ROČNÍK VI/2002
ČÍSLO 3

Amatérské radio

Vydavatel: AMARO spol. s r.o.

Adresa vydavatele: Radlická 2, 150 00 Praha 5, tel.: 57 31 73 14

Redakce: Alan Kraus, *kraus@jmtronic.cz*

Adresa redakce: Na Beránce 2, 160 00 Praha 6. tel.: 22 81 23 19

Ročně vychází 6 čísel, cena výtisku 30 Kč. Roční předplatné 156 Kč

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

Předplatné v ČR zajišťuje **Amaro** spol. s r. o. -Michaela Jiráčková, Hana Merglová (Radlická 2, 150 00 Praha 5, tel./fax: (02) 57 31 73 13, 57 31 73 12). Distribuci pro předplatitele také provádí v zastoupení vydavatele společnost Předplatné tisku s. r. o., Abocentrum, Moravské náměstí 12D, P. O. BOX 351, 659 51 Brno; tel.: (05) 4123 3232; fax: (05) 4161 6160; abocentrum@pns.cz; reklamace - tel.: 0800 -171 181.

Objednávky a predplatné v Slovenskej republike vybavuje MAGNET-PRESS Slovakia s. r. o., Teslova 12, P. O. BOX 169, 830 00 Bratislava 3, tel./fax: 02/44 45 45 59, 44 45 06 97 - predplatné, tel./fax: 02/44 45 46 28 - administratíva E-mail: magnet@press.sk.

Podávání novinových zásilek povoleno Českou poštou - ředitelstvím OZ Praha (č.j. nov 6280/97 ze dne 22.8.1997)

Inzerci v ČR přijímá vydavatel, Radlická 2, 150 00 Praha 5, tel./fax: (02) 57 31 73 14.

Inzerci v SR vyřizuje MAGNET-PRESS Slovakia s. r. o., Teslova 12, 821 02 Bratislava, tel./fax: 02/44 45 06 93.

Za původnost příspěvku odpovídá autor.

Otisk povolen jen **s uvedením původu**.

Za obsah **inzerátu** odpovídá inzerent.

Redakce si vyhrazuje **právo neuveřejnit** inzerát, jehož obsah by mohl poškodit pověst časopisu.

Nevyžádané rukopisy autorům nevracíme.

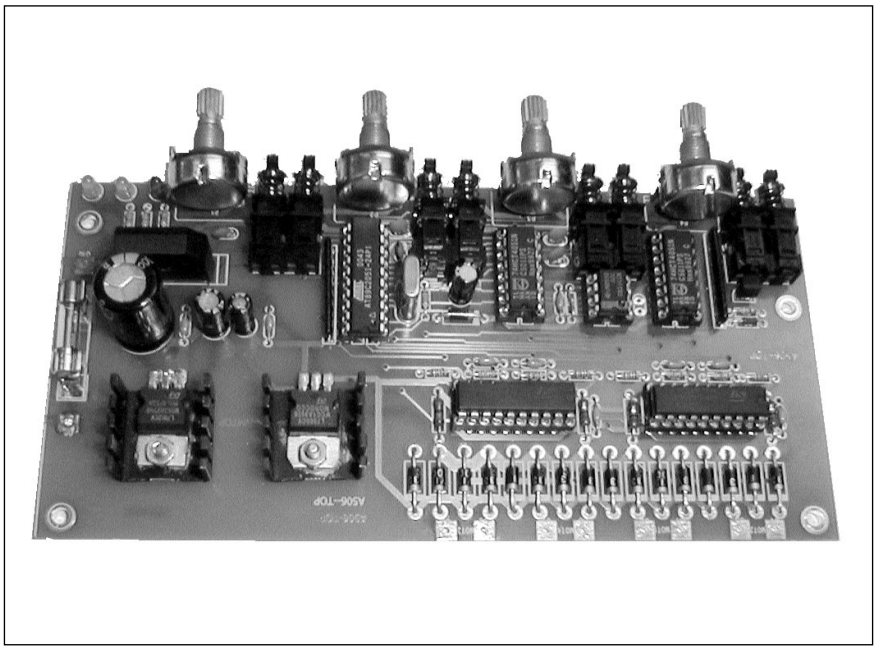
Právní nárok na **odškodnění** v případě změn, chyb nebo vynechání je vyloučen.

Veškerá práva vyhrazena.

ISSN 1212-1843

© AMARO spol. s r. o.

Obsah



Obsah 1

Zapojení VCA s obvody THAT. 2

- šumová brána 2

- automotický směšovač 10

- kompresor/limiter 13

- obvod AGC 17

- jednoknoflíkový kompresor. 18

- „one knob sqeezzer“ 20

Hi-Fi zesilovač 250 W. 28

Nabídka stavebnic 30

Objednací lístek pro předplatitele 32

Zapojení VCA (napěťově řízených zesilovačů) s obvody THAT

Také firma Behringer používá obvody VCA firmy THAT

Již před nějakou dobou jsme na stránkách AR představili novou řadu napěťově řízených zesilovačů firmy THAT. Tuto oblast zejména pro účely zpracování nf signálu až donedávna zastřešovala firma Analog Devices se svou známou řadou SSM. Bohužel obchodní politika Analogů zvolila jiné preference a obvody řady SSM jsou postupně vyřazovány ze sortimentu. Vzniklou mezeru na trhu naštěstí začíná doplňovat malý americký specialista na obvody VCA, firma THAT. V jejím vedení sedí odborníci, kteří se podíleli na vývoji známých systémů dolby a DBX.

Firma THAT dodává obvody VCA v několika modifikacích. Některé řady jsou vybírány podle minimálního dosažitelného zkreslení při změně zesílení. Mimo samostatné obvody VCA (THAT218xx) a převodníky efektivní hodnoty THAT2252 je velice zajímavý zejména audioprocesor THAT4301P. Ten v sobě slučuje obvod VCA, převodník efektivní hodnoty stř. napětí na stejnosměrnou a tři operační zesilovače, nutné pro konstrukci funkčního kompresoru/limiteru. Toto řešení výrazně zjednodušuje konstrukci celého zařízení, zejména úsporou počtu součástek a plochy na desce spojů. Obvod THAT4301 se standardně dodává pouze v jedné skupině zkreslení. Existuje ale varianta pro nižší napájecí napětí, vhodná zejména pro úpravy signálu před A/D převodníky.

Možnosti uplatnění obvodů VCA firmy THAT jsou opravdu široké. Mimo dobré elektroakustické vlastnosti (malý šum a zejména dosažitelné zkreslení v řádu tisícin nebo setin procenta) předurčují tyto obvody pro profesionální aplikace. Možná někdo namítne, že v dnešní době digitálních technologií se analogová zařízení dostávají do útlumu. Bohužel cena digitálního procesoru je většinou ještě výrazně vyšší než cena analogového a i A/D převodníku musí něco na vstupu "připravit" správné úrovně.

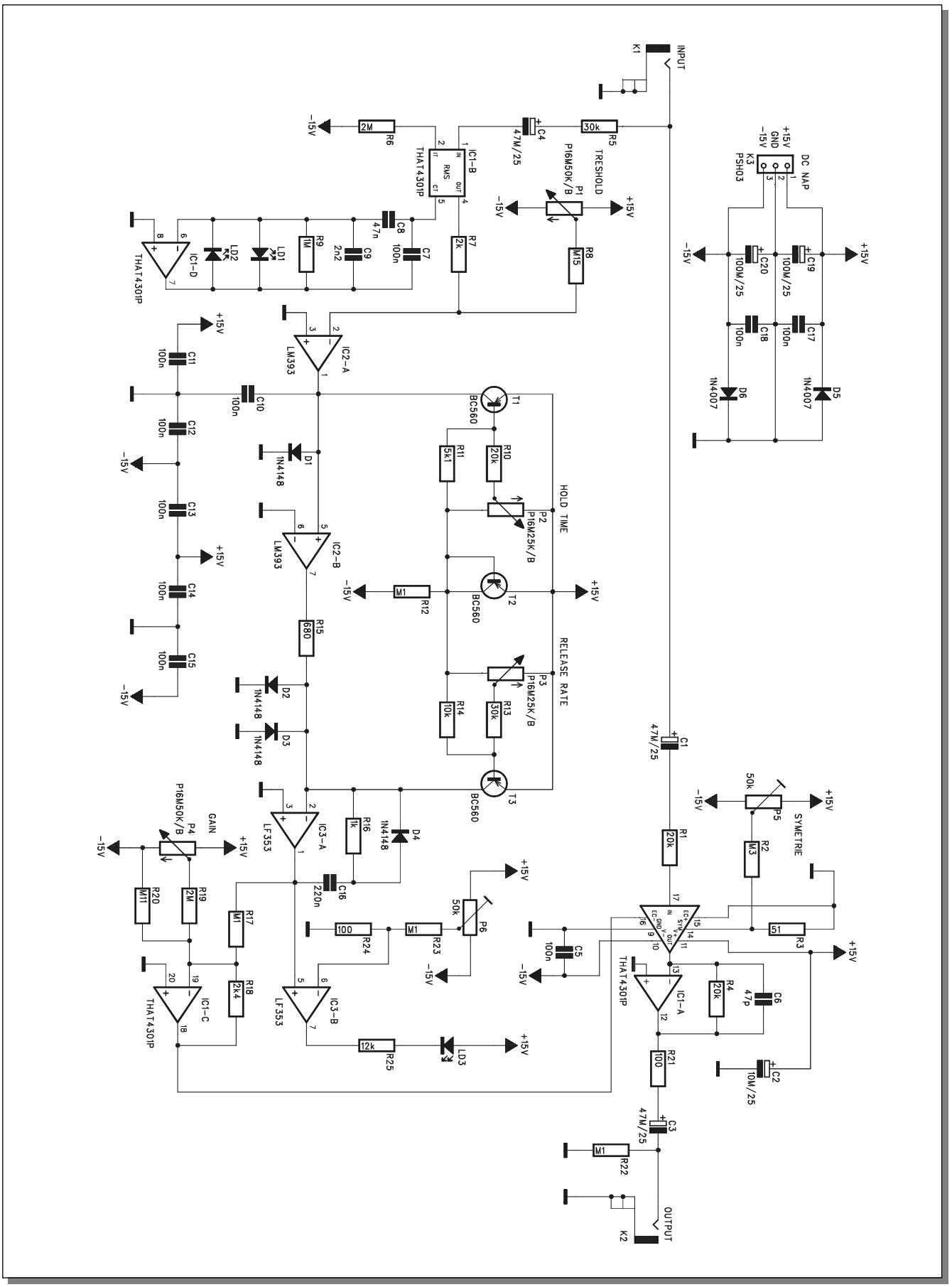
Obvody VCA ve zvukové technice plní řadu úkolů. Jak vyplývá již z názvu, ve většině případů se jedná o úpravu dynamiky (úrovně) signálu, i když tím využití obvodů VCA zdaleka nekončí. Velmi zajímavé použití obvodu VCA jako přeladitelného filtru 4 řádu pro aktivní crossover připravujeme. Stejnosměrným napětím (z jednoduchého potenciometru) se řídí čtveřice obvodů VCA. Vzhledem k přesně definovaným parametrům závislosti na řídicím napětí je zaručen daleko lepší souběh, než s klasickým (v tomto případě 4násobným) potenciometrem.

V tomto čísle SaK se budeme věnovat hlavní oblasti využití obvodů VCA, tedy pro řízení dynamiky. Z nabídky firmy THAT použijeme právě procesor THAT4301P. Případná adaptace na obvody řady THAT218xx a 2252 je velmi jednoduchá, neboť obvodové řešení je téměř identické. Výhoda obvodů THAT218xx je pouze v možnosti použít výběrový kus s mírně lepšími vlastnostmi, které jsou však zaplaceny vyšší cenou.

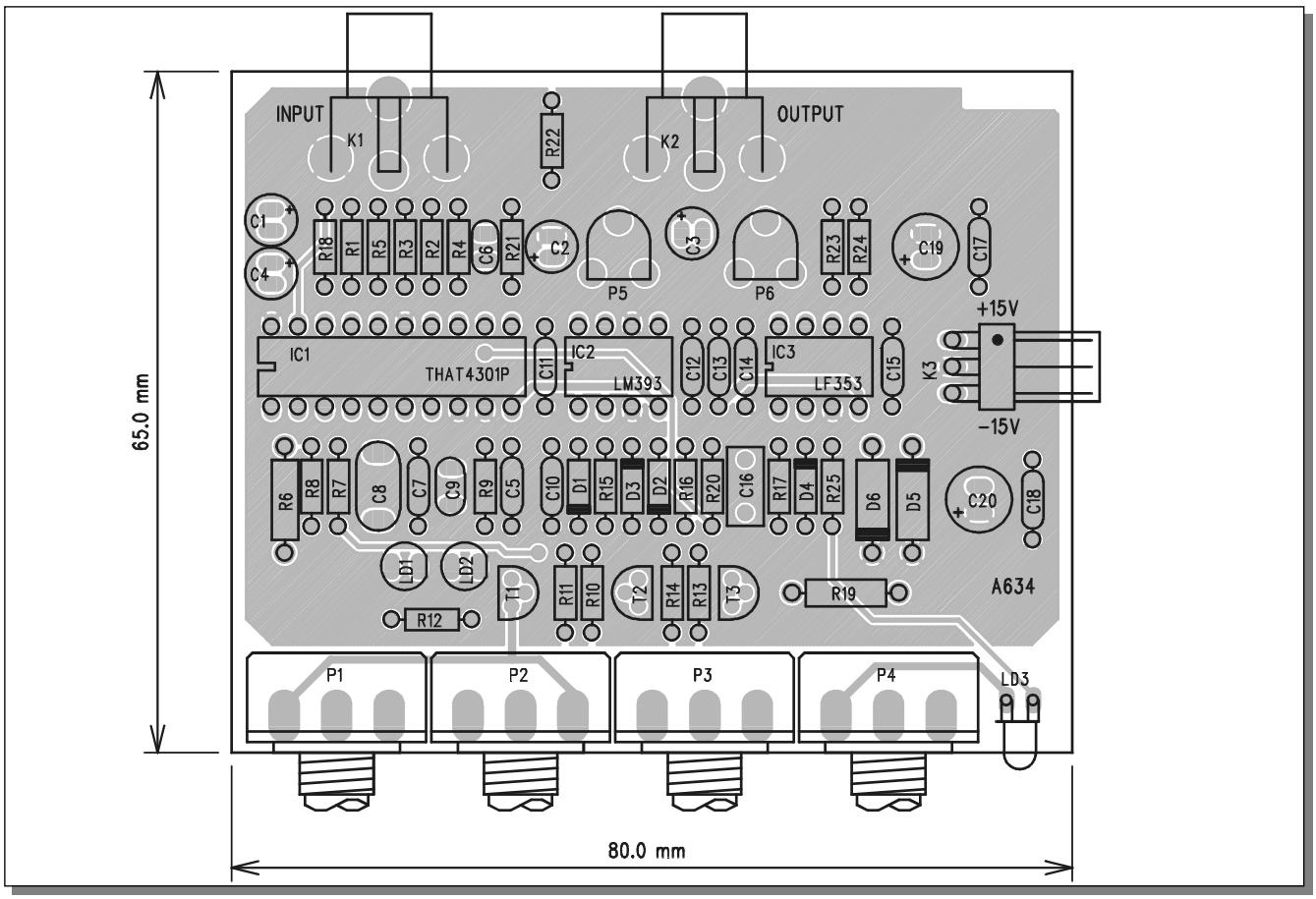
Šumová brána (noise gate) s obvodem 4301P.

Šumová brána (noise gate) slouží k potlačení signálu příslušné stopy v okamžiku, kdy není přítomen užitečný signál dostatečné úrovně (například v pauze). Tím se zvuk subjektivně vyčistí. V tichu se i slabý šum projevuje rušivě, kdežto při vyšších úrovních signálu se projevuje tzv. maskovací efekt. Šumu je na výstupu stejně, ale zůstane skryt za hlasitějším programovým signálem.

