídá špičkové úrovni nf signálu. Časová konstanta článku R6, C2 zabezpečuje přiměřeně zpožděné zhasínání indikačních LED diod po odeznění špičky signálu. Zvětšením kapacity kondenzátoru C2 lze toto zpoždění prodloužit, na základě praktického provozu však doporučuji toto zpoždění neměnit. Díky tranzistoru T1, který je vodivosti pnp, má tento půlvlnný špičkový usměrňovač velice dobrou dynamiku.

Velikost napětí ze špičkového usměrňovače je indikována páskem deseti LED. LED jsou buzeny obvo-

dem LM3915 (IO1), který zajišťuje logaritmický průběh indikace. IO1 je zapojen tak, že indikátor pracuje v bodovém režimu (svítí vždy jen jedna z LED). Referenční napětí pro IO1 je odvozeno z napájecího napětí.

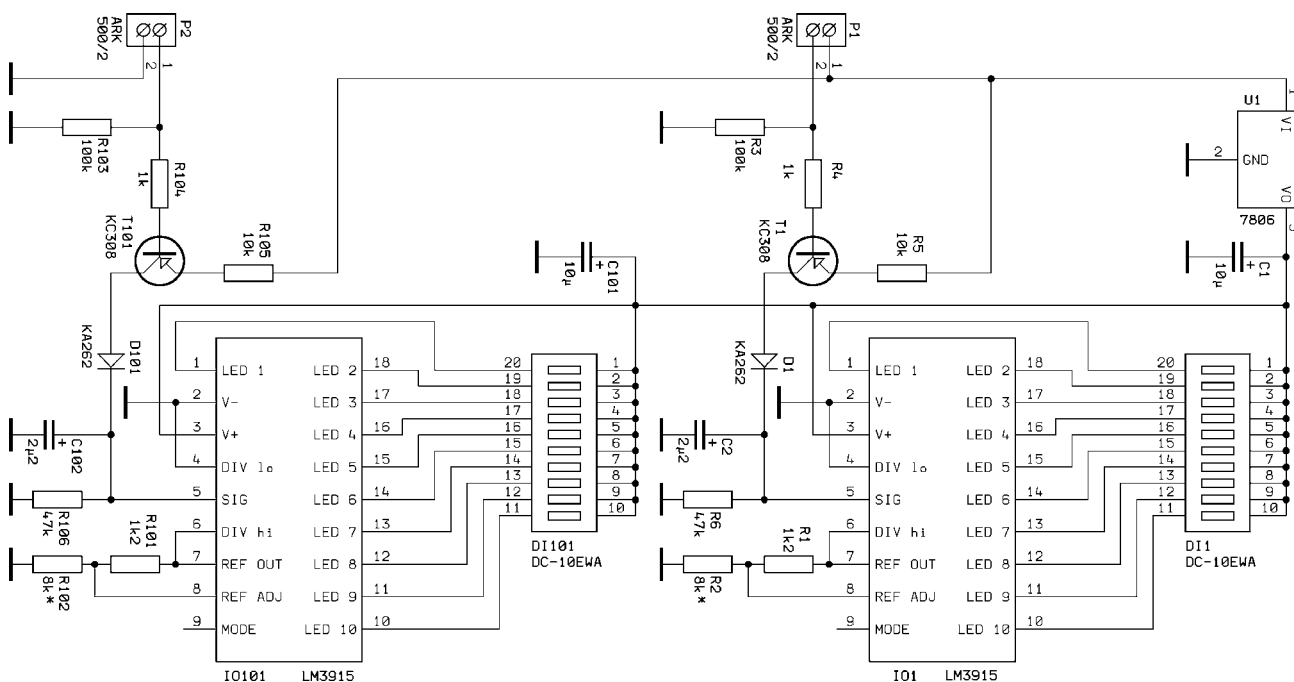
Skupina deseti indikačních LED je sdružena v jednom pouzdru, které je na schématu označeno jako DI1 a podle angličtiny se nazývá bargraf. Bargrafy se prodávají s několika barevnými kombinacemi LED. Použitý typ obsahuje zelené a červené LED.

Aby se zmenšilo výkonové namáhání obvodu IO1 při případné volbě páskového režimu zobrazovače, je napájen napětím 6 V ze stabilizátoru U1. Rezistorem R1 je nastaven pracovní proud indikačních LED diod asi 15 mA. Při tomto proudu je svit LED dostatečný a vyhovující.

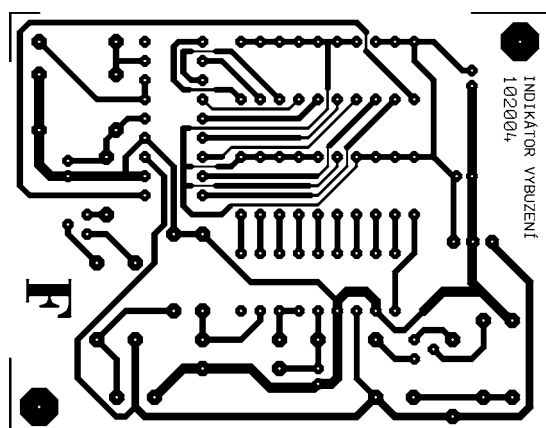
Velikostí odporu rezistoru R2 se nastavuje citlivost celého indikátoru vybuzení.