U šumové brány jsou důležité tři funkce (nastavení). Vstupní úroveň signálu, při jejímž překročení dojde k otevření brány (propuštění signálu). Ta se nazývá TRESHOLD. Po otevření brány musí být po určitou dobu zaručeno její otevření, i když úroveň programového signálu klesla pod úroveň TRESHOLD. Tato doba se nazývá HOLD (nebo HOLD TIME). Pokud během trvání HOLD nedojde k opětovnému překročení úrovně



Obr. 1. Schéma zapojení šumové brány



Obr. 2. Rozložení součástek na desce spojů šumové brány

Seznam součástek

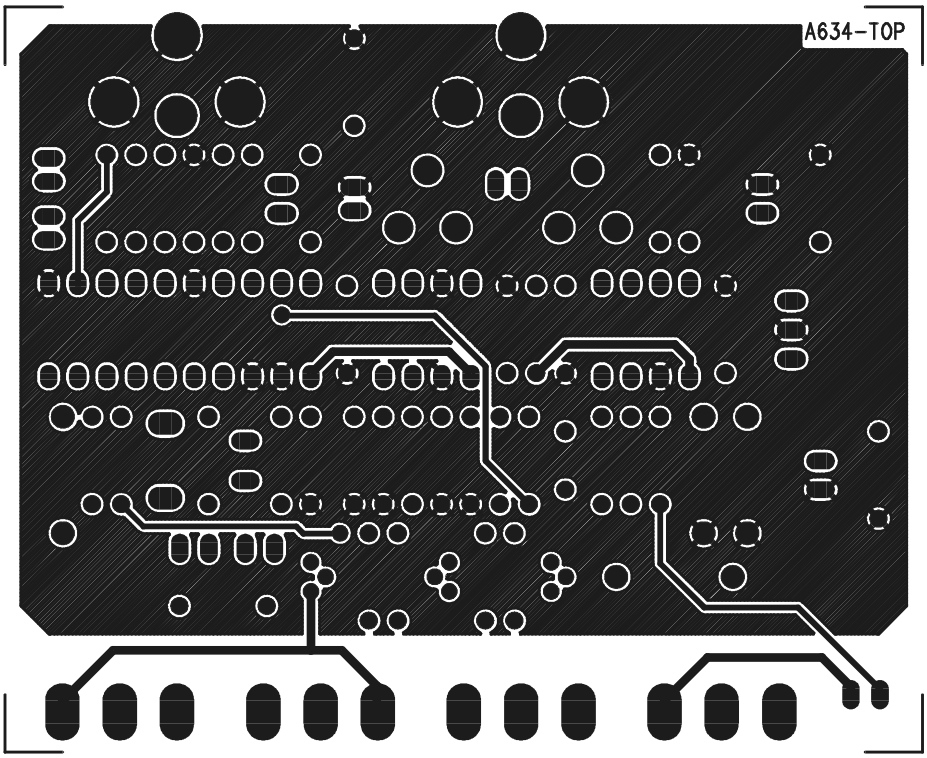
A99634

R21 . . . . . 100 Ω
R24 . . . . . 100 Ω
R22 . . . . . 100 kΩ
R23 . . . . . 100 kΩ
R14 . . . . . 10 kΩ
R20 . . . . . 110 kΩ
R25 . . . . . 12 kΩ
R16 . . . . . 1 kΩ
R9 . . . . . 1 MΩ
R19 . . . . . 2 MΩ
R1 . . . . . 20 kΩ
R4 . . . . . 20 kΩ
R10 . . . . . 20 kΩ
R7 . . . . . 2 kΩ
R18 . . . . . 2,4 kΩ
R6 . . . . . 2 MΩ
R5 . . . . . 30 kΩ
R13 . . . . . 30 kΩ
R3 . . . . . 51 Ω
R11 . . . . . 5,1 kΩ
R15 . . . . . 680 Ω
R12 . . . . . 100 kΩ
R17 . . . . . 100 kΩ
R8 . . . . . 150 kΩ
R2 . . . . . 300 kΩ

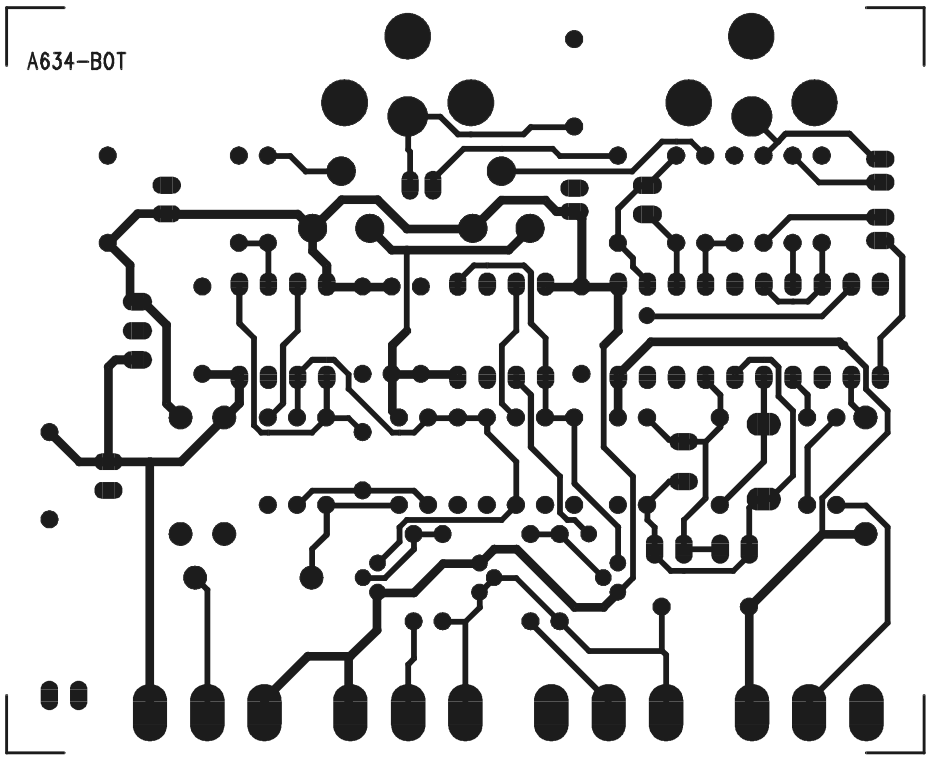
C19 . . . . . 100 μF/25 V
C20 . . . . . 100 μF/25 V
C5 . . . . . 100 nF
C7 . . . . . 100 nF
C10 . . . . . 100 nF
C11 . . . . . 100 nF
C12 . . . . . 100 nF
C13 . . . . . 100 nF
C14 . . . . . 100 nF
C15 . . . . . 100 nF
C17 . . . . . 100 nF
C18 . . . . . 100 nF
C2 . . . . . 10 μF/25 V
C16 . . . . . 220 nF
C9 . . . . . 2,2 nF
C1 . . . . . 47 μF/25 V
C3 . . . . . 47 μF/25 V
C4 . . . . . 47 μF/25 V
C8 . . . . . 47 nF
C6 . . . . . 47 pF

IC1 . . . . . THAT4301P
IC2 . . . . . LM393
IC3 . . . . . LF353
D1 . . . . . 1N4148
D2 . . . . . 1N4148
D3 . . . . . 1N4148
D4 . . . . . 1N4148
D5 . . . . . 1N4007
D6 . . . . . 1N4007
LD1 . . . . . LED5MMG
LD2 . . . . . LED5MMG
LD3 . . . . . LED3MMG/2MA
T1 . . . . . BC560
T2 . . . . . BC560
T3 . . . . . BC560

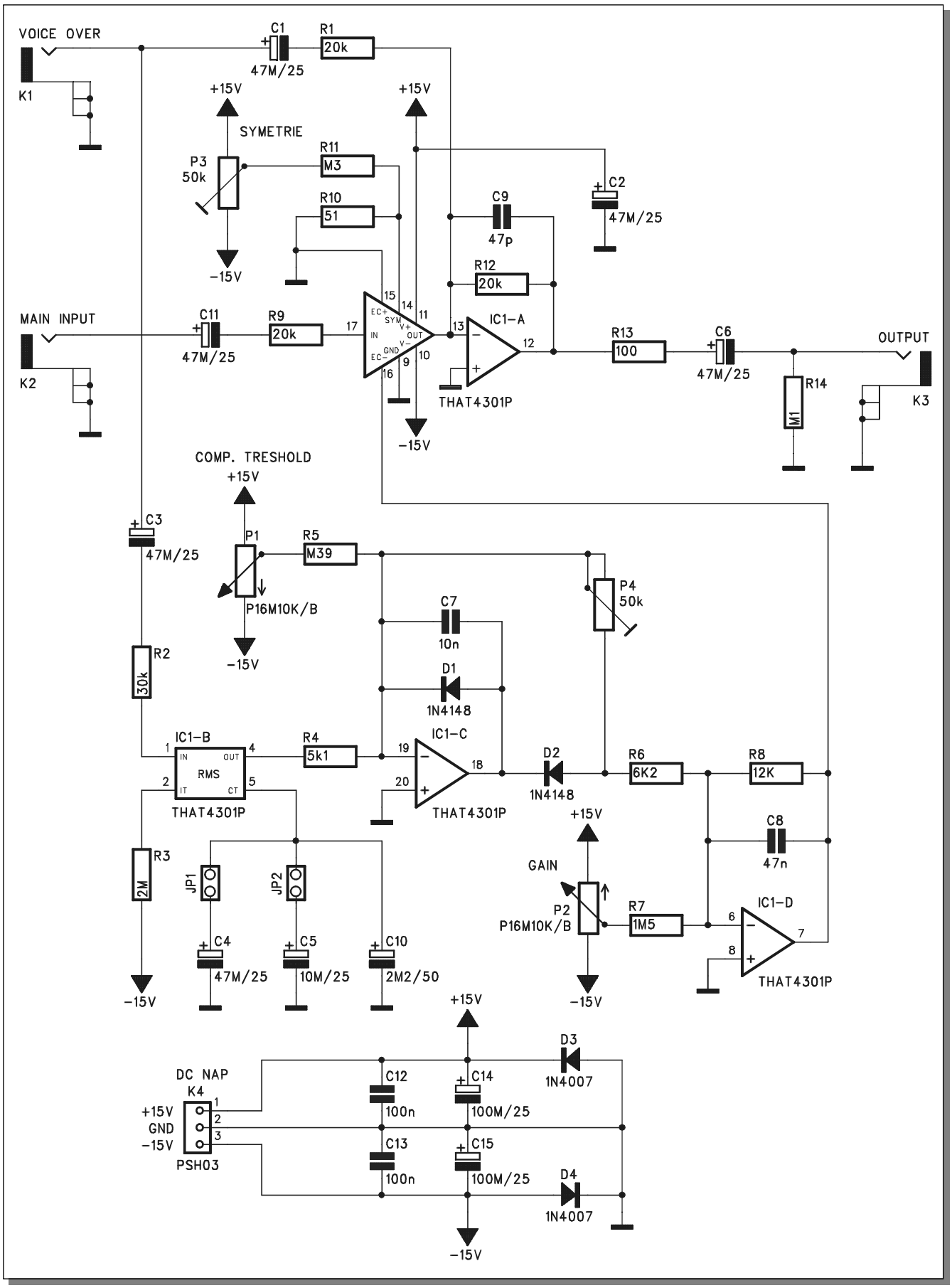
P1 . . . . . P16M50K/B
P2 . . . . . P16M25K/B
P3 . . . . . P16M25K/B
P4 . . . . . P16M50K/B
P5 . . . . . PT6-H/50 kΩ
P6 . . . . . PT6-H/50 kΩ
K1 . . . . . CP560
K2 . . . . . CP560
K3 . . . . . PSH03W



Obr. 3. Deska spojů šumové brány ze strany součástek (TOP)



Obr. 4. Deska spojů šumové brány ze strany součástek (BOTTOM)



Obr. 5. Schéma zapojení automatického směšovače

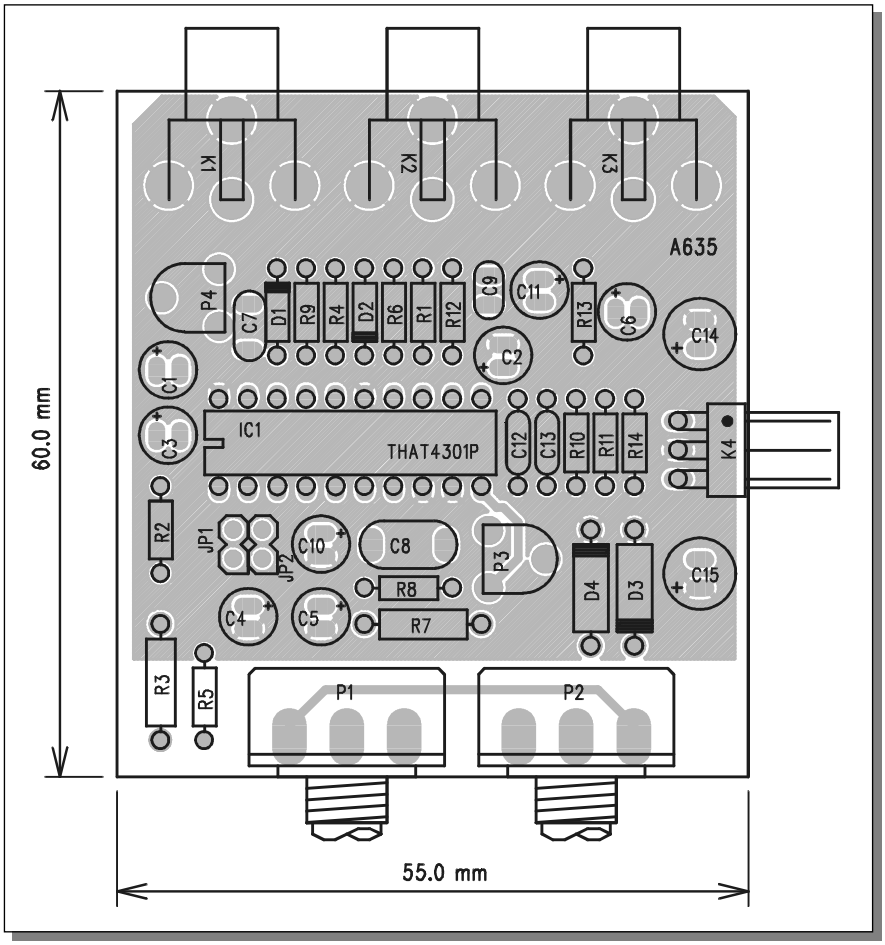
TRESHOLD, brána se začne zavírat. Na rozdíl od otevření, které má být velmi rychlé (aby nebyly oříznuty dynamické špičky signálu, je zavírání postupné. Strmost uzavření brány se nazývá RELEASE RATE. Na dobré šumové bráně by tedy měly být minimálně tyto tři nastavovací prvky. Jako doplněk může být ještě nastavitelná výstupní úroveň (kvůli vzájemnému úrovňovému přizpůsobení celého řetězce).

Zapojení šumové brány

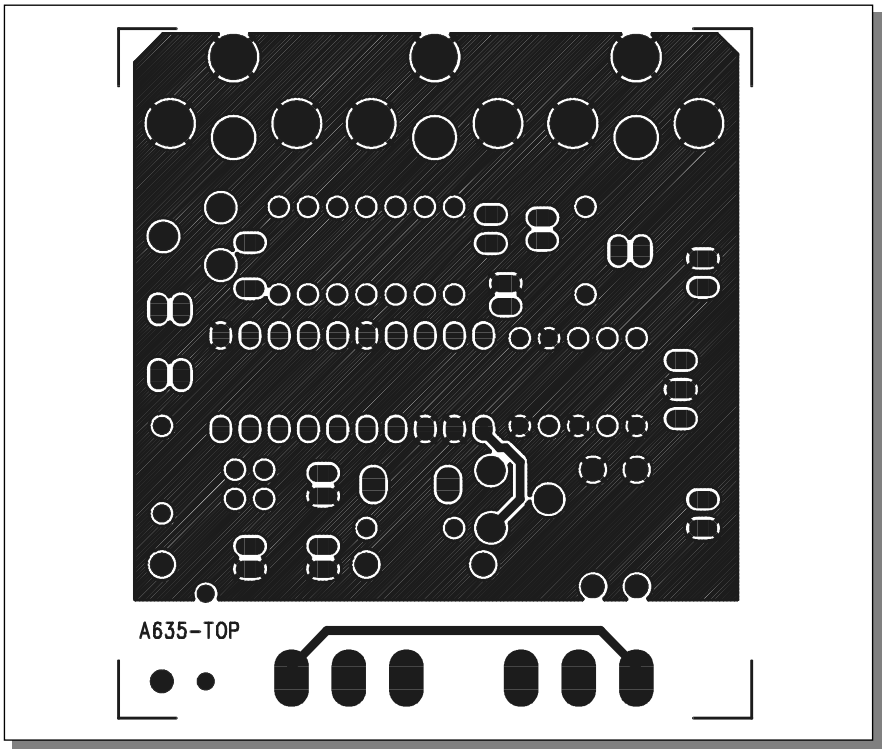
Schéma zapojení šumové brány s obvodem THAT 4301P je na obr. 1. Je použit princip dopředného regulátoru s obvodem VCA, to znamená, že vstupní signál svou úrovní řídí signál výstupní. V případě zpětnovazebního zapojení je vzorek výstupní úrovně porovnáván s požadovanou úrovní a podle toho je řízen zisk obvodu VCA.

Za vstupním konektorem cinch K1 se signál dělí do přímé (C1, R1) a řídicí (R5, C4) signálové cesty. Signálová cesta vede přes odpor R1, který funguje jako převodník napětí/proud (vstup i výstup VCA části obvodu je totiž proudový). Hodnota R1 20 kohmů je optimum pro předpokládané úrovně zpracovávaného signálu. Bližší rozbor viz katalogový list THAT4301P. Na výstupu obvodu VCA (vývod 13) je převodník proud/napětí s jedním z integrovaných operačních zesilovačů. Pokud zvolíme odpor R4 stejný jako R1, bude stejné i vstupní a výstupní napětí (za předpokladu nulového řídicího napětí na vstupech EC+ a EC-). Obvod THAT4301P umožňuje externí nastavení vnitřní symetrie na vstupu SYM (vývod 14). Tím lze kompenzovat zkreslení vznikající při změnách zesílení VCA. Blokovací kondenzátory C5 a C2 by měly být co nejblíže obvodu. Výstup šumové brány je přes odpor R21 a vazební kondenzátor C3 přiveden na cinch K2.