Konstrukce

Indikátor vybuzení je zkonstruován z vývodových součástek na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obra-

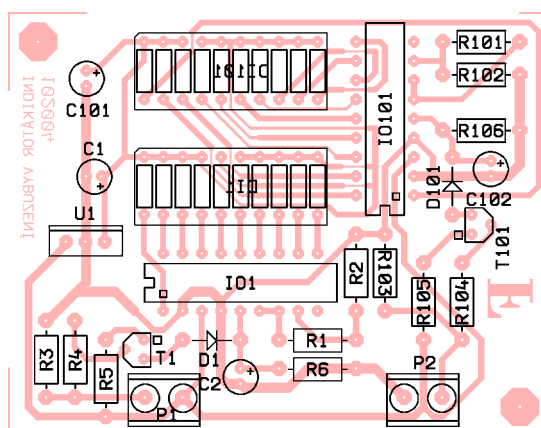


Obr. 55. Indikátor vybuzení s IO LM3915



Obr. 56. Obrazec spojí indikátoru vybuzení s IO LM3915 (měř.: 1 : 1)

Obr. 57. Rozmístění součástek na desce indikátoru vybuzení s IO LM3915



zec spojů je na obr. 56, rozmístění součástek na desce je na obr. 57.

Před zapojováním součástek důkladně zkontrolujte plošné spoje (zda nejsou přerušené nebo zda nejsou mezi spoji vodivé můstky), protože mezi jednotlivými pájecími body součástek je vedeno větší množství spojů a je větší nebezpečí zkratů při nedokonalé výrobě desky v amatérských podmínkách.

Kvůli snadnější montáži indikátoru vybuzení na na přední panel výkonového zesilovače jsou pouzdra sloupců deseti LED (DI1, DI101) umístěna na desce indikátoru na straně spojů a jsou připájena miniaturní páječkou (nebo v nouzi i pistolovou traťopáječkou s tenkým hrotem).

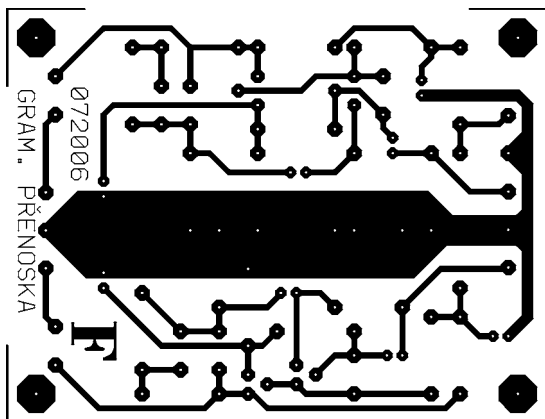
Při oživování připájíme místo rezistoru R2 trimr o odporu 10 kΩ a na vývod 2 svorkovnice P1 přivedeme střídavé napětí 10 V, které odpovídá sinusovému výkonu 25 W na zátěži 4 Ω. Trimr nastavíme do takové polohy, aby se při napětí 10 V rozsvítila poslední desátá červená LED. Pak odpor takto nastaveného trimru změříme a trimr nahradíme rezistorem s nejbližší nižší hodnotou odporu z řady E12.

Obdobně nastavíme i druhý kanál. Tím je celé seřízení dokončeno.

Pokud chceme použít páskový režim provozu indikátoru, je nutné ze strany plošných spojů propojit káblíkem vývody 9 a 3 u obou IO. V této konstrukci je použit bodový režim indikace.

Seznam součástek

R1, R101	1,2 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R2, R102	8,2 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R3, R103	100 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R4, R104	1 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R5, R105	10 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R6, R106	47 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
C1, C101	10 μF/25 V, radiální
C2, C102	2,2 μF/25 V, radiální
D1, D101	KA262
T1, T101	KC308
DI1, DI101	sloupec deseti zelených a červených LED v pouzdře DIL (DC-10EWA)
IO1, IO101	LM3915
U1	7806
P1, P2	svorkovnice ARK500/2



Korekční předzesilovač pro magnetodynamickou přenosku

Jako poslední konstrukci v této kapitole si představíme velice jednoduchý korekční předzesilovač pro stereofonní magnetodynamickou přenosku. O takovou jednoduchou konstrukci mně žádalo několik čtenářů, kteří pravděpodobně nedají stále dopustit na svou černou vinylovou gramodesku. Nástupem CD nosičů se očekával útlum a postupný zánik této technologie, ale opak je pravdou. Výroba gramofonových přístrojů ve světě nebyla dosud ukončena a zdá se, že se navrací jejich dávná sláva.

Při snímání dlouhohrající desky magnetodynamickou přenoskou jsou na výstupu přenosky zdůrazněny vysoké kmitočty, protože výstupní napětí je

úměrné rychlosti snímání diamantového hrotu (tyto přenosky jsou také označovány jako rychlostní). Navíc výstupní napětí je velmi slabé (μV až mV).