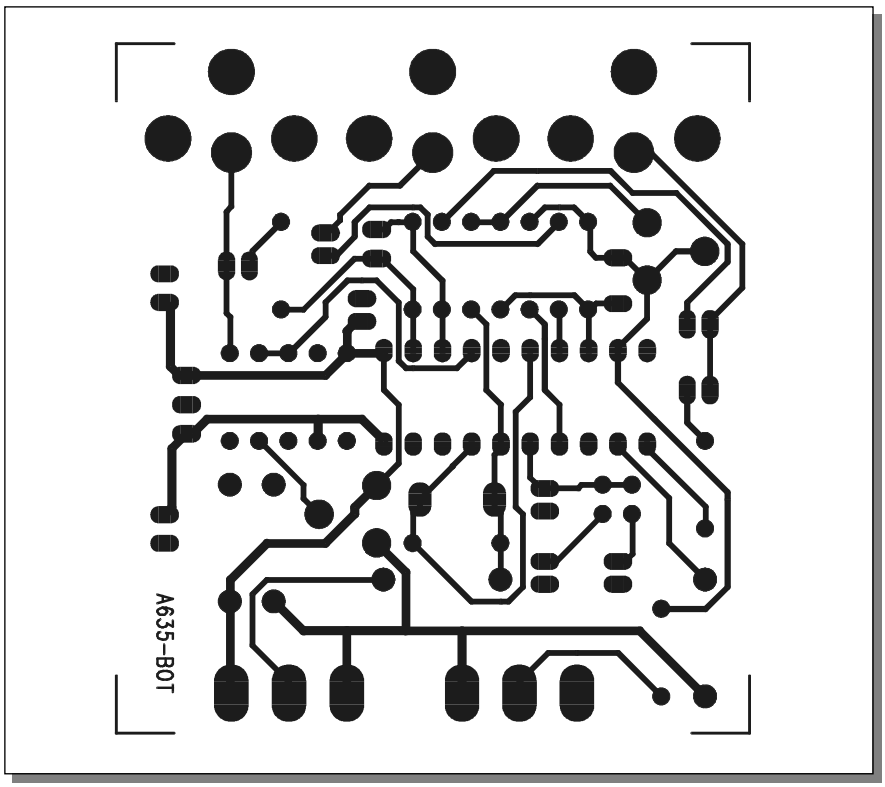
Na vstupu řídicí větve je zařazen převodník efektivní hodnoty střídavého napětí na stejnosměrné IC1B. Použité zapojení pracuje spolehlivě i pro značně velký poměr střídy



Obr. 6. Rozložení součástek automatického směšovače na desce spojů



Obr. 7. Deska spojů automat. směšovače ze strany součástek (TOP)



Obr. 8. Deska spojů automatického směšovačeze strany součástek (BOTTOM)

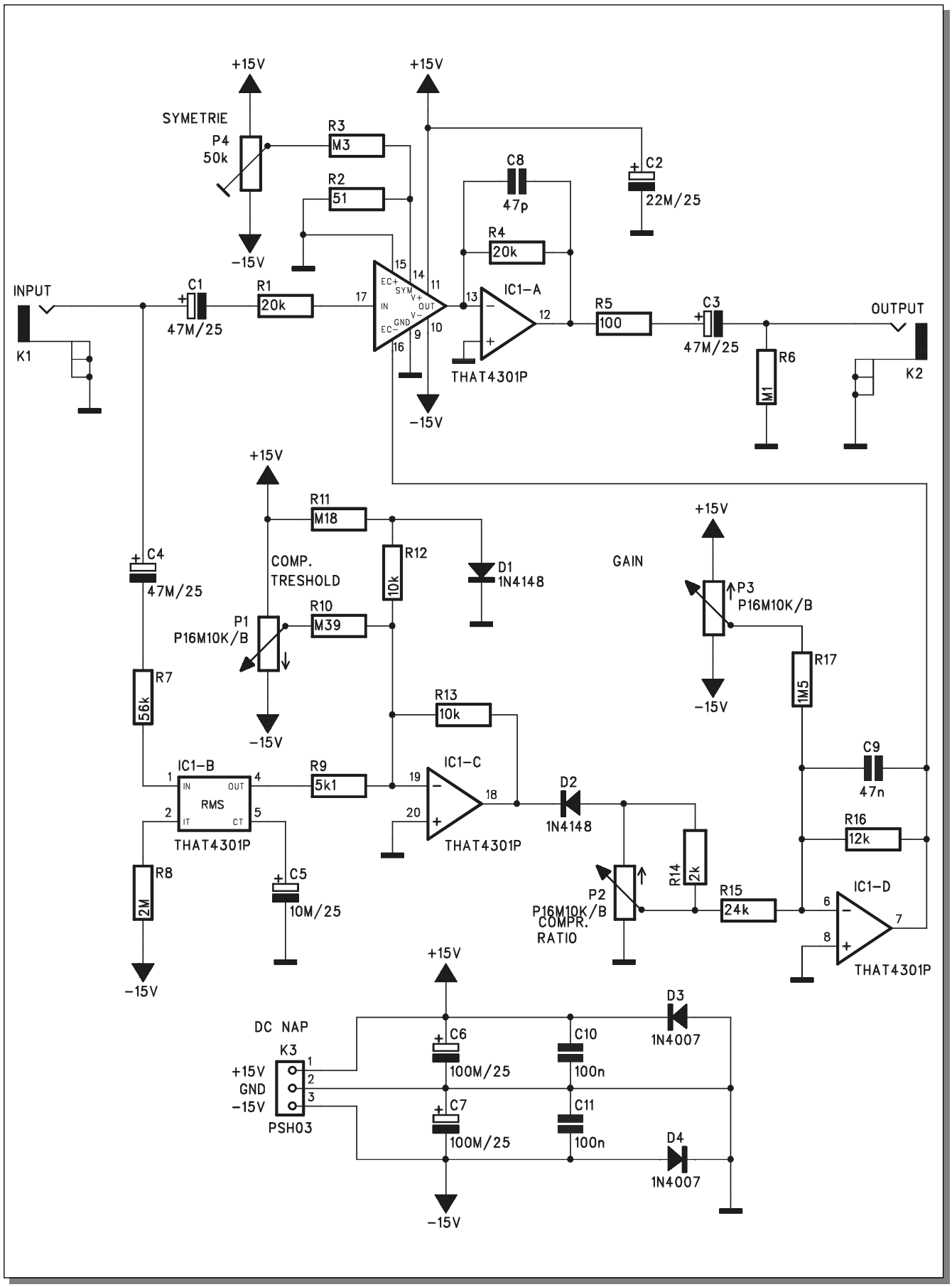
signálu. To je důležité při detekci krátkých signálových špiček. Na výstupu CT detektoru se běžně zapojuje časovací kondenzátor. V tomto případě je však použit obvod s tzv. nelineární kapacitou kolem operačního zesilovače IC1D. Nelineární kapacita zlepšuje časovou odezvu obvodu na rychlé změny a snižuje zkreslení způsobené změnami zesílení obvodu VCA. Podrobné vysvětlení principu činnosti naleznete v aplikační poznámce AN103 firmy THAT.

Na výstupu převodníku RMS je stejnosměrné napětí, odpovídající efektivní hodnotě vstupního napětí. Protože také vstup detektoru RMS je proudový, ovlivňuje hodnota odporu R5 výstupní napětí. S hodnotami součástek podle obr. 1 je na výstupu detektoru (vývod 4) nulové napětí při vstupním signálu -10 dBu. To je také úroveň TRESHOLD, při které se brána začíná otvírat. Aby šlo tuto úroveň měnit, je ke vstupu následujícího komparátoru IC2A připojen ještě běžec potenciometru P1. Stejnosměrné napětí tak posouvá práh překlopení komparátoru a tím i úroveň TRESHOLD. Za komparátorem IC2A je časovací obvod s kondenzátorem C10. Pokud dojde k překlopení komparátoru a C10 se vybije, je nabíjen ze zdroje proudu, tvořeného tranzistorem T1. Tranzistor T2 určuje mezní proud zdroje. Pokud bude napětí na bázi T1 shodné jako na T2 (podle nastavení potenciometru P2), bude stejný i proud tranzistorem T1. Při menším napětí na bázi T1 poteče tímto tranzistorem také menší proud. Vzhledem k logaritmické závislosti proudu Ic na napětí Ube je možný rozsah regulace až 10 dekád (60 mV způsobí změnu proudu 1:10), což je více než dostatečné. Potenciometrem P1 tedy nastavujeme dobu otevření brány (HOLD TIME). Druhý proudový zdroj s tranzistorem T3 a potenciometrem P3 určuje rychlost, s jakou se bude brána uzavírat po uplynutí doby HOLD TIME (pokud během té doby nedošlo k další aktivaci). Jednotkové zesílení obvodu (zisk v otevřeném stavu) je možné změnit o ±20 dB potenciometrem P4, který posouvá stejnosměrnou úroveň na řídicím vstupu EC- obvodu VCA. Uzavření brány je indikováno jednoduchým obvodem kolem IC3B. Je-li na výstupu IC3A kladné napětí, je brána otevřena a LED LD3 nesvítí. Klesne-li napětí na výstupu IC3A pod nulu (přibližně), brána se uzavře, což indikuje LED LD3.

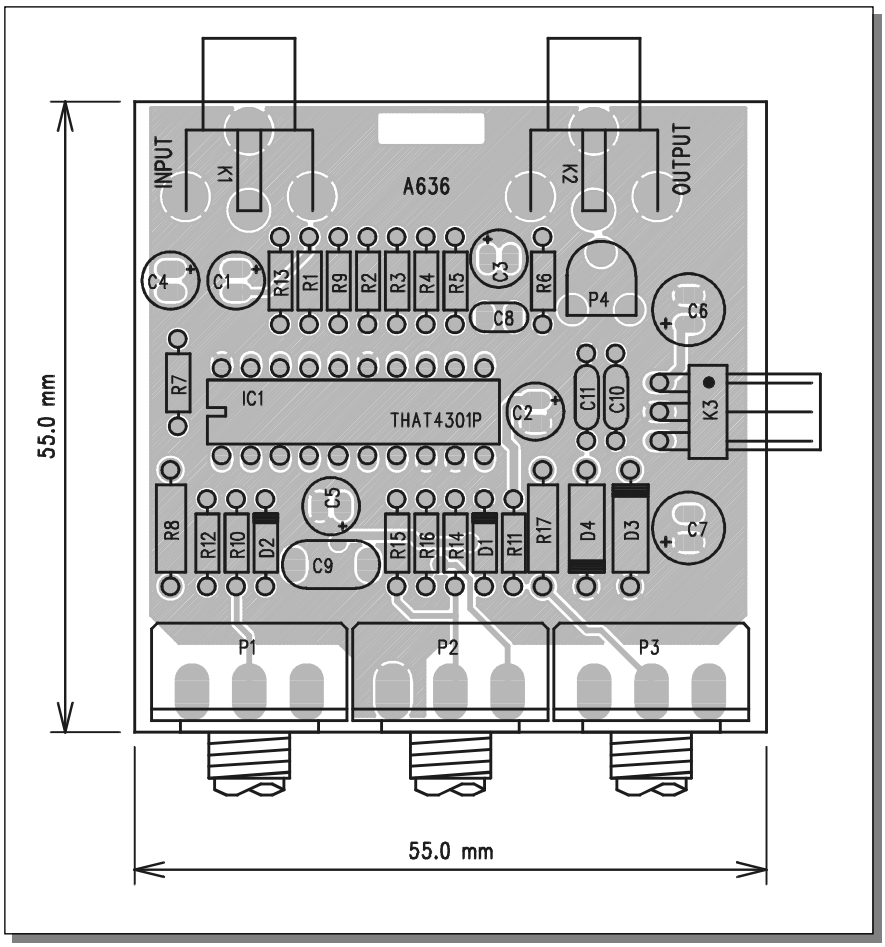
Seznam součástek

A99635

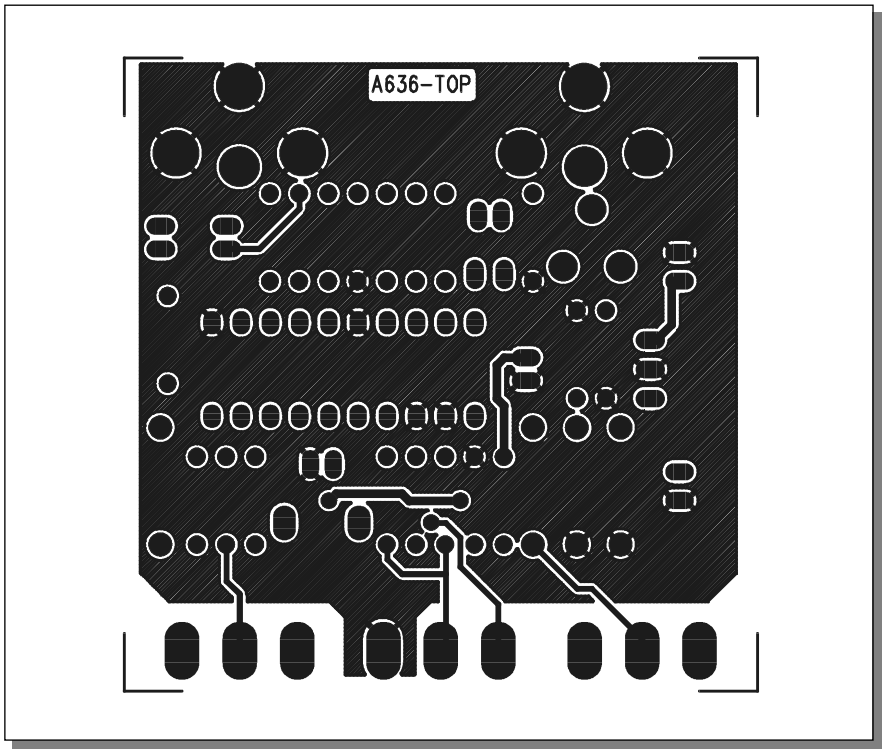
R13	100 Ω
R8	12 kΩ
R7	1,5 MΩ
R1	20 kΩ
R9	20 kΩ
R12	20 kΩ
R3	2 MΩ
R2	30 kΩ
R10	51 Ω
R4	5,1 kΩ
R6	6,2 kΩ
R14	100 kΩ
R11	300 kΩ
R5	390 kΩ
C14	100 µF/25 V
C15	100 µF/25 V
C12	100 nF
C13	100 nF
C5	10 µF/25 V
C7	10 nF
C10	22 µF/50 V
C1	47 µF/25 V
C2	47 µF/25 V
C3	47 µF/25 V
C4	47 µF/25 V
C6	47 µF/25 V
C11	47 µF/25 V
C8	47 nF
C9	47 pF
IC1	THAT4301PF
D1	1NF4148
D2	1NF4148
D3	1NF4007
D4	1NF4007
PF1	PF16M10K/B
PF2	PF16M10K/B
PF3	PFT6-H/50 kΩ
PF4	PFT6-H/50 kΩ
JPF1	JUMPF2
JPF2	JUMPF2
K1	CPF560
K2	CPF560
K3	CPF560
K4	PFSH03W



Obr. 9. Schéma zapojení kompresoru/limiteru



Obr. 10. Rozložení součástek kompresoru/limiteru na desce spojů



Obr. 11. Deska spojů kompresoru/limiteru ze strany součástek (TOP)

Stavba

Obvod šumové brány je zhotoven na dvoustranné desce s plošnými spoji o rozměrech 80 x 65 mm. Rozložení součástek na desce s plošnými spoji je na obr. 2, obrazec desky spojů ze strany součástek (TOP) je na obr. 3, ze strany spojů (BOTTOM) je na obr. 4.

Signálový vstup a výstup je vyveden na dvojici konektorů cinch. Napájení je z externího zdroje ±15 V. Pro napájecí napětí je použit konektor PSH02-03, který zabraňuje otočení napájení. Pro případ přepólování jsou v napájecí větvi zapojeny diody D5 a D6.

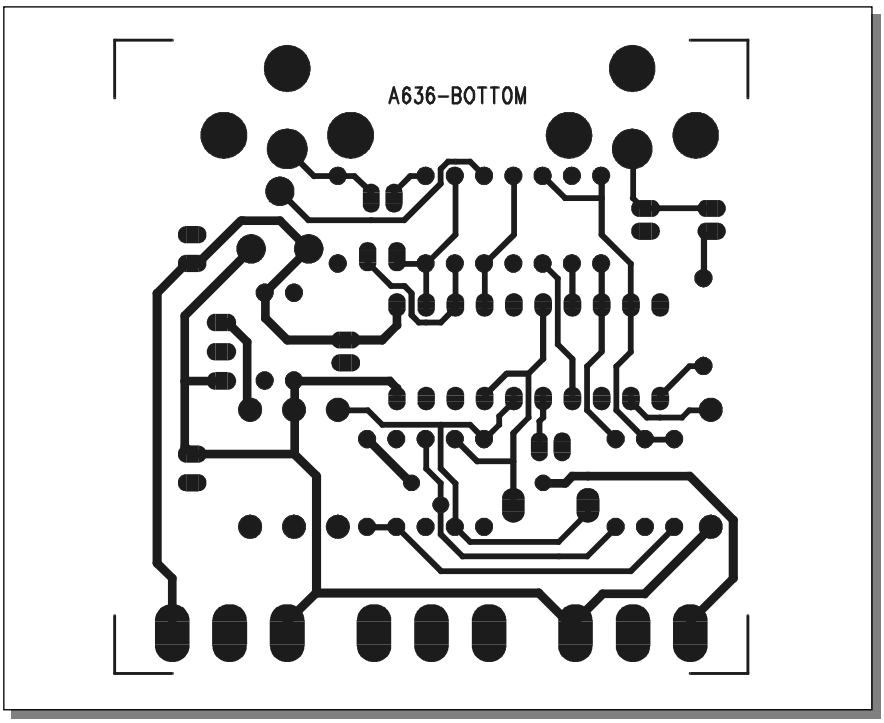
Trimr P5 nastavíme nejlépe pomocí měřiče zkreslení. Protože je však celkové zkreslení obvodu velmi nízké, je možné, že většina běžně dostupných přístrojů bude málo citlivá. V tom případě ponechejte trimr ve střední poloze. Trimr P6 slouží pro nastavení prahové citlivosti indikátoru uzavření brány. Jinak by stavba šumové brány neměla činit žádné potíže.