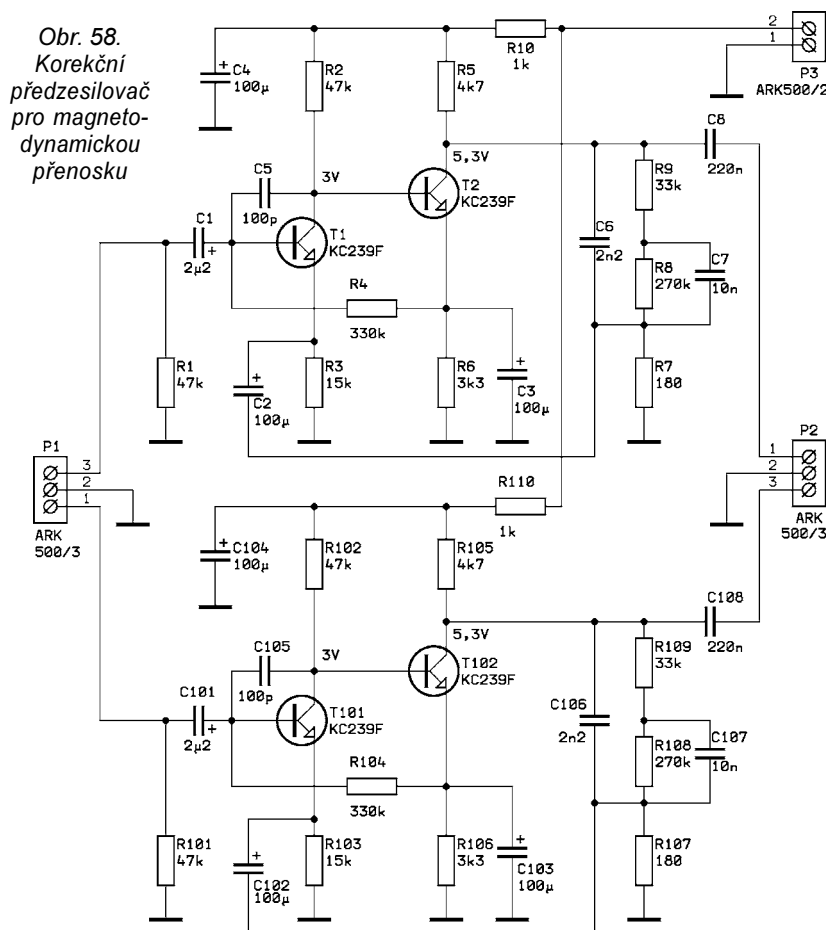
Proto musí být za přenosku zařazen korekční předzesilovač s malým šumem, který signál z přenosky zesílí a kmitočtově zkoriguje. Kmitočtová charakteristika předzesilovače je určena normou RIAA (viz obr. III na straně 5 tohoto čísla KE).

V úvodu bylo naznačeno řešení korekčního předzesilovače s operačním zesilovačem, na tomto místě si popíšeme korekční zesilovač s tranzistorem.

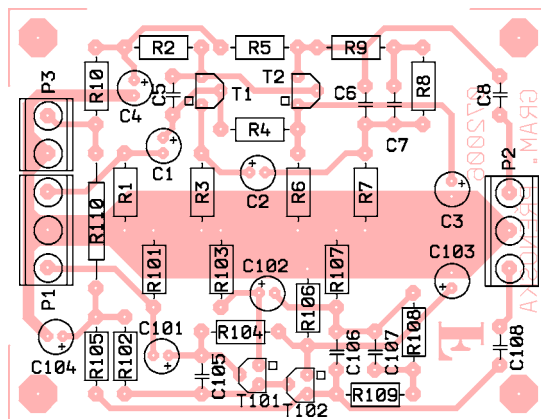
Popis funkce

Schéma korekčního předzesilovače je na obr. 58. Pro jednoduchost si popíšeme funkci pouze levého kanálu. Právý kanál je identický, jen součástky mají číslo o stovku vyšší.

Obr. 58.
Korekční předzesilovač pro magnetodynamickou přenosku



Obr. 59.
Obrazec spojů korekčního předzesilovače (měř.: 1 : 1)



Obr. 60.
Rozmístění součástek na desce korekčního předzesilovače

Nf signál z magnetodynamické přenosky, který dosahuje maximální velikosti 2 až 5 mV, je přiváděn na vstupní svorkovnici P1 a odtud do dvoustupňového stejnosměrně vázaného zesilovače s tranzistory T1 a T2.

Stejnosemnná záporná zpětná vazba, která určuje pracovní body obou tranzistorů, je zavedena rezistorem R4 z emitoru T2 do báze T1. Přenosu střídavého signálu zabraňuje C3.

Střídavá kmitočtově závislá záporná zpětná vazba je zavedena z kolektoru T2 do emitoru T1. Tato vazba obsahuje kmitočtově závislé články RC se součástkami R8, R9, C6 a C7, které zajišťují požadovanou kmitočtovou charakteristiku předzesilovače podle normy RIAA.

Kondenzátor C5, který je zapojen mezi kolektor a bázi T1, upravuje fázové poměry na nejvyšších kmitočtech a odstraňuje sklon zesilovače kmitat v nadakustickém kmitočtovém pásmu.

Výstupní napětí o velikosti asi 300 mV lze odebrat k dalšímu zpracování z výstupní svorkovnice P2.

Napájecí napětí o velikosti 9 až 12 V je přiváděno na napájecí svorkovnici P3 (kladný pól je na svorce 2 P3). Odběr ze zdroje je asi 2 mA. Napětí uvedená ve schématu na kolektorech tranzistorů platí pro napájecí napětí 9 V.

Konstrukce

Korekční předzesilovač je zkonstruován z vývodových součástek na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojů je na obr. 65, rozmístění součástek na desce je na obr. 66.

Stejně jako v předchozích konstrukcích před osazováním desky zkontrolujeme plošné spoje a proměříme součástky. Nejprve připájíme pasivní součástky a pak tranzistory.

Tranzistory použijte předepsaného typu nebo podobné npn s malým šumem (např. BC550C).

Kondenzátory C6, C7, C106 a C107 by měly mít toleranci kapacity max. 5 %, aby byla dodržena předepsaná kmitočtová charakteristika předzesilovače.

K desce připojíme napájecí napětí 9 V a změříme stejnosměrné napětí na kolektorech tranzistorů. Pokud by se tato napětí značně lišila od uvedených hodnot, změníme odpor rezistoru R4. V mém předzesilovači vyhověly hodnoty podle schématu. Ss zpětná vazba je velmi silná a vyrovná i značné rozdíly proudových zesilovacích činitelů obou tranzistorů.

Dále zkontrolujeme vstupní citlivost zesilovače, která je na kmitočtu 1 kHz asi 2 mV pro výstupní napětí 300 mV. Maximální vstupní napětí je 12 mV, pře-

buditelnost je 12 dB. Zkreslení signálu je maximálně 0,1 %.

Při praktickém použití doporučuji napájet korekční zesilovač napětím 12 V, tím se zvětší přebuditelnost na 16 dB.

Výstup předzesilovače připojíme stíněným kablíkem přímo do gramofonového konektoru magnetofonu nebo nízkofrekvenčního zesilovače.

Seznam součástek

R1, R2,	
R101, R102	47 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R3, R103	15 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R4, R104	330 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R5, R105	4,7 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R6, R106	3,3 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R7, R107	180 Ω/1 %/0,5 W, metal.
R8, R108	270 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R9, R109	33 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R10, R110	1 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
C1, C101	2,2 μF/50 V, radiální
C2, C3, C4,	
C102, C103,	
C104	100 μF/10 V, radiální
C5, C105	100 pF, keramický
C6, C106	2,2 nF, fóliový (TC351)
C7, C107	10 nF, fóliový (TC351)
C8, C108	220 nF, fóliový (TC351)
T1, T2,	
T101, T102	KC239F
P1, P2	svorkovnice ARK500/3
P3	svorkovnice ARK500/2

Zábava a měření

Tříhlasý gong s IO SAE 800

Byl jsem velmi mile překvapen zájmem čtenářů o zapojení elektronického gongu s obvodem SAE 800, které bylo publikováno v KE 6/2005.

Dotazy byly převážně zaměřeny na případné využití dalších funkcí tohoto velice oblíbeného obvodu. Na základě těchto dotazů a požadavků čtenářů jsem inovoval zapojení gongu tak, aby bylo možné připojit až tři domovní tlačítka. Celkové schéma se zjednodušilo a zlevnilo. Napojení na domovní rozvod je rovněž velice jednoduché a funguje pro tlačítko u brány domu i u vchodových dveří. Lze zvolit mezi jedním, dvěma anebo třemi tóny gongu s dozvukem. Nové zapojení vám předkládám k vyzkoušení a k případnému využití v rodinném domě.

Popis funkce

Schéma tohoto jednoduchého tříhlasého gongu je na obr. 61.

Základem gongu je obvod SAE800 (IO2), který vytváří zvukový efekt gongu včetně dozvuku. Kombinací kladných ss napětí, která se přivádějí na ovládací vstupy 8 a 7 IO2, se volí zaznění jednoho až tří úderů.

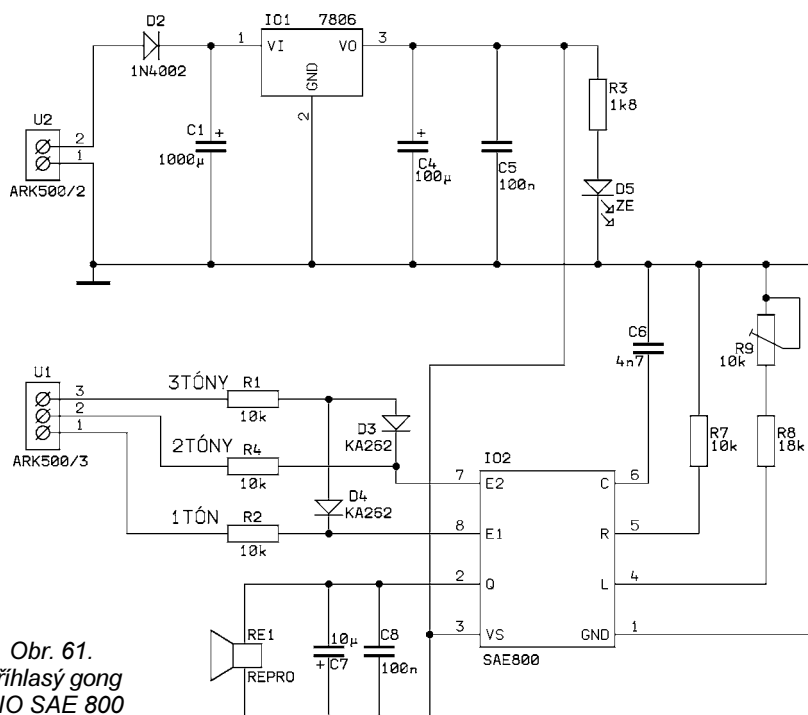
Na vstupní svorkovnici U2 je přiváděno střídavé napájecí napětí o velikosti

6 V z domovního rozvodu (ze zvonkového transformátoru). Toto střídavé napětí je usměrňováno diodou D2 a vyhlazováno kondenzátorem C1. Na C1 je ss napětí asi 9 V. Napětí z C1 je dále upravováno stabilizátorem IO1. Aby stabilizátor nekmital, je jeho výstup zablokován kondenzátory C4 a C5. Napě-

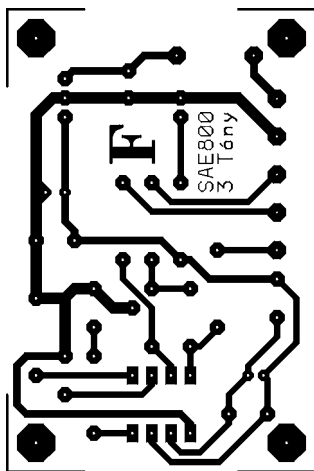
tím +6 V ze stabilizátoru se napájí IO2. Přítomnost napájecího napětí je indikována zelenou LED s malým příkonem.

Na svorkovnici U1 je přiváděno střídavé napětí 6 V až ze tří zvonkových tlačítek. Jednotlivé svorky této svorkovnice jsou připojeny přes oddělovací rezistory a diody na ovládací vstupy E1 a E2 IO2.