Automatický směšovač

Při živém mixování hudby a řeči bývá výhodné použít automatiku. Ta v okamžiku, kdy se na mikrofonním vstupu objeví signál dostatečné úrovně, potlačí hlavní programový kanál. Ten je zeslaben po dobu mluveného slova a ukončení řeči se plynule vrací na původní hlasitost. Výhodou je konstantní potlačení hudebního základu, takže konferenciér se může soustředit pouze na mluvené slovo. Určitým problémem může být provoz ve velmi hlučném prostředí (sám jsem již před mnoha lety používal diskotékový pult Dynacord SM7050 s touto funkcí), kdy snadno dojde k samovolné aktivaci a zbytečnému potlačení hudebního signálu. Při správném nastavení a mimo tyto extrémní situace je směšovač užitečným doplňkem.

Popis

Schéma zapojení směšovače je na obr. 5. Vstup pro hlavní program



Obr. 12. Deska spojů kompresoru/limiteru ze str. součástek (BOTTOM)

(MAIN INPUT) je na konektoru K2. Signál je přiveden přímo na vstup obvodu VCA. Výstup z VCA jde na převodník proud/napětí IC1A. Na vstup převodníku se současně přimíchává i signál z řečového mikrofonu. Jeho úroveň je tedy neměnná, protože se do signálové cesty připojuje až za obvodem VCA. Druhá část signálu z mikrofonu jde na vstup převodníku RMS (IC1B). Reakce kompresoru je z hlediska rychlosti odezvy závislá na velikosti časovacího kondenzátoru, připojeného k výstupu CT obvodu IC1B. Pro běžnou funkci kompresoru se používá hodnota okolo 10 μF. Při automatickém směšování by reakce obvodu VCA měla být trochu pomalejší, aby obvod nezačal zesilovat základ po každé slabice. Firma THAT doporučuje v tomto zapojení kapacitu 47 μF. Protože kapacitu nelze tak snadno měnit jako odpor, umístil jsem do zapojení tři různé kapacity, které lze vzájemně kombinovat propojkami JP1 a JP2. Můžeme tak nastavit rychlost reakce v poměrně širokých mezích. Práh aktivace směšovače (potlačení hlavního signálu) se nastavuje jako ve většině ostatních aplikací stejnosměrným napětím z běžce potenciometru P1. Obvod IC1C pracuje jako usměrňovač. Trimrem P4 můžeme nastavit základní poměr (potlačení) hlavního signálu při vstupu. Zbytek obvodu s IC1D pouze upravuje signál z usměrňovače a potenciometru celkového zisku (GAIN) hlavní signálové cesty na správnou úroveň pro obvod VCA. Výstupní smíchaný signál je přiveden na konektor cinch K3. Obvod je napájen z externího zdroje ±15 V.

Stavba

Automatický směšovač je zhotoven na dvoustranné desce s plošnými spoji o rozměrech 60 x 55 mm. Rozložení součástek na desce s plošnými spoji je na obr. 6, obrazec desky spojů ze strany součástek (TOP) je na obr. 7 a ze strany spojů (BOTTOM) je na obr. 8. V zapojení jsou dva trimry. P3 složí k nastavení vnitřní symetrie obvodu VCA a nastavuje se na nejmenší zkreslení. Pokud nemáme vhodný měřicí přístroj, ponecháme P3 ve střední poloze. Trimrem P4 nastavíme potlačení hlavního programu vůči mluvenému slovu. Zkratovací propojky JP1 a JP2 připojují časovací kondenzátory C4 a C5 paralelně ke kondenzátoru C10. Nastavíme zkusmo podle potřeby na rychlost odezvy (zejména nárůst zesílení po skončení mluveného vstupu). Zbytek obvodu je poměrně jednoduchý a se stavbou by neměly být žádné problémy.

Seznam součástek

A99636

R3 . . . . . 300 kΩ
R6 . . . . . 100 kΩ
R10 . . . . . 390 kΩ
R11 . . . . . 180 kΩ
R17 . . . . . 1,5 MΩ
R8 . . . . . 2 MΩ
R14 . . . . . 2kΩ
R9 . . . . . 5,1 kΩ
R12 . . . . . 10 kΩ
R13 . . . . . 10 kΩ
R16 . . . . . 12 kΩ
R1 . . . . . 20 kΩ
R4 . . . . . 20 kΩ
R15 . . . . . 24 kΩ
R2 . . . . . 51 Ω
R7 . . . . . 56 kΩ
R5 . . . . . 100 Ω

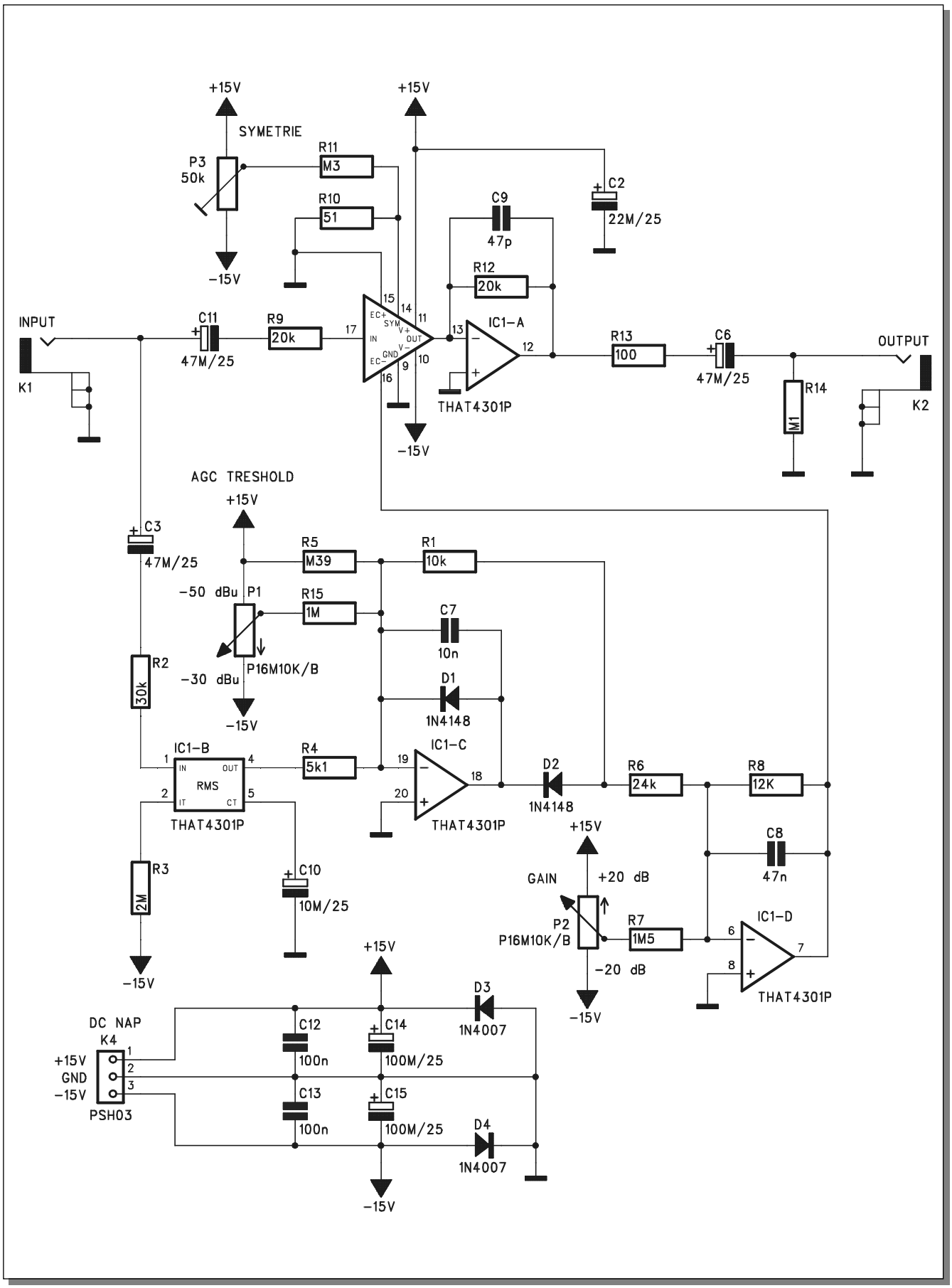
C6 . . . . . 100 μF/25
C7 . . . . . 100 μF/25
C10 . . . . . 100 nF
C11 . . . . . 100 nF
C5 . . . . . 10 μF/25
C2 . . . . . 22 μF/25
C1 . . . . . 47 μF/25
C3 . . . . . 47 μF/25
C4 . . . . . 47 μF/25
C9 . . . . . 47 nF
C8 . . . . . 47 pF

IC1 . . . . . THAT4301P

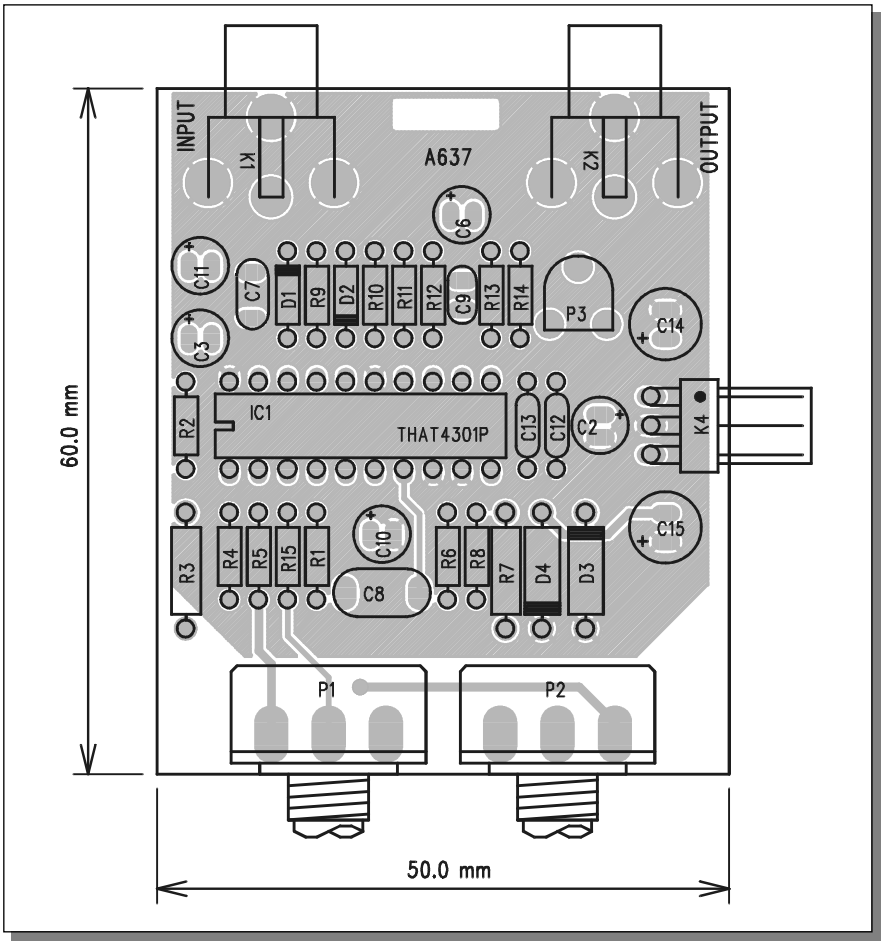
D1 . . . . . 1N4148
D2 . . . . . 1N4148
D3 . . . . . 1N4007
D4 . . . . . 1N4007

K1 . . . . . CP560
K2 . . . . . CP560
K3 . . . . . PSH03

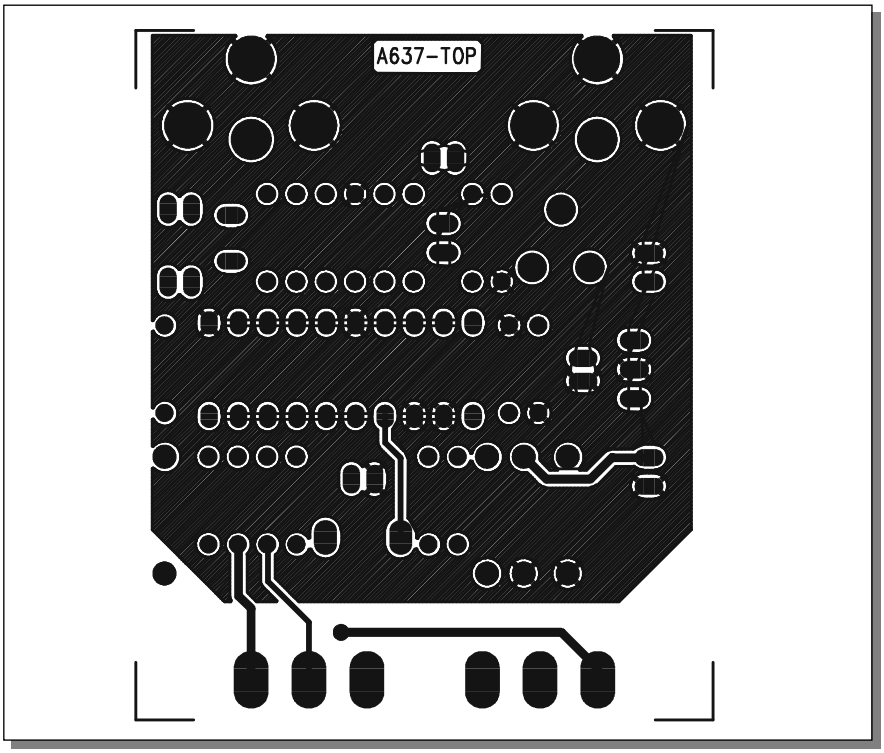
P1 . . . . . P16M10K/B
P2 . . . . . P16M10K/B
P3 . . . . . P16M10K/B
P4 . . . . . PT6-H/50 kΩ



Obr. 13. Schéma zapojení obvodu AGC



Obr. 14. Rozložení součástek na desce spojů

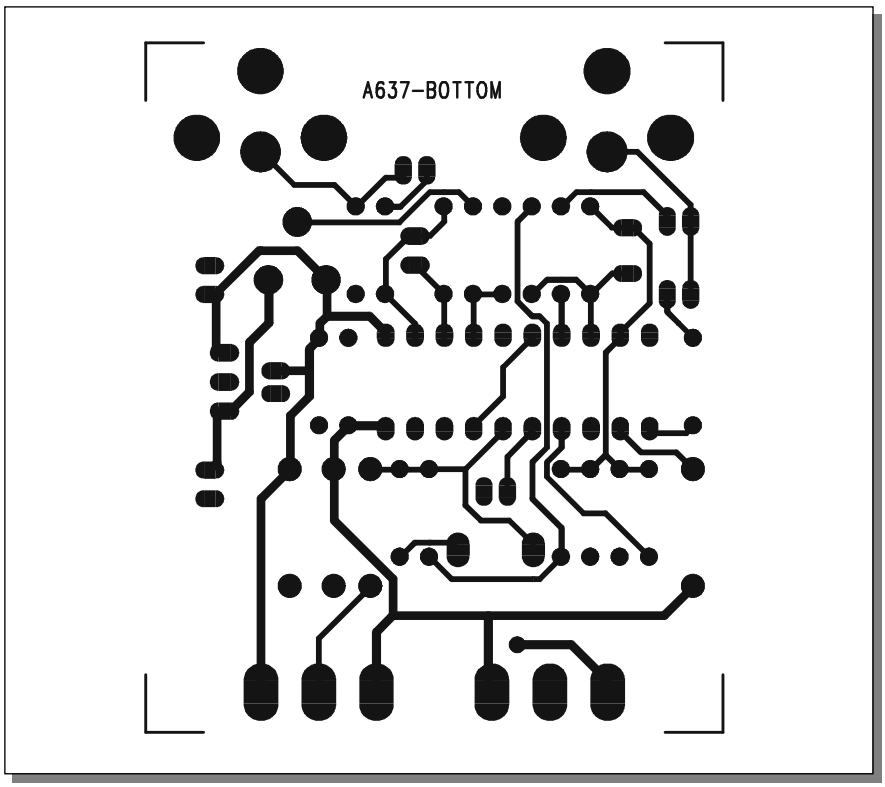


Obr. 15. Deska spojů ze strany součástek (TOP)

Kompresor/limiter

Kompresory a limitery patří k nejčastějším aplikacím obvodů VCA. Základní funkcí kompresoru je úprava dynamiky vstupního a výstupního signálu. Pro nízké úrovně signálu je změna vstupní úrovně stejná jako výstupní úrovně. To znamená, že zvýšení vstupní úrovně o 10 dB se promítne jako zvýšení výstupní úrovně taktéž o 10 dB. Tato lineární závislost platí až po určitou vstupní úroveň. Ta se nazývá Treshold. Od tohoto bodu se při zvyšování vstupní úrovně již nezvyšuje výstupní úroveň stejně, ale v jiném poměru, například 2:1. Takže zvýšení vstupní úrovně o 20 dB na vstupu zvýší výstupní úroveň pouze o10 dB. Proto tomuto poměru říkáme stupeň komprese (Compression Ratio). Ten se může pohybovat od poměru 1:1, tedy prakticky beze změny dynamiky až po nekonečno:1, což je konstantní výstupní amplituda pro libovolný vstupní signál. Pro typickou funkci kompresoru se používá menší kompresní poměr (nejčastěji od 1,5:1 do 4:1). Při tomto nastavení se hudební signál zhutní, zachová si však dynamiku. Vyšší kompresní poměry (od 10:1 do nekonečno:1) mají charakter limiteru, to znamená, že po dosažení mezní úrovně treshold již výstupní signál roste pouze minimálně nebo vůbec. Takto zapojený kompresor se nejčastěji používá na výstupech před koncovými zesilovači, kdy zabraňuje jejich přebuzení. V některých případech se obě funkce kombinují tak, že od určité úrovně treshold (compressor treshold) nasazuje kompresor a při dalším nárůstu signálu a překročení prahové úrovně limiteru (limiter treshold) zůstává výstupní signál již konstantní. Převodní charakteristika má tak dva body zlomu.