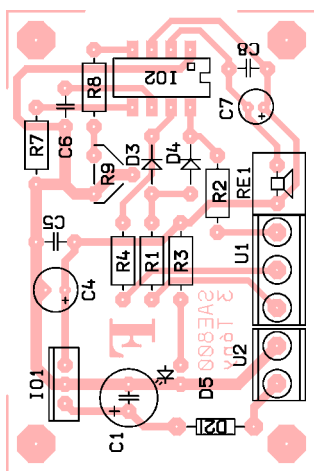
Střídavé napětí 6 V, které se spíná prvním tlačítkem, se přivádí mezi svorky 1 svorkovnice U2 (zem) a 1 svorkov-



Obr. 61.
Tříhlasý gong
s IO SAE 800



Obr. 62. Obrazec spojů tříhlasého gongu s IO SAE 800 (měř.: 1 : 1)



Obr. 63. Rozmístění součástek na desce tříhlasého gongu s IO SAE 800

nice U1. Tímto napětím se aktivuje vstup E1 IO2 a zazní jeden úder gongu.

Střídavým napětím 6 V z druhého tlačítka, které se přivádí mezi svorky 1 U2 a 2 U1, se aktivuje vstup E2 IO2 a zazní dva údery gongu.

Střídavým napětím 6 V z třetího tlačítka, které se přivádí mezi svorky 1 U2 a 3 U1, se přes diody D3 a D4 aktivují oba vstupy E1 i E2 IO2 a zazní tři údery gongu.

Podle počtu úderů lze tedy určit, které z tlačítek různě umístěných v objektu bylo stisknuto, a podle toho poznat, kde se možný návštěvník nachází.

Kondenzátorem C6 lze v určitých mezích regulovat výšku tónu gongu, ale

v praxi se předepsaná kapacita osvědčila. Trimrem R9 regulujeme hlasitost zvuku gongu.

Reproduktor RE1 by měl mít impedanci v rozsahu od 4 do 25 Ω a průměr alespoň 60 mm. Výstup pro reproduktor je zablokován kondenzátory C7 a C8.

Konstrukce

Tříhlasý gong je zkonstruován z vývodových součástek na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojů je na obr. 62, rozmístění součástek na desce je na obr. 63. Stabilizátor IO1 nevyžaduje chladič.

Po zapojení součástek vyzkoušíme funkci a trimrem R9 nastavíme požadovanou hlasitost zvuku.

Výhodou tohoto zapojení je, že i když návštěva opětovně mačká tlačítka ještě v průběhu cyklu úderů gongu, vždy se cyklus dokončí a pak se teprve spustí cyklus nový.

Konstrukce je univerzální a je jen věcí konstruktéra, kolik úderů gongu pro své potřeby signalizace využije.

Seznam součástek

R1, R2,	
R4, R7	10 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R3	1,8 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R8	18 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R9	10 k Ω , trimr TP011
C1	1000 μ F/16 V, radiální
C4	100 μ F/16 V, radiální
C5, C8	100 nF, keramický
C6	4,7 nF, fóliový (TC352)
C7	10 μ F/16 V, radiální
D2	1N4002
D3, D4	KA262
D5	LED zelená, 5 mm, 2 mA
IO1	7806
IO2	SAE800
RE1	kointaktní kolíky
U1	svorkovnice ARK500/3
U2	svorkovnice ARK500/2

Melodický zvonek

Jako další konstrukci si představíme melodický zvonek, který je tak jednoduchý, že nepotřebuje snad ani komentáře.

Tchajwanská firma HOLTEK vyrábí velice zajímavý integrovaný obvod HT2820D, který se třemi vnějšími rezistory, třemi kondenzátory a dvěma tranzistory přehraje jednu pevně naprogramovanou melodii.

Obtížné je na našem trhu elektronických součástek tento integrovaný obvod sehnat, ale v Polsku anebo Maďarsku, případně Rakousku lze uvesti součástku bez větších obtíží zakoupit. Původně jsem tuto stavebnici nechtěl publikovat, ale požádal mě o ní můj kamarád, který si potřebný integrovaný obvod dovezl z dovolené v Belgii.

Popis funkce

Ale nyní již ke schématu, které je na obr. 64. Schéma je převzato z aplikačního listu výrobce, jen koncový stupeň a napájení tohoto melodického zvonku bylo upraveno pro součástky běžně dostupné na našem trhu.

Střídavé napětí 6 V ze zvonkového transformátoru, který je umístěn např. na DIN liště v domovním rozvaděči, je přiváděno na svorky 3 a 1 svorkovnice P1. Na prostřední svorku 2 této svorkovnice je připojeno zvonkové tlačítko, které spojuje svorku 2 P1 se zemí (se svorkou 1 P1).

Střídavé napětí 6 V se používá k napájení generátoru melodie HT2820D (IO1). Střídavé napětí je jednoduše usměrňováno diodou D1 a vyhlazováno kondenzátorem C4, na kterém je ss napětí asi 8,5 V. Protože obvod HT2820D má doporučený rozsah napájecího napětí 3,5 až 4,5 V, je napájecí napětí z C4 zmenšováno na stabilní velikost 5 V stabilizátorem 7805. Napětí 5 V je pak ještě dále zmenšováno o úbytek asi 0,65 V na křemíkové diodě D3, která je zapojena do série s napájecím přívodem k IO1.

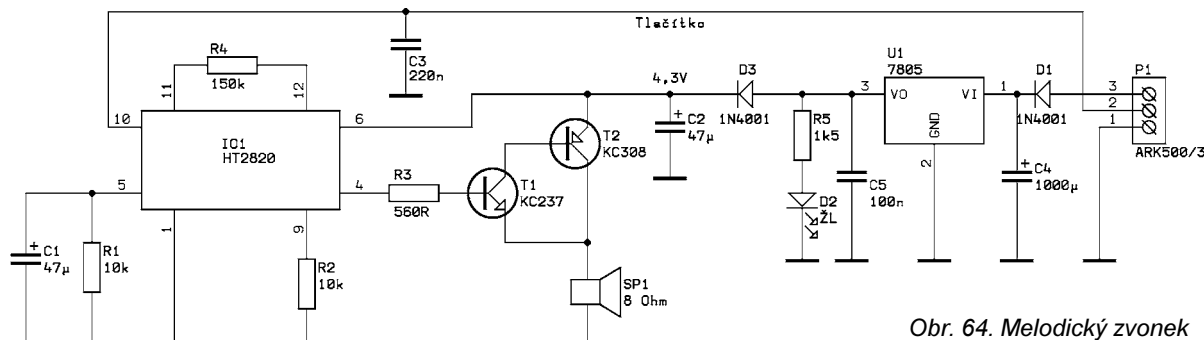
Přítomnost napájecího napětí, tj. provozní stav melodického zvonku, je signalizován žlutou LED D2 s malým příkonem. Pracovní proud LED D2 je nastaven rezistorem R5.

Stabilizátor U1 není nutné chladit. Pravděpodobně by bylo možné použít i stabilizátor s menším výkonem typu 78L05. Tato varianta však nebyla v praxi odzkoušena.

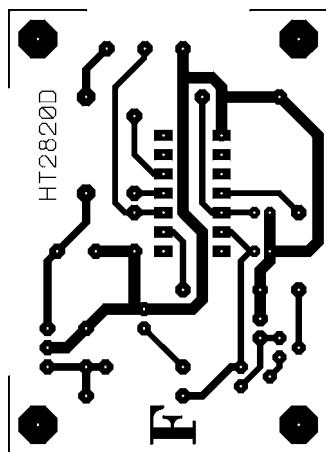
Klidový napájecí proud celého melodického zvonku je asi 10 mA, při přehrávání melodie se napájecí proud zvětší na 50 až 60 mA.

Aby se předešlo nežádoucímu kmitání, jsou napájecí vývody všech IO zablokovány kondenzátory C2, C5 a C4.

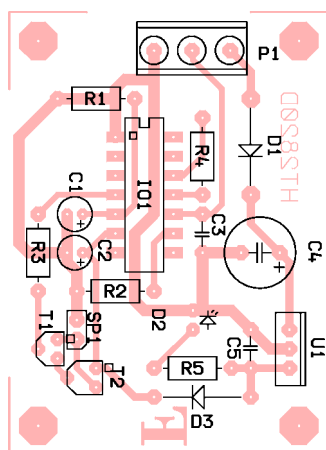
Generátor melodie IO1 je zapojen podle doporučení výrobce. Aby se dosáhlo dostatečného akustického výkonu, je mezi výstup 4 IO1 a reproduktor SP1 zapojen výkonový emitorový



Obr. 64. Melodický zvonek



Obr. 65. Obrazec spojů melodického zvonku (měř.: 1 : 1)



Obr. 66. Rozmístění součástek na desce melodického zvonku

sledovač s Darlingtonovou dvojicí doplnkových tranzistorů T1 (NPN) a T2 (PNP). Proud báze T1 je omezen rezistorem R3.

Reproduktor SP1 by měl být co nejcitlivější o průměru alespoň 63 mm a s impedancí 8 Ω.

Melodie se spouští uzemněním ovládacího vstupu 10 IO1 stisknutím zvonkového tlačítka. Zámkový na přívodu od zvonkového tlačítka jsou potlačovány kondenzátorem C3, jehož kapacitu lze zvětšit až na 1 μF. Bez C3 se při trvalém stisku tlačítka vyskytovaly nedefinované stavy při přehrávání melodie.

Po doplnění kondenzátoru C3 pracuje zvonek spolehlivě. I při opakovaném stisknutí tlačítka se melodie dohraje až do konce a pak po dalším stisknutí tlačítka se začne přehrávat znovu od začátku. Počet stisknutí zvonkového tlačítka v průběhu přehrávání melodie tedy nemá žádný vliv na začátek, přerušení nebo ukončení hracího cyklu.

Konstrukce

Melodický zvonek je zkonstruován z vývodových součástek na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojů je na obr. 65, rozmístění součástek na desce je na obr. 66.

V konstrukci se nevyskytují žádné zálužnosti. Pokud ke stavbě použijeme zkontrolovanou desku s plošnými spoji

a dobré součástky, pak tento velmi jednoduchý melodický zvonek pracuje na první zapojení bez známek nestability a nedefinovaných stavů.

Deska se součástkami včetně reproduktoru je vestavěna do malé plastové skříňky.

Seznam součástek

R1, R2	10 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R3	560 Ω/1 %/0,5 W, metal.
R4	150 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R5	1,5 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
C1, C2	47 μF/16 V, radiální
C3	220 nF, keramický
C4	1000 μF/16 V, radiální
C5	100 nF, keramický
D1, D3	1N4001
D2	LED žlutá, 5 mm, 2 mA
T1	KC237
T2	KC308
U1	7805
IO1	HT2820D
P1	svorkovnice ARK500/3
SP1	kontaktní kolíky

Nízkofrekvenční milivoltmetr

Na nf milivoltmetr jsou kladeny dosti přísné požadavky, které však lze s moderními součástkami splnit i v amatérských podmínkách. Nf milivoltmetr musí mít v akustickém pásmu 20 Hz až 20 kHz přesnost alespoň ±0,5 dB a vstupní odpor větší než 1 MΩ, aby bylo možné měřit napětí přímo na elektroakustických měničích.