Kromě kompresní charakteristiky, která se nastavuje dvojicí ovládacích prvků (treshold a kompresní poměr), jsou u kompresoru velmi důležité také časové charakteristiky. Základní je rychlost náběhu (attack time) a doběhu (release time). Kompresor pro profesionální použití by měl mít mož-



Obr. 16. Deska spojů ze strany součástek (BOTTOM)

nost tyto časy plynule nastavovat. V jednodušším případě se objevuje alespoň tlačítko pro volbu rychlosti reakce (pomalu/rychle). Pro méně zkušeného uživatele je však optimální nastavení kompresoru díky řadě ovládacích prvků složitější. Proto se v poslední době objevuje řada výrobců, kteří u svých zařízení vyzdvihují, že kompresor má automatiku, která se přizpůsobuje charakteru zpracovávaného signálu a volí optimální časové konstanty.

Celý humbuk většinou ale spočívá na jediném časovacím kondenzátoru v obvodu převodníku RMS (efektivní hodnoty). V lepším případě je jediný kondenzátor nahrazen obvodem nelineární kapacity, popsaném v konstrukci šumové brány. Při správné volbě časovacího kondenzátoru se opravdu časování kompresoru částečně přizpůsobuje charakteru signálu. Ručnímu nastavení se to ale nevyrovná. Na druhou stranu je pravda, že pro typické aplikace je pevné nastavení většinou vyhovující. Na základě dlouholetých zkušeností doporučuje firma THAT volit časovací kondenzátor tak, aby změna zesílení při návratu (release time) byla 120 dB/s. V uvedeném zapojení tomu odpovídá kapacita časovacího kondenzátoru 10 μF.

Poslední vlastností, která charakterizuje kompresor, je zlom kompresní křivky. Pokud ke změně dojde ostře, nazývá se tato charakteristika "hard knee". Je-li koleno zlomu plynulé, používáme výraz "soft-knee". Tento efekt se dociluje zapojením diody do regulační cesty. Je-li dioda zapojena přímo v cestě, její VA charakteristika způsobuje plynulý přechod kompresní křivky v oblasti úrovní kolem treshold. Protože proti řídicí konstantě obvodů VCA (kolem 6 mV/dB) by bylo koleno roztaženo přes několik dekád, je řídicí signál před diodou několikanásobně zesílen a za diodou ve stejném poměru opět zeslaben. Tím se oblast "soft-knee" zúží.

Hard-knee charakteristiku dosáhneme, je-li dioda zapojena do zpětné vazby operačního zesilovače. V tom případě se VA charakteristika diody neuplatní a zlom převodní charakteristiky v oblasti treshold je ostrý. Popisované zapojení používá charakteristiku soft-knee.

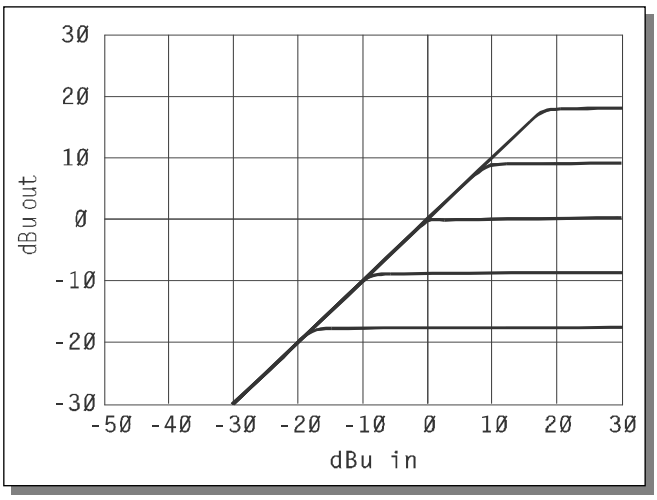
Popis

Schéma zapojení kompresoru /limiteru se soft-knee charakteristikou je na obr. 9. Jako u všech zapojení s obvodem THAT4301P se od vstupu na konektoru K1 signál rozděluje do dvou cest. Signálová cesta jde přes vazební kondenzátor C1 na převodník napětí/proud, tvořený odporem R1 a dále na vstup obvodu VCA. Řídicí

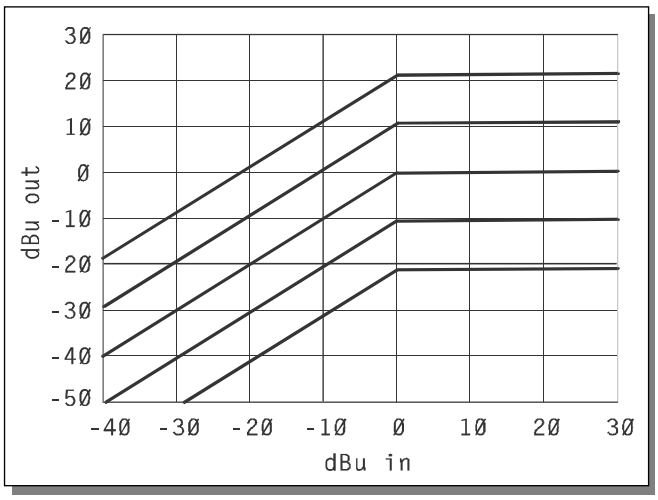
Seznam součástek

A99637

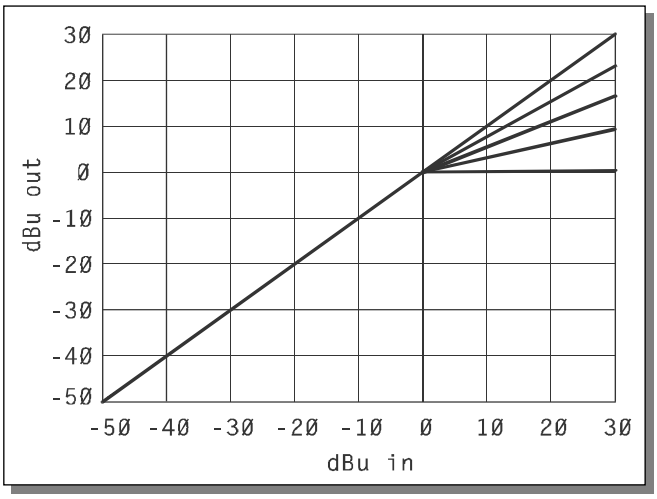
R13	100 Ω
R14	100 kΩ
R1	10 kΩ
R8	12 kΩ
R15	1 MΩ
R7	1,5 MΩ
R9	20 kΩ
R12	20 kΩ
R6	24 kΩ
R3	2 MΩ
R11	300 kΩ
R2	30 kΩ
R5	390 kΩ
R10	51 Ω
R4	5,1 kΩ
C14	100 µF/25 V
C15	100 µF/25 V
C12	100 nF
C13	100 nF
C10	10 µF/25 V
C7	10 nF
C2	22 µF/25 V
C3	47 µF/25 V
C6	47 µF/25 V
C11	47 µF/25 V
C8	47 nF
C9	47 pF
IC1	THAT4301P
D1	1N4148
D2	1N4148
D3	1N4007
D4	1N4007
K1	CP560
K2	CP560
K4	PSH03W
P1	P16M10K/B
P2	P16M10K/B
P3	PT6-H/50 kΩ



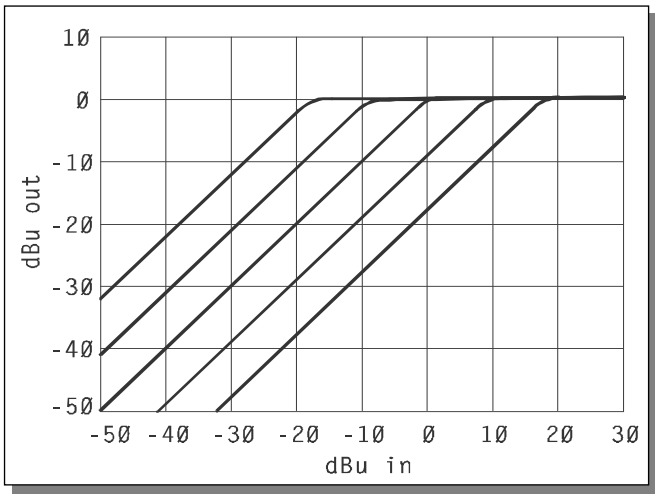
Obr. 17. Nastavení parametru treshold



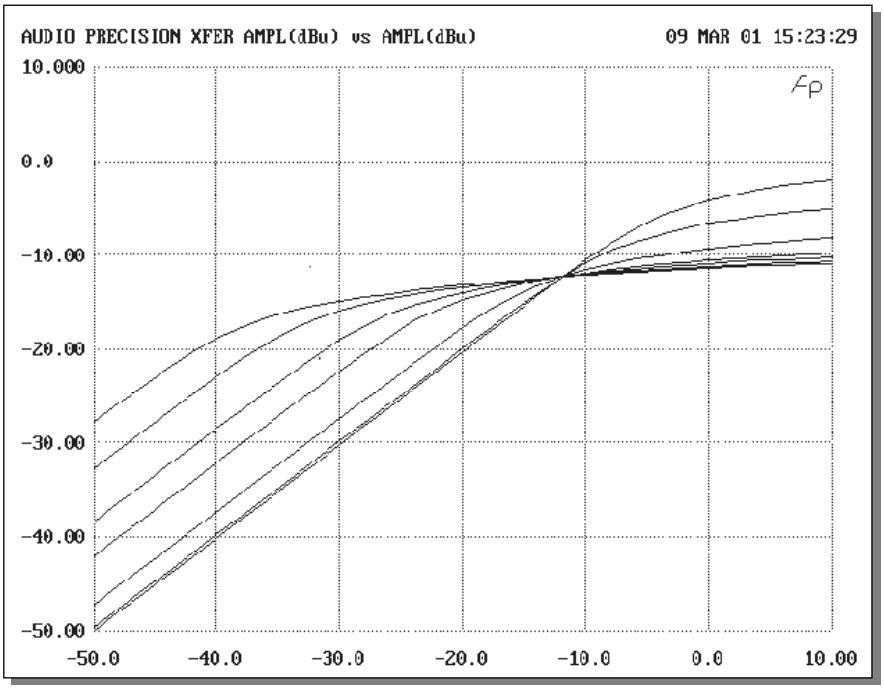
Obr. 18. Vliv změny zisku (gain)



Ob. 19. Různé kompresní poměry

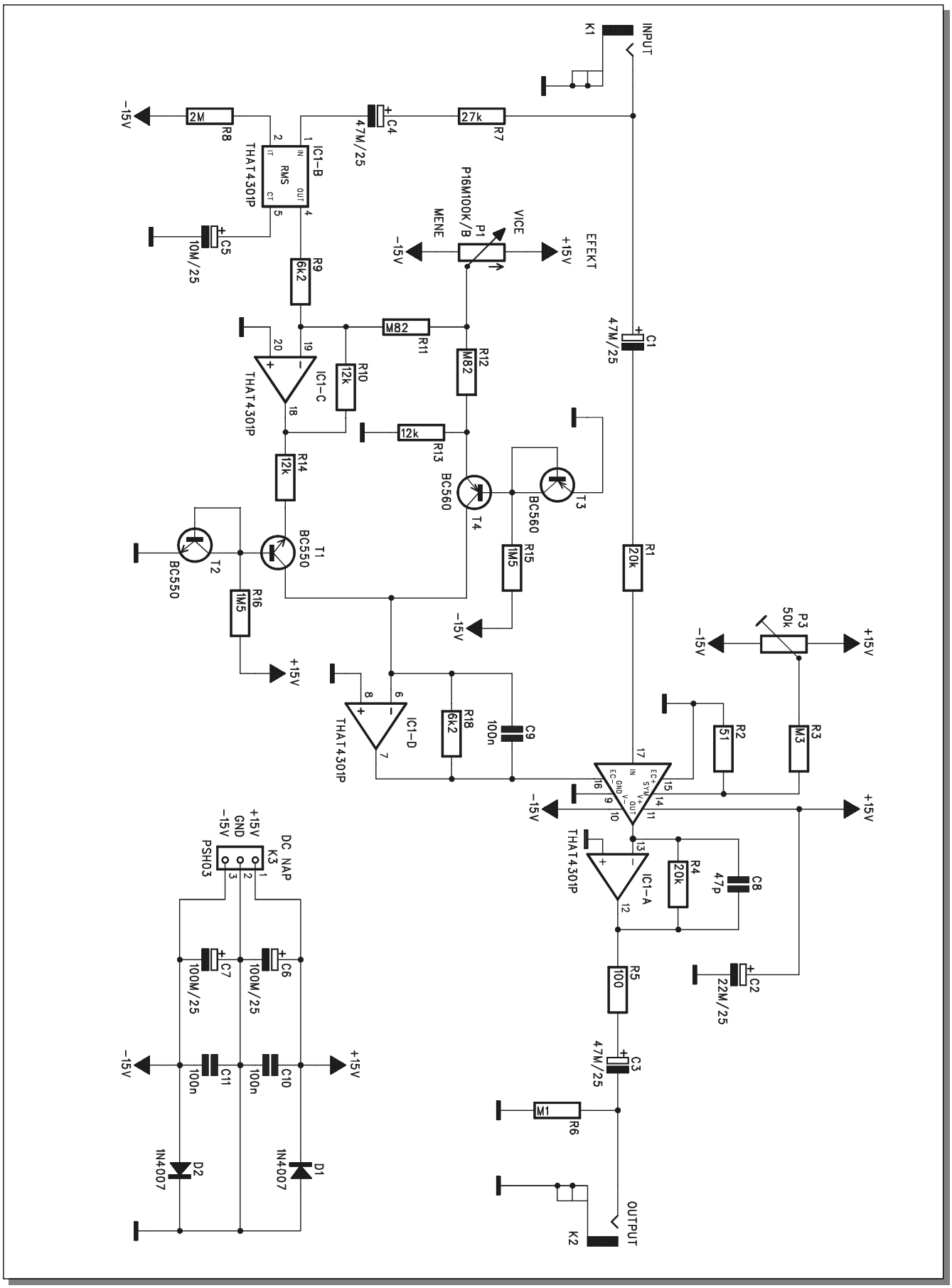


Obr. 20. Kombinované ovládání treshold a zisku

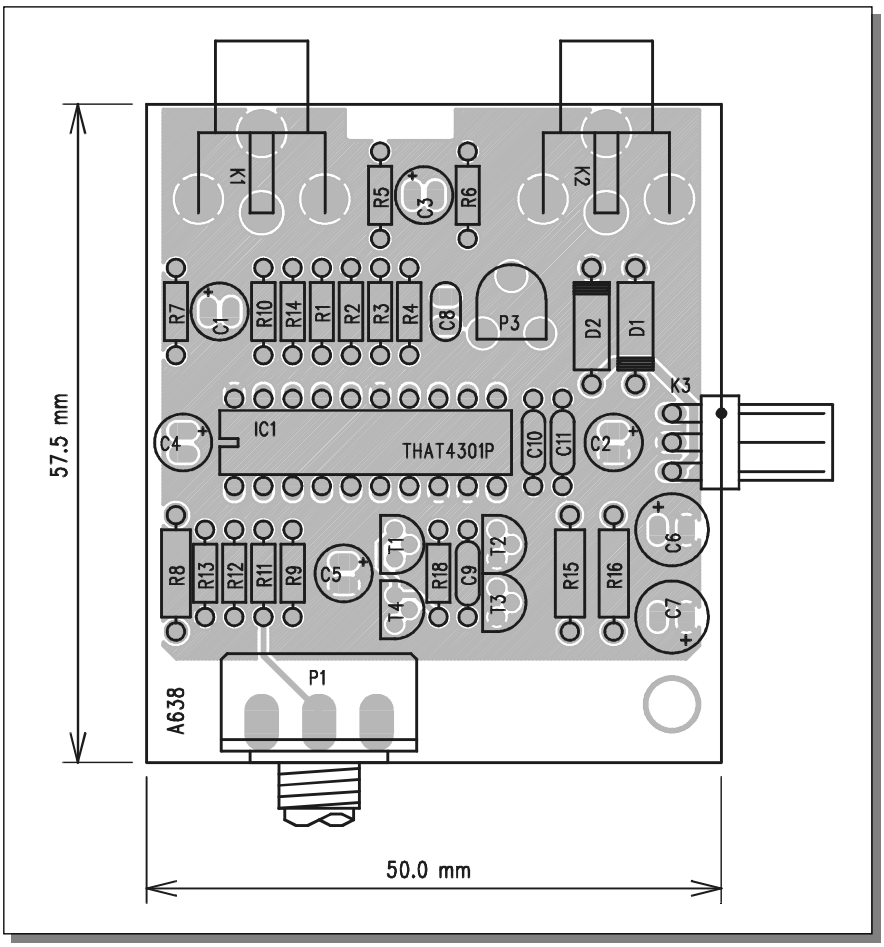


signál přichází přes kondenzátor C4 a odpor R7 na převodník RMS (IC1B). V tomto případě je použit jednoduchý časovací kondenzátor C5. Výstup z převodníku RMS (vývod 4) IC1B je 2x zesílen obvodem IC1C. Tím je omezen rozsah soft-knee charakteristiky diody D2. Základní nastavení úrovně treshold obvodem IC1B lze měnit potenciometrem P1 (COMP. TRESHOLD) v rozsahu od -34 dBu do +26 dBu. Záporné napětí za diodou D2 je přivedeno na potenciometr P2 (COMPR. RATIO). Při zcela staženém potenciometru P2 (běžec na zemi) se žádné řídicí napětí

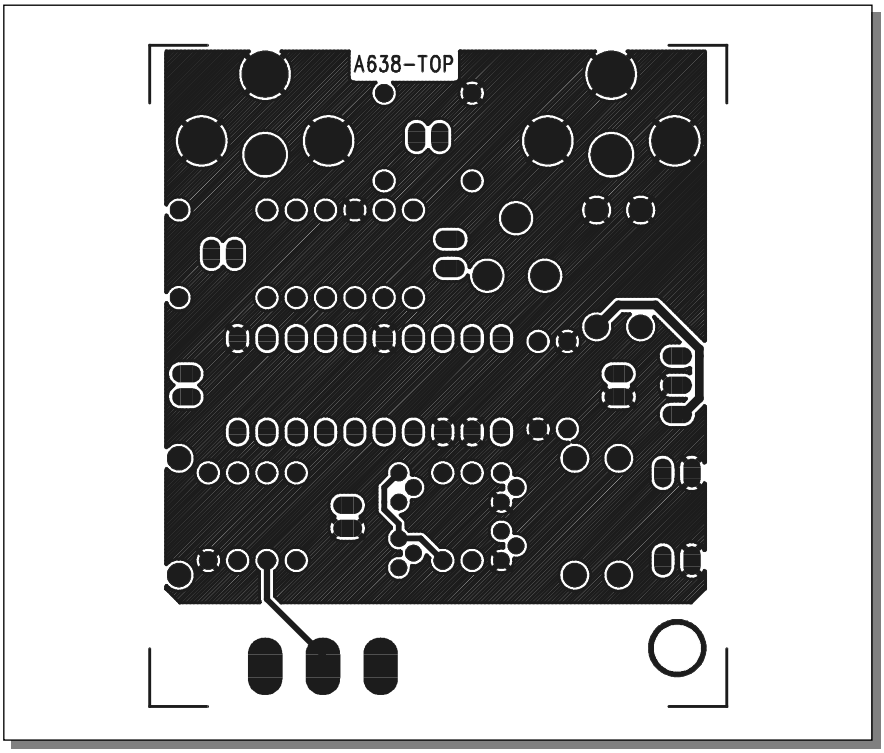
Obr. 21. Kompresní charakteristiky jednoknoflíkového kompresoru/limiteru"



Obr. 22. Schéma zapojení jednoknoflíkového kompresoru



Obr. 23. Rozložení součástek jednoknoflík. kompresoruna desce spojů



Obr. 24. Deska spojů ze strany součástek (TOP)

nedostane na vstup VCA. Kompresor je tedy vyřazen z provozu a kompresní poměr je 1:1. Odpor R14 2kohmy slouží pro úpravu průběhu dráhy P2. Je totiž obvyklé, že ve střední poloze by P2 měl mít kompresní poměr 4:1. Přidáním stejnosměrného napětí z běžce potenciometru P3 můžeme měnit statické zesílení obvodu VCA v rozmezí ±20 dB.

Výstup kompresoru/limiteru je přes vazební kondenzátor C3 vyveden na konektor cinch K2. Kompresor je napájen z externího zdroje ±15 V přes konektor K3. Diody D3 a D4 chrání obvod při případném přepólování napájecího napětí.

Stavba

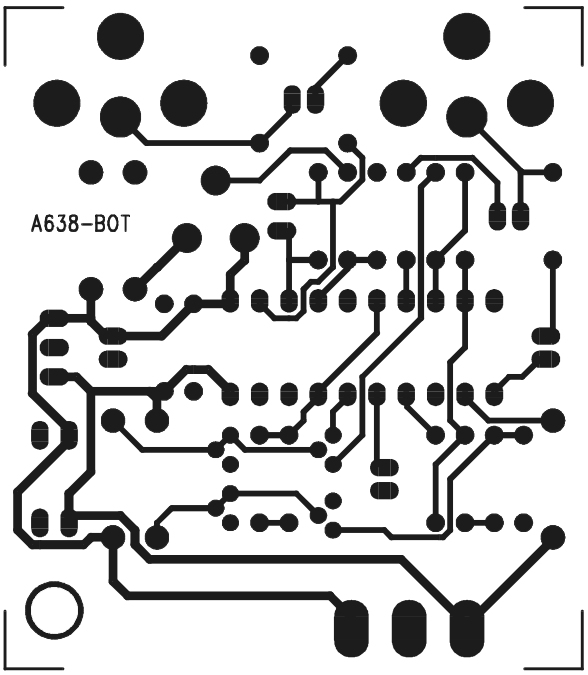
Kompresor/limiter je zhotoven na dvoustranné desce s plošnými spoji o rozměrech 55 x 55 mm. Rozložení součástek na desce s plošnými spoji je na obr. 10, obrazec desky spojů ze strany součástek (TOP) je na obr. 11, ze strany spojů (BOTTOM) je na obr. 12. Oživování spočívá pouze v nastavení trimru P4 na minimální zkreslení, pokud nemáme měřič zkreslení, necháme trimr ve střední poloze.

AGC - automatické řízení zisku

V mnoha případech potřebujeme docílit konstantní úroveň výstupního signálu i při značně kolísající vstupní úrovni. Tyto obvody se označují jako AGC - automatické řízení zisku. V podstatě to jsou limitery, které pracují převážně v oblasti nad prahovou úrovní treshold. Kvalitní obvod AGC s THAT4301P je popsán v následující konstrukci.

Popis

Schéma zapojení obvodu AGC je na obr. 13. Za vstupním konektorem K1 se signál dělí do dvou cest. Hlavní signálová cesta jde přímo na obvod VCA, řídicí signál jde přes odpor R2 na vstup převodníku RMS. Základní nastavení úrovně treshold je



Obr. 25. Deska spojů ze strany součástek (BOTTOM)

-40 dBu. Potenciometrem P1 lze tuto úroveň měnit od -30 dBu do -50 dBu. Za diodou D2 je nulové napětí, pokud je úroveň vstupního signálu pod hranicí treshold. Při překročení úrovně treshold začne napětí za D2 stoupat a zmenšovat zesílení obvodu VCA. V tomto případě je dioda D2 zapojena do obvodu zpětné vazby operačního zesilovače IC1C a koleno převodní charakteristiky je tudíž ostré (hard-knee). Potenciometrem P2 nastavujeme celkové zesílení obvodu (výstupní úroveň). Výstup obvodu AGC je vyveden na konektor K2. Obvod je napájen z externího zdroje ±15 V.

Stavba

Obvod AGC je zhotoven na dvoustranné desce s plošnými spoji o rozměrech 50 x 60 mm. Rozložení součástek na desce s plošnými spoji je na obr. 14, obrazec desky spojů ze strany součástek (TOP) je na obr. 15, ze strany spojů (BOTTOM) je na obr. 16. S výjimkou obligátního trimru P3 v obvodu symetrie obvodu VCA nejsou v zapojení žádné nastavovací prvky.

Jednoknoflíkový kompresor

Typické zapojení kompresoru umožňuje nastavit tři základní parametry - treshold, zisk (gain) a kompresní poměr. Nastavení parametru treshold vidíme na obr. 17. Po překročení úrovně treshold pracuje obvod v oblasti limiteru - charakteristika je téměř vodorovná. Vliv nastavení zisku vidíme na obr. 18. Tvar převodní charakteristiky se prakticky nemění, pouze se posouvá po svislé ose. Typický rozsah regulace zisku ±20 db je zde dobře patrný a odpovídá natočení knoflíku potenciometru na 0, 25, 50, 75 a 100% rozsahu.

Na obr. 19 je vidět vliv nastavení kompresního poměru. Krajní polohy jsou 1:1 (za bodem zlomu - treshold - pokračuje kompresní charakteristika ve stejném směru) až nekonečno:1 (vodorovná linka - limiter).

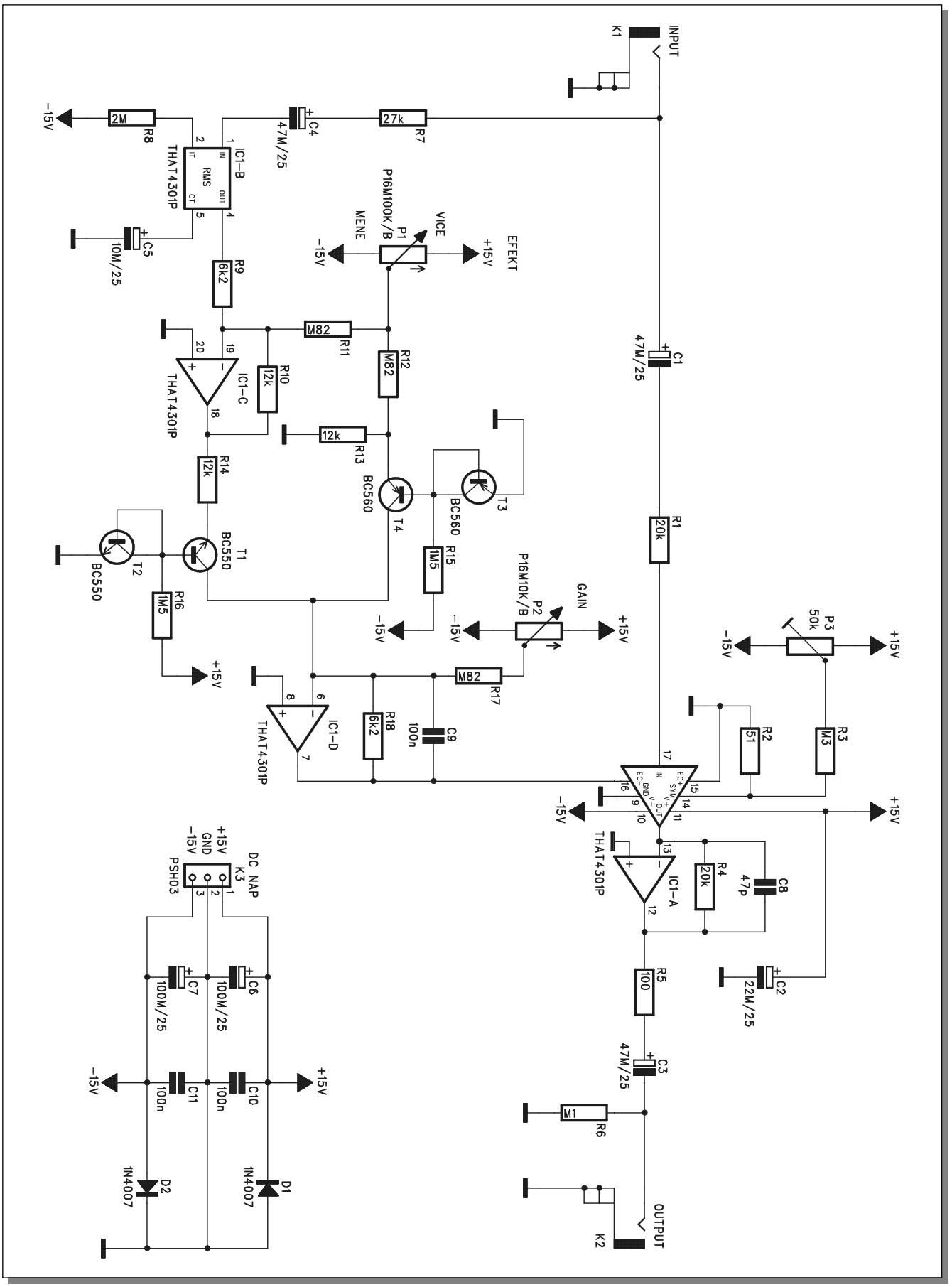
Zkombinujeme-li funkci treshold a gain (při vysokém kompresním poměru), dostaneme křivky podle obr. 20. Ostrý přechod do limitace způsobuje vyšší zkreslení a celkově narušuje charakter zvuku. Proto je provoz limiteru v širším dynamickém rozsahu nevhodný. Menší kompresní poměr zase na druhé straně dostatečně účinně neochraňuje výstup proti přebuzení (limitaci). Proto je výhodnější volit kompresor/limiter s charakteristikou soft-knee.

Při vhodné volbě použitých součástek lze navrhnout kompresor

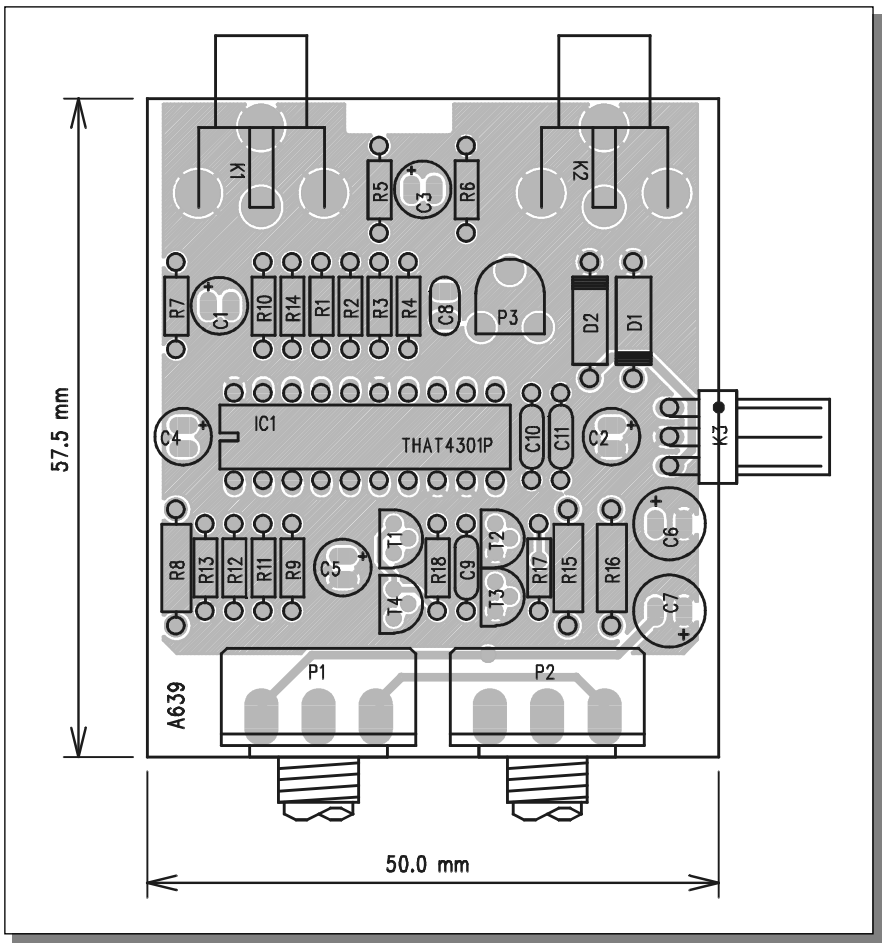
Seznam součástek

A99638

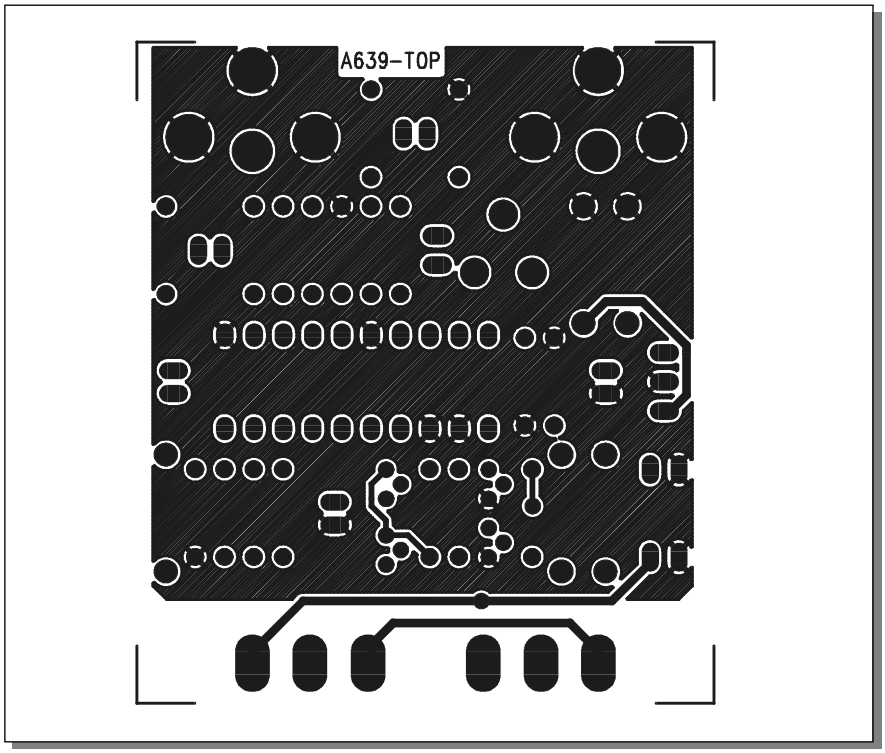
R1	20 kΩ
R2	51 Ω
R3	300 kΩ
R4	20 kΩ
R5	100 Ω
R6	100 kΩ
R7	27 kΩ
R8	2 MΩ
R9	6,2 kΩ
R10	12 kΩ
R11	820 kΩ
R12	820 kΩ
R13	12 kΩ
R14	12 kΩ
R15	1,5 MΩ
R16	1,5 MΩ
R18	6,2 kΩ
T1	BC550
T2	BC550
T3	BC560
T4	BC560
C6	100 µF/25 V
C7	100 µF/25 V
C9	100 nF
C10	100 nF
C11	100 nF
C5	10 µF/25 V
C2	22 µF/25 V
C1	47 µF/25 V
C3	47 µF/25 V
C4	47 µF/25 V
C8	47 pF
IC1	THAT4301P
D1	1N4007
D2	1N4007
K1	CP560
K2	CP560
K3	PSH03W
P1	P16M100K/B
P3	PT6-H/50 kΩ



Obr. 26. Schéma zapojení jednoknoflíkového kompresoru II.