Popisovaný přístroj má základní citlivost 1 mV pro plnou výchylku ručkového měřidla a přepínačem volitelné rozsahy 1, 3, 10, 30, 100 a 300 mV. Když se posuvným přepínačem předradí vstupní dělič s dělicím poměrem 1/1000 (s útlumem 60 dB), má přístroj další rozsahy 1, 3, 10, 30, 100 a 300 V.

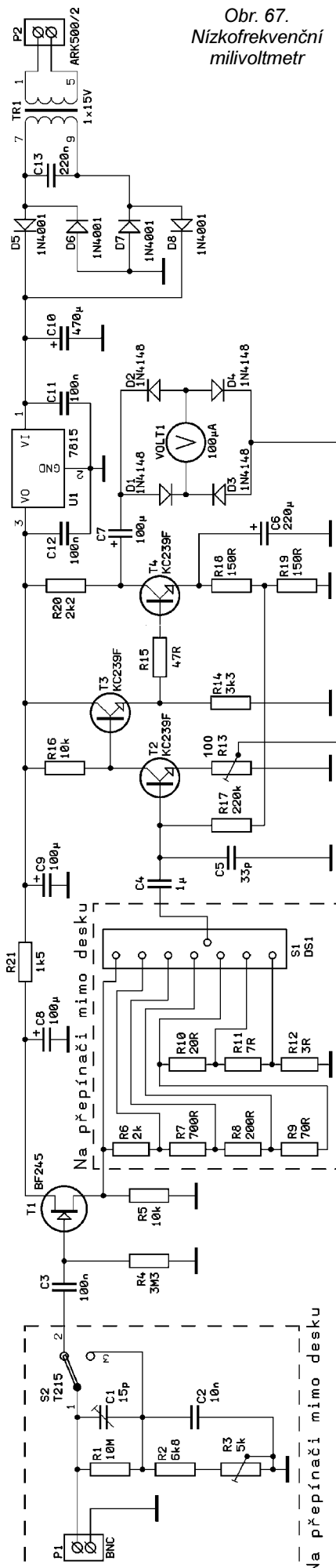
Popis funkce

Schéma nf milivoltmetru je na obr. 67. Napětí z měřeného objektu je stíněným kabelem přiváděno na vstupní konektor P1 (BNC).

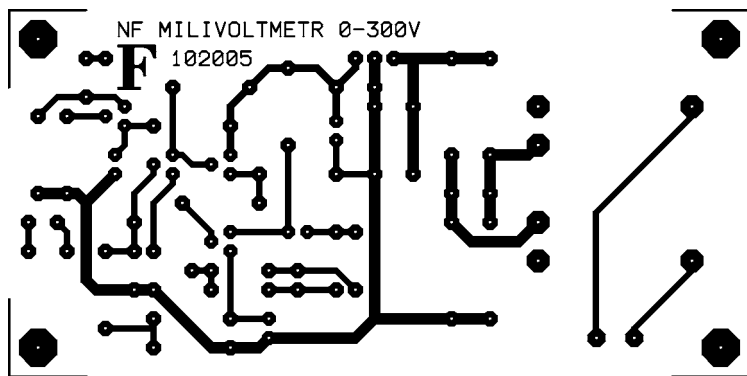
Z konektoru P1 je měřený signál veden do vstupního děliče napětí s rezistory R1 až R3, jehož dělicí poměr 1/1 nebo 1/1000 se volí přepínačem S2. Dělič má obvyklý vstupní odpor 1 MΩ. Vzhledem k relativně velkému odporu je dělič kmitočtově kompenzován kondenzátory C1 a C2. Přesný dělicí poměr na nízkých kmitočtech (např. 100 Hz) se nastavuje trimrem R3, kmitočtová kompenzace, tj. přesný dělicí poměr na vysokých kmitočtech (např. 10 kHz) se nastavuje trimrem C1.

Pokud snímáte napětí z měřeného objektu dělicí sondou s dělicím poměrem 1 : 10, nemusíte případně vstupní dělič vůbec použít. Pak bude mít milivoltmetr rozsahy 10 mV až 10 V.

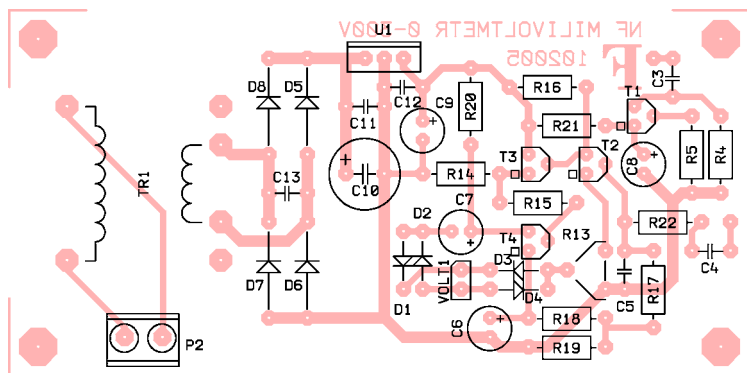
Za vstupním děličem je převodník impedance z velké na malou s tranzistorem J-FET BF245 (T1). T1 je zapojen



Obr. 67. Nízkofrekvenční milivoltmetr



Obr. 68. Obrazec spojů nízkofrekvenčního milivoltmetru (měř.: 1 : 1)



Obr. 69. Rozmístění součástek na desce nízkofrekvenčního milivoltmetru

se společným kolektorem a přenáší signál se zesílením napětí asi 0,9.

Na jeho emitor T1 navazuje přepínač rozsahů měření S2 s odporovým děličem napětí s rezistory R6 až R12. Předepsané odpory rezistorů R6 až R12 lze buď zakoupit, nebo vytvořit složením několika rezistorů.