Obr. 27. Rozložení součástek na desce spojů



Obr. 28. Deska spojů ze strany součástek (TOP)

/limiter pouze s jediným ovládacím prvkem, slučujícím funkci treshold a gain. Při soft-knee charakteristice pak vypadají kompresní křivky podle obr. 21. Vidíme, že pro různá nastavení regulačního potenciometru se všechny charakteristiky protínají okolo úrovně -10 dBu. Firma THAT uskutečnila řadu porovnávacích testů a na jejich základě doporučuje pro jednoknoflíkový kompresor následující zapojení.

"One Knob Squeezzer"

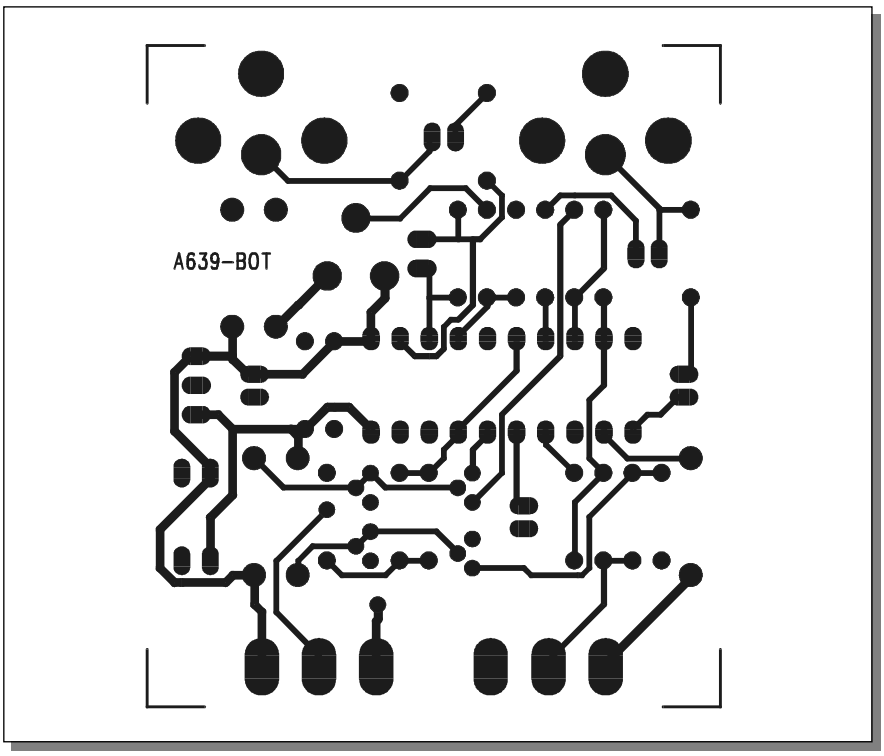
neboli jednoknoflíkový kompresor /limiter je zapojen podle obr. 22. Ze vstupního konektoru K1 se signál dělí do dvou cest. Signálová jde přímo na obvod VCA, řídicí je přivedena na převodník RMS IC1A. Jediný nastavovací prvek kompresoru je potenciometr P1, kterým se buď přidává nebo ubírá míra komprese. Místo diod jsou zde použity dvojice tranzistorů T3/T4 a T1/T2, z nichž T2 (případně T3) kompenzuje napěťový úbytek přechodu BE druhého tranzistoru. Zbytek obvodu je již víceméně klasický. Na vstupu IC1D se sčítá signál z převodníku RMS (IC1B) s napětím z regulačního potenciometru P1. Výstupní napětí IC1D je přivedeno na řídicí vstup obvodu VCA. Výstupní signál je přiveden na konektor K2.

Obvod je napájen z externího zdroje ±15 V.

Stavba

Jednoknoflíkový kompresor je zhotoven na dvoustranné desce s plošnými spoji o rozměrech 50 x 57,5 mm. Rozložení součástek na desce s plošnými spoji je na obr. 23, obrazec desky spojů ze strany součástek (TOP) je na obr. 24, ze strany spojů (BOTTOM) je na obr. 25.

Popsaný kompresor můžeme doplnit o samostatný potenciometr výstupní úrovně. Ten nemá vliv na kompresní charakteristiku, pouze mění celkové zesílení obvodu. Schéma zapojení kompresoru s řízením zisku je na obr. 26, rozložení součástek na desce s plošnými spoji ze stran součástek (TOP) je na obr. 27 a ze strany spojů (BOTTOM) je na obr. 28.



Obr. 29. Deska spojů ze strany součástek (BOTTOM)

Závěr

V tomto článku jsme si na několika příkladech ukázali různé možnosti použití audioprocesoru THAT4301P. Jednotlivé konstrukce jsou řešeny jako samostatné funkční moduly, obsahující minimální sestavu pro danou funkci. Zapojení je možné doplnit o další obvody (vstupní a výstupní, indikace síly signálu, míry komprese apod.), ale to je již jiná kapitola. Představené moduly a jejich zapojení vychází z aplikačních poznámek výrobce (firmy THAT). Moduly jsou samostatně použitelné jako doplňky nejrůznějších zařízení, nebo mohou sloužit jako vývojové kity při návrhu vlastních projektů. Hlavní předností obvodů THAT jsou vynikající vlastnosti (malý šum a zkreslení) a velmi jednoduchá realizace díky integraci všech důležitých částí na jednom čipu.

V přiložené tabulce jsou uvedeny ceny všech dílů a stavebnic jednotlivých modulů. Moduly se dodávají jako samostatné desky, sypané stavebnice se všemi součástkami a deskou spojů nebo jako hotové oživené moduly. Objednávky viz stránka s přehledem dodávaných stavebnic.

Moduly VCA s obvodem THAT4301P

obj. typ	popis		cena
A634-DPS	šumová brána (noise gate)	deska spojů	180,-
A99634		stavebnice	960,-
A99634-MOD		oživený modul	1290,-
A635-DPS	automatický směšovač (ducker)	deska spojů	130,-
A99635		stavebnice	840,-
A99635-MOD		oživený modul	1150,-
A636-DPS	kompresor/limiter (soft-knee compressor/limiter)	deska spojů	125,-
A99636		stavebnice	860,-
A99636-MOD		oživený modul	1170,-
A637-DPS	AGC – automatické řízení zesílení	deska spojů	130,-
A99637		stavebnice	840,-
A99637-MOD		oživený modul	1150,-
A638-DPS	jednokloflíkový kompresor	deska spojů	130,-
A99638		stavebnice	840,-
A99638-MOD		oživený modul	1150,-
A639-DPS	jednoknoflíkový kompresor s nastavitelným zesílením	deska spojů	130,-
A99639		stavebnice	860,-
A99639-MOD		oživený modul	1170,-

Seznam součástek

A99639

R15 . . . . . 1,5 MΩ
R16 . . . . . 1,5 MΩ
R8 . . . . . 2 MΩ
R9 . . . . . 6,2 kΩ
R18 . . . . . 6,2 kΩ
R10 . . . . . 12 kΩ
R13 . . . . . 12 kΩ
R14 . . . . . 12 kΩ
R1 . . . . . 20 kΩ
R4 . . . . . 20 kΩ
R7 . . . . . 27 kΩ
R2 . . . . . 51 Ω
R5 . . . . . 100 Ω
R6 . . . . . 100 kΩ
R3 . . . . . 300 kΩ
R11 . . . . . 820 kΩ
R12 . . . . . 820 kΩ
R17 . . . . . 820 kΩ

C6 . . . . . 100 µF/25 V
C7 . . . . . 100 µF/25 V
C9 . . . . . 100 nF
C10 . . . . . 100 nF
C11 . . . . . 100 nF
C5 . . . . . 10 µF/25 V
C2 . . . . . 22 µF/25 V
C1 . . . . . 47 µF/25 V
C3 . . . . . 47 µF/25 V
C4 . . . . . 47 µF/25 V
C8 . . . . . 47 pF

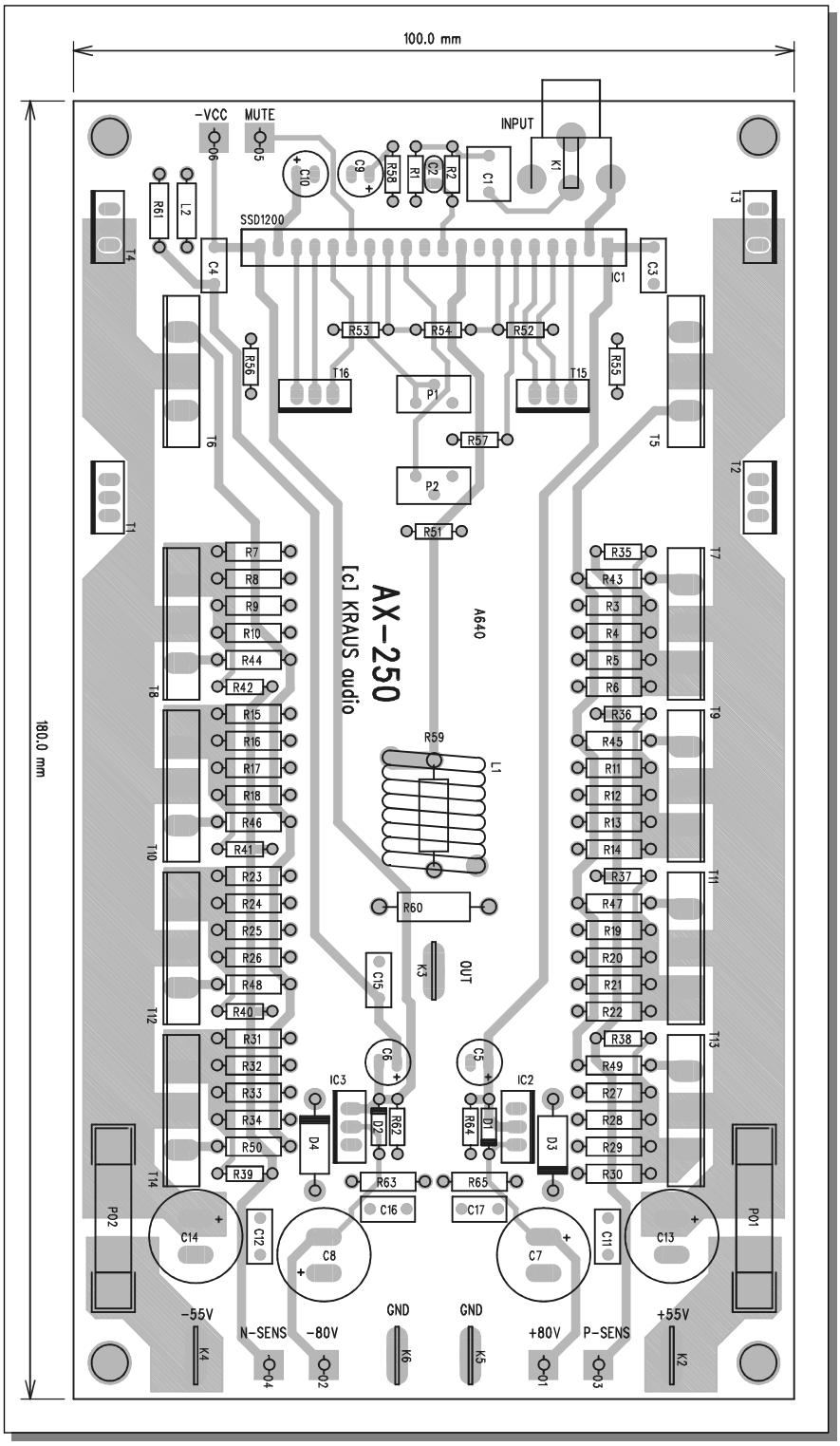
IC1 . . . . . THAT4301P
D1 . . . . . 1N4007
D2 . . . . . 1N4007
T1 . . . . . BC550
T2 . . . . . BC550
T3 . . . . . BC560
T4 . . . . . BC560

K1 . . . . . CP560
K2 . . . . . CP560
K3 . . . . . PSH03W
P1 . . . . . P16M100K/B
P2 . . . . . P16M10K/B
P3 . . . . . PT6-H/50 kΩ

Hi-Fi zesilovač 250 W

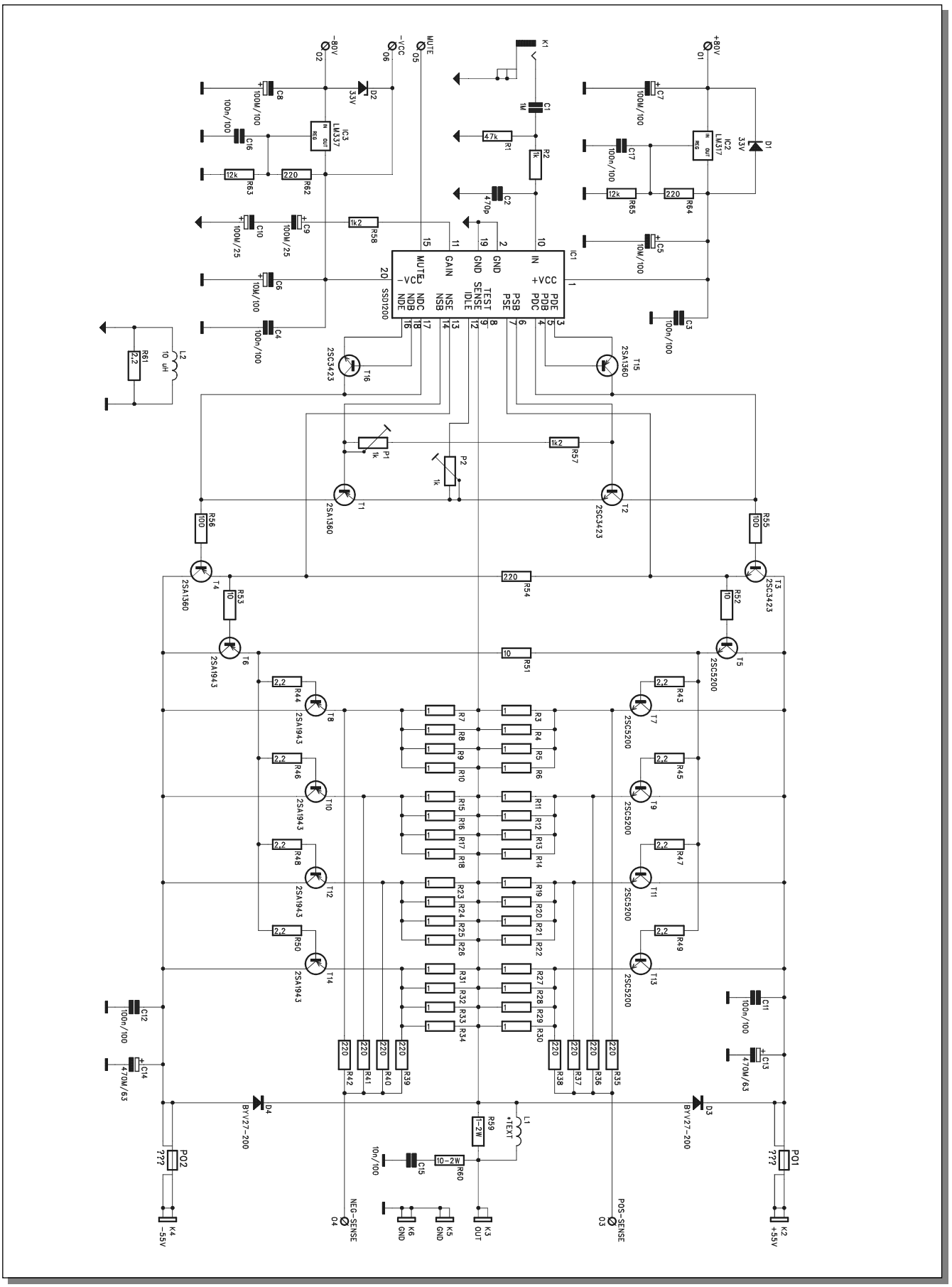
Na stránkách odborných časopisů bylo již uveřejněno nepřeberné množství konstrukcí nf zesilovačů. Takže málo kdy se objeví nějaká zajímavá novinka. V poslední době se přeci jen poklidné vody nf techniky poněkud zčeřily.

Již delší dobu jsem váhal nad koncepcí koncového zesilovače pro střední a vyšší výkony (rozumějte tak mezi 100 a 1000 W). Pro výkony do 100 W jsou celkem dostupné integrované zesilovače za celkem příznivou cenu. I když vzhledem k problematickému chlazení je udávaný výkon 100 W více méně teoretický, při běžném charakteru hudebního signálu jsou naprosto vyhovující. I jejich technické parametry jsou dostatečné. Pro vyšší výkony však nezbývá, než sáhnout ke klasice - koncový stupeň složený z budiče a příslušného počtu patřičně dimenzovaných výkonových tranzistorů. Zaplať pánbůh, na trhu, alespoň pokud jde o bipolární tranzistory, je nabídka dostatečná. S tranzistory MOS FET, určenými pro nf aplikace, je to již horší. Osobně jsem se o tom přesvědčil nedávno, když jsem koncem loňského roku z Dálného východu na dotaz ohledně 2SJ201 a 2SK1530 obdržel řadu nabídek (a také bez problémů došly), zatímco nyní se po nich doslova země slehla. A jak jsem se dočetl na jedné internetové konferenci věnované zesilovačům, není to problém pouze můj. Takže po čerstvých zkušenostech byla volba osazení jasná - bipolární tranzistory. Druhá otázka - jak řešit vstupní obvody. Zkoušel jsem řadu zapojení - od fousatého (ale fungujícího) vstupu z poloviny 80. let (viz Low End zesilovač 1 kW) až po topologii s proudovou zpětnou vazbou (GIGANT 2000 z Elektoru). Nakonec padla volba na nový hybridní budič SSD1200, který obsahuje prakticky veškeré vstupní obvody. K výstupu se připojují pouze výkonové tranzistory. Díky lokální kompenzaci zkreslení v každém stupni se obvod vyznačuje velmi dobrými parametry (THD+N <0,005%, činitel tlumení >1000).