Měřicí zesilovač s přímo vázanými tranzistory T2, T3 a T4 v zapojení SE, SK, SE zaručuje velké základní zesílení a umožňuje linearizovat usměrňovač s diodami D1 až D4 zapojený v obvodu silné záporné zpětné vazby. Použité tranzistory by měly mít minimální šum, aby bylo možné využít dosažitelné citlivosti milivoltmetru; především se to týká tranzistoru T2 a T3.

Na vstupu zesilovače je blokovací kondenzátor C5 s malou kapacitou, který potlačuje pronikání rušivého signálu místních středofrekvenčních vysílačů.

Pracovní bod měřicího zesilovače je nastaven zápornou zpětnou vazbou zavedenou rezistorem R17 tak, aby na kolektoru T4 bylo napětí asi 7,5 až 8 V. Aby tento zpětnovazební obvod nepřenašel i nf signál, je zablokován kondenzátorem C6.

Můstkový usměrňovač s ručkovým mikroampérmetrem VOLT1 s citlivostí 100 μ A pro plnou výchylku je zapojen v obvodu střídavé zpětné vazby. Velice vhodné je výprodejní měřidlo typu MP120. Obvod zpětné vazby se chová jako zdroj proudu, takže nelinearita usměrňovacích diod D1 až D4 se téměř neuplatní. Citlivost měřicího zesilovače se nastavuje trimrem R13. V původní konstrukci byly použity diody D1 až D4 typu OA9, které jsem měl v „šuplíku“. Vyzkoušel jsem však, že dobře vyhovují i běžné křemíkové diody 1N4148.

Obvody milivoltmetru jsou napájeny napětím +15 V ze stabilizátoru U1. Napájecí sběrnice jsou důkladně blokovány kondenzátory C9, C12 a C11. Napájecí napětí pro T1 je ještě filtrováno článkem RC se součástkami R21, C8.

Na stabilizátor se přivádí napětí ze síťového zdroje, který obsahuje transformátor TR1 (230 V/15 V/3 VA), můstkový usměrňovač s diodami D5 až D8 a vyhlazovací kondenzátor C10. Usměrňovač je odrušen kondenzátorem C13.

Síťové napětí 230 V/50 Hz se přivádí na transformátor přes svorkovnici P2.

Konstrukce

Nf milivoltmetr je zkonstruován z vývodových součástek na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojů je na obr. 68, rozmístění součástek na desce je na obr. 69.

Součástky vstupního děliče jsou umístěny u přepínače S2 mimo desku. Rovněž rezistory R6 až R12 jsou připájeny přímo na přepínači S1.

Milivoltmetr je vestavěn v kovové stínící skřínce, která musí být spojena s jeho zemí a také s ochranným vodičem PE třížilové síťové šňůry. Uvnitř skříňky je ještě nutné odstínit vstupní dělič a vstupní tranzistor T1, aby se do nich neindukovalo síťové napájecí napětí.

Při ožiování zkontrolujeme napájecí napětí a pomocí tónového generátoru průchod nf signálu. Na vstup přivedeme signál 1 mV/1 kHz a na rozsahu 1 mV nastavíme trimrem R13 základní citlivost. Pak přivedeme signál 1 V/100 Hz a na rozsahu 1 V nastavíme citlivost trimrem R5. Nakonec přivedeme signál 1 V/10 kHz a na rozsahu 1 V nastavíme citlivost trimrem C1.

Stavbu doporučuji zkušenějším amatérům, kteří si budou vědět rady se stíněním a s kalibrací.

Aby se obešly problémy s indukovaným brumem z vnitřního síťového zdroje, je možné tento zdroj vypustit a napájet stabilizátor U1 stejnosměrným napětím o velikosti asi 20 V z vnějšího síťového adaptéru.

Seznam součástek

R1	10 M Ω /1 %/0,5 W, metal.
R2	6,8 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R3	5 k Ω , trimr PT6V
R4	3,3 M Ω /1 %/0,5 W, metal.
R5, R16	10 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R6	2 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R7	700 Ω /1 %/0,5 W, metal.
R8	200 Ω /1 %/0,5 W, metal.
R9	70 Ω /1 %/0,5 W, metal.
R10	20 Ω /1 %/0,5 W, metal.
R11	7 Ω /1 %/0,5 W, metal.
R12	3 Ω /1 %/0,5 W, metal.
R13	100 Ω , trimr PT6V
R14	3,3 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R15	47 Ω /1 %/0,5 W, metal.
R17	220 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R18, R19	150 Ω /1 %/0,5 W, metal.
R20	2,2 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
R21	1,5 k Ω /1 %/0,5 W, metal.
C1	15 pF, trimr
C2	10 nF, keramický
C3	100 nF, fóliový (TC351)
C4	1 μ F, fóliový (TC350)
C5	33 pF, keramický
C6	220 μ F/6,3 V, radiální
C7	100 μ F/10 V, radiální
C8, C9	100 μ F/16 V, radiální
C10	470 μ F/25 V, radiální
C11, C12	100 nF, keramický
C13	220 nF, keramický
D1, D2, D3, D4	1N4148 (GA203)
D5, D6, D7, D8	1N4001
T1	BF245
T2, T3, T4	KC239F
U1 1 7815	
P1	panelová zásuvka BNC
P2	svorkovnice ARK500/2
S1	otočný přepínač DS1, jednopólový, 12 poloh
S2	posuvný jednopólový přepínač T215
TR1	síťový transformátor 230 V/15 V/3 VA
VOLT1	ručkové měřidlo 100 μ A (MP120)

Závěr

Závěrem děkuji čtenářům za zájem a obsáhlou korespondenci.

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

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