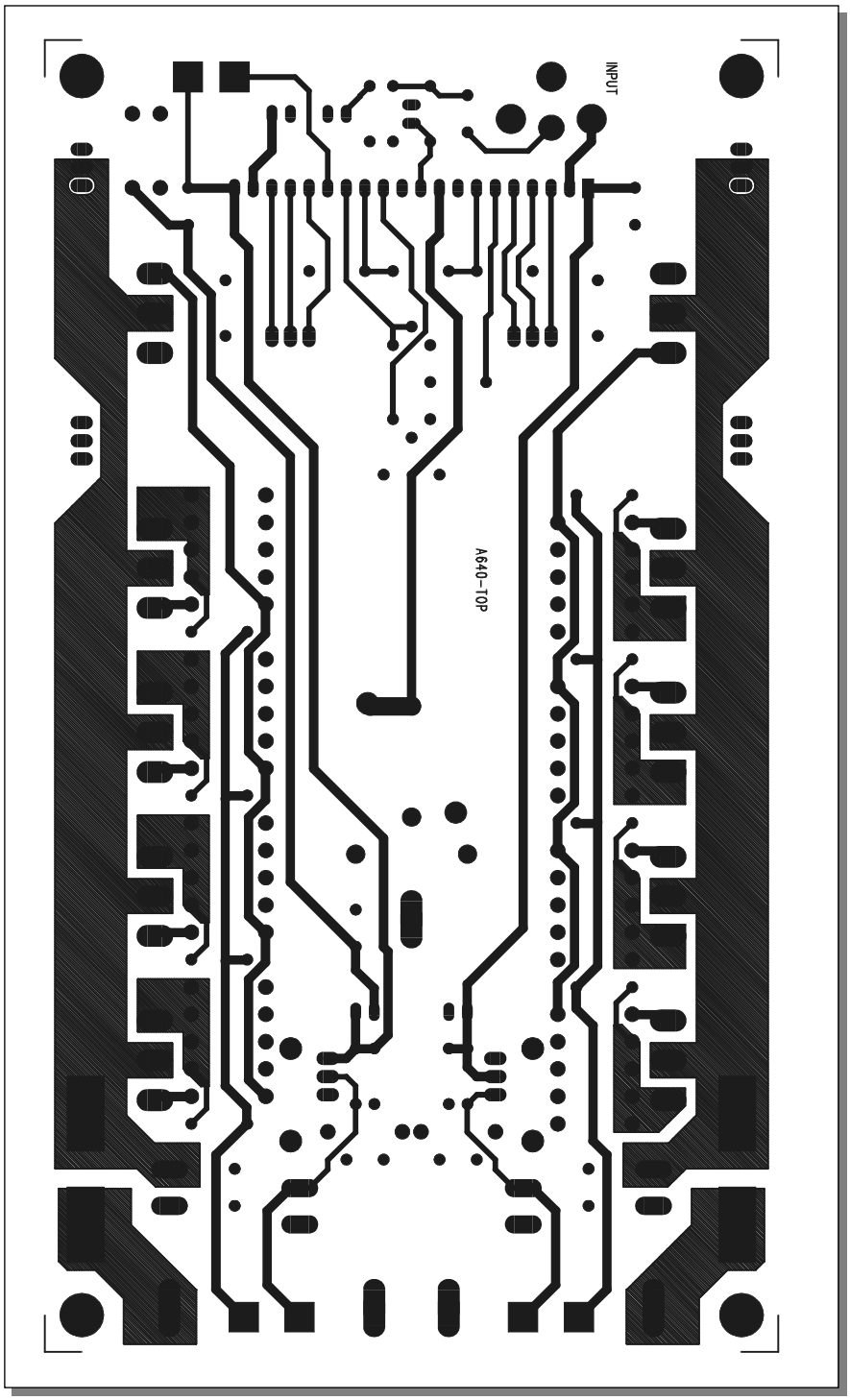
Obr. 1. Rozložení součástek na desce spojů zesilovače

Zesilovač pracuje v klasické třídě AB, ale vzhledem k zapojení potlačujícím lokální zkreslení se pohybuje na pokraji třídy B, což přispívá k dobré účinnosti koncového stupně. Drobnou nevýhodou je nutnost pomocného



Obr. 2. Schéma zapojení zesilovače

napájecího napětí, neboť budič je napájen vyšším napětím, než koncový stupeň. To lze snadno vyřešit pomocným vinutím na síťovém transformátoru nebo použitím druhého transformátorku (například trafo 2 VA s vývody do DPS dnes pořídíte do 70,- Kč, což je méně než obvyklý příplatek za dvě další sekundární vinutí na toroidním transformátoru). Další výhodou budiče SSD1200 je vstup MUTE, kterým se dají elegantně řešit některé ochranné funkce zesilovače (zpožděný start, tepelná ochrana - odpojení při přehřátí, zkrat na výstupu - odpojení při zkratu). Obvod SSD1200 má mezní napájecí napětí ±90 V. Protože napájecí napětí budiče by mělo být alespoň o 5 V vyšší než koncového stupně, vychází nám maximální rozkmit výstupního napětí asi ±85 V (naprázdno může být napájecí napětí koncového stupně i mírně vyšší, neboť v tom případě bude rozkmit výstupního napětí omezen budičem). Podle osazení koncovými tranzistory může zesilovač pracovat i do zátěže 2 ohmy, což by teoreticky umožňovalo dosáhnout výstupní výkon až 1500 W. Do zátěže 4 ohmy lze realizovat zesilovače s výkonem okolo 800 W. Pro vyšší výkony by se muselo použít můstkové zapojení. Publikované zapojení má napájecí napětí koncového stupně ±55 V a napětí pro budič ±80 V (stabilizovaných na ±70 V).



Obr. 3. Deska spojů ze strany součástek (TOP)

Na místech budicích tranzistorů jsou použity typy 2SA1360/2SC3423 firmy Toshiba. Jsou to tranzistory se závěrným napětím 150 V a maximálním proudem kolektoru 50 mA. Výhodou je vysoký mezní kmitočet Ft 200 MHz a velmi malá výstupní kapacita kolektoru Cob pouze 1,8 pF.

Na místě koncových tranzistorů jsou použity osvědčené (a hlavně dobře dostupné) typy 2SA1943-O/2SC5200-O také od firmy Toshiba. Základní charakteristika - 150 W/15 A/230 V. Mezní kmitočet Ft je 30 MHz. Tranzistory jsou ve velkých pouzdrech TO3P(L), což je výhodné pro přenos tepla na chladič. Tranzistory mají poměrně velké proudové zesílení (80 až 160).

Popis

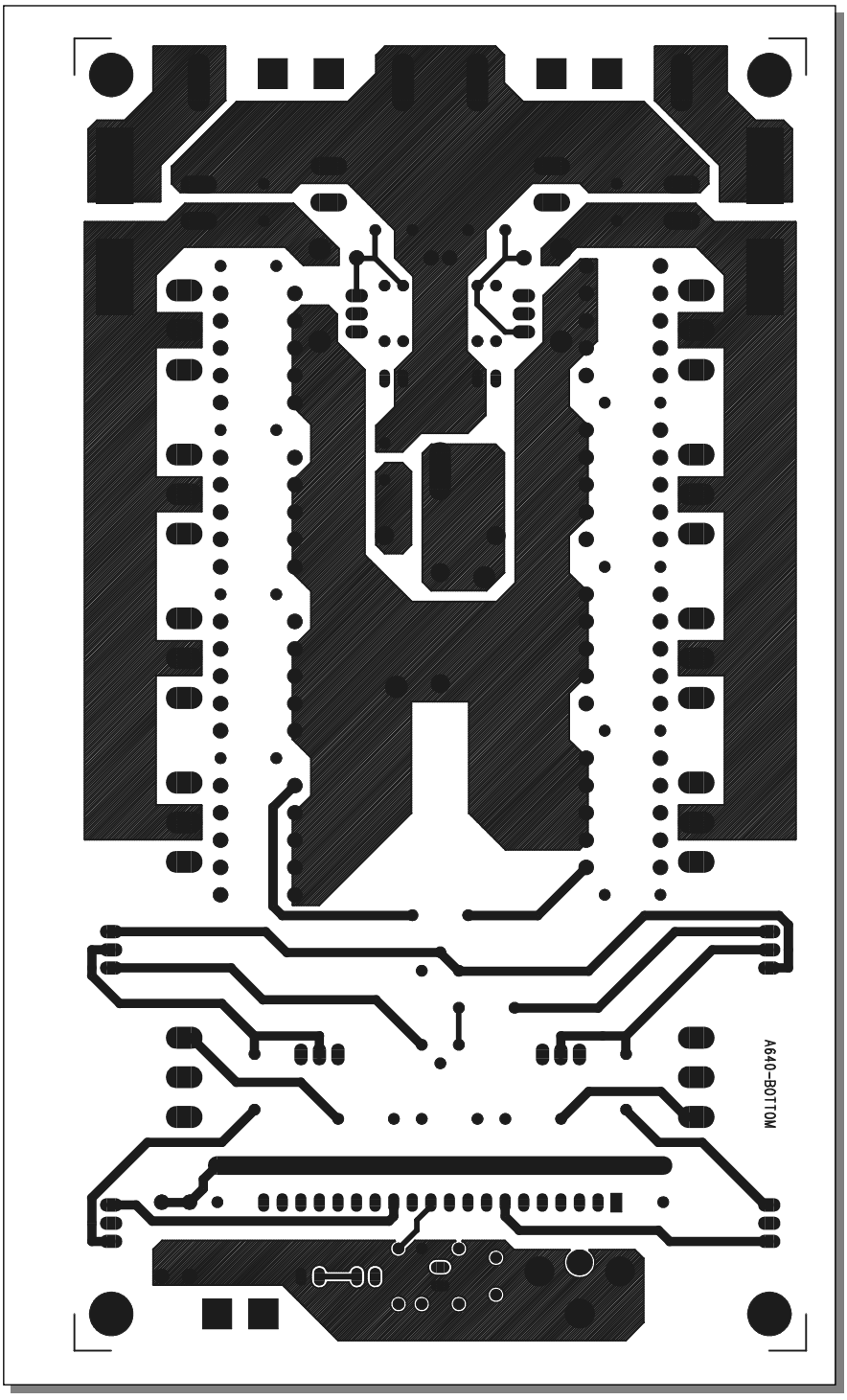
Schéma zapojení je na obr. 2. Jádrem vstupní části je hybridní modul SSD1200. Vstupní signál je přiveden přes vazební kondenzátor C1 (fóliový) na vstupní filtr, tvořený odporem R2 a kondenzátorem C2. Signálové země jsou k budiči připojeny vývody 2 a 19. Na vývod 11 se připojuje odpor zpětné vazby R58, který je přes kondenzátory C9 a C10 uzemněn. Pro hodnotu R58 1,2 kohmu je celkové zesílení Au 40.

Obě polarity napájecího napětí předzesilovače (+VCC a -VCC) jsou stabilizovány. Protože 70 V je mimo povolený rozsah běžných stabilizátorů, jsou použity regulovatelné stabilizátory LM317/LM337 v pouzdrech

TO220. Proti překročení mezních parametrů jsou stabilizátory chráněny Zenerovými diodami D1 a D2.

Na výstupní straně jsou k budiči zapojeny tranzistory T15 a T16. Bohužel nemám vnitřní zapojení budiče, ale dá se předpokládat, že to budou vnější tranzistory rozkmitového stupně. Mezi jejich kolektory je dvojice tranzistorů T2/T1, sloužící pro teplotní stabilizaci klidového proudu koncového stupně. Tyto tranzistory by měly být umístěny na chladiči co nejblíže koncových tranzistorů. Klidový proud výkonovými tranzistory se nastavuje trimrem P1. Pro dlouhodobou stabilitu je použit kvalitní víceotáčkový cermetový trimr Spectrol 64 Y. Stejný je použit i na místě P2, který nastavuje optimální kompenzaci zkreslení v koncovém stupni.

Zbývající dvojice tranzistorů již tvoří trojnásobné emitorové sledovače (proudové zesilovače). Výstupní výkon zesilovače je limitován počtem paralelně řazených tranzistorů. V žádném režimu nesmí dojít k překročení hranic bezpečné pracovní oblasti SOA. Použité tranzistory mají sice

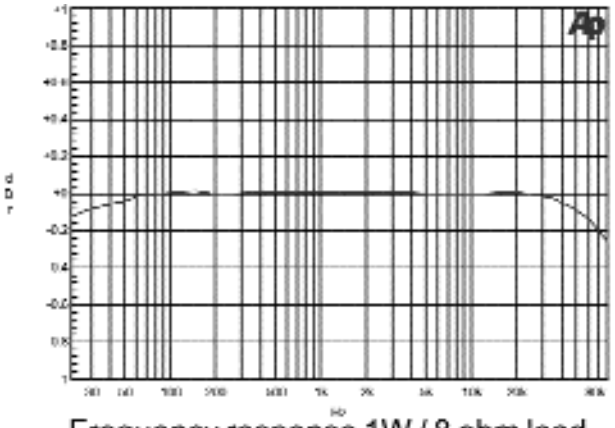


Obr. 4. Deska spojů ze strany součástek (BOTTOM)

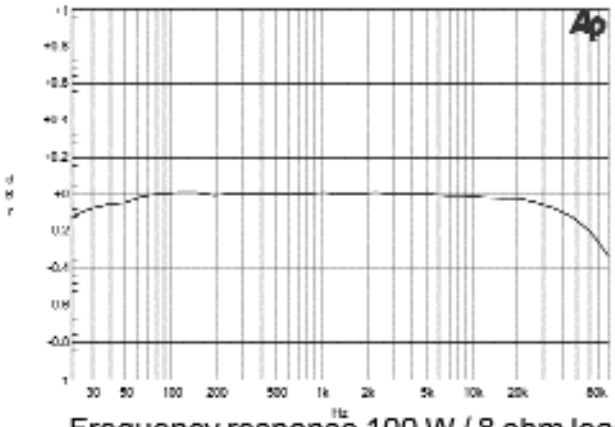
Seznam součástek

A99640

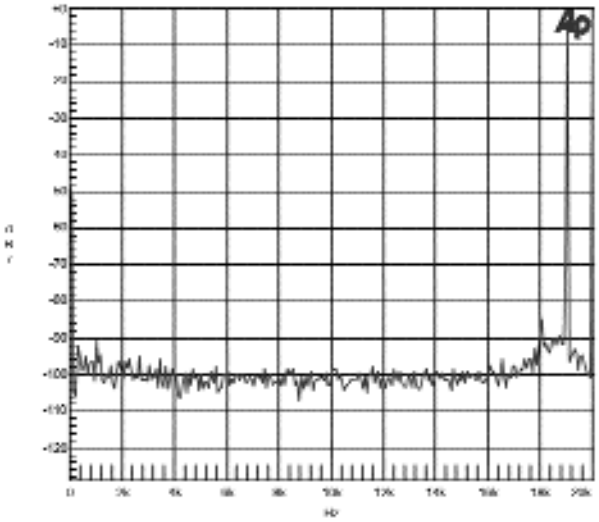
R3-34	1 Ω
R52-53, R51	10 Ω
R55-56	100 Ω
R63, R65	12 kΩ
R2	1 kΩ
R57-58	1,2 kΩ
R46-50, R43, R61, R44-45	2,2 Ω
R35-42, R54, R62, R64	220 Ω
R1	47 kΩ
R59	1 Ω/2 W
R60	10 Ω/2 W
C7-8	100 µF/100 V
C9-10	100 µF/25 V
C3-4, C11-12, C16-17	100 nF/100 V
C5-6	10 µF/100 V
C15	10 nF/100 V
C1	1 µF
C13-14	470 µF/63 V
C2	470 pF
IC1	SSD1200
IC2	LM317
IC3	LM337
D1-2	ZD 33 V
D3-4	BYV27-200
L1	*TEXT
L2	10 uH
T1, T4, T15	2SA1360
T6, T8, T10, T12, T14	2SA1943
T2-3, T16	2SC3423
T5, T7, T9, T11, T13	2SC5200
K1	CP560
K2	FASTON-1536-VERT
K3	FASTON-1536-VERT
K4	FASTON-1536-VERT
K5-6	FASTON-1536-VERT
PO1-2	POJ5X20
P1-2	64Y-1 kΩ



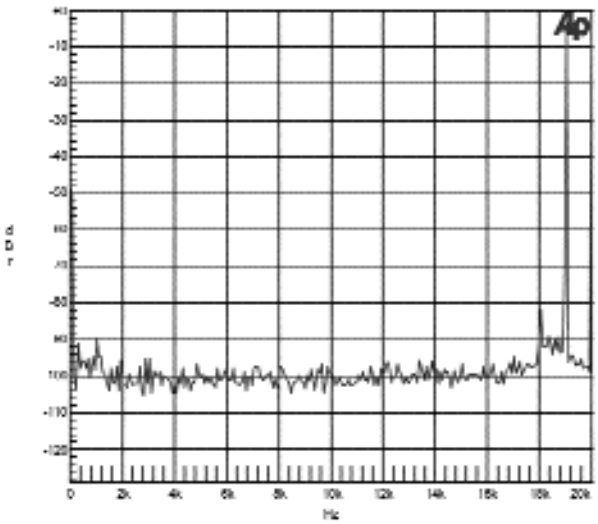
Frequency response 1W / 8 ohm load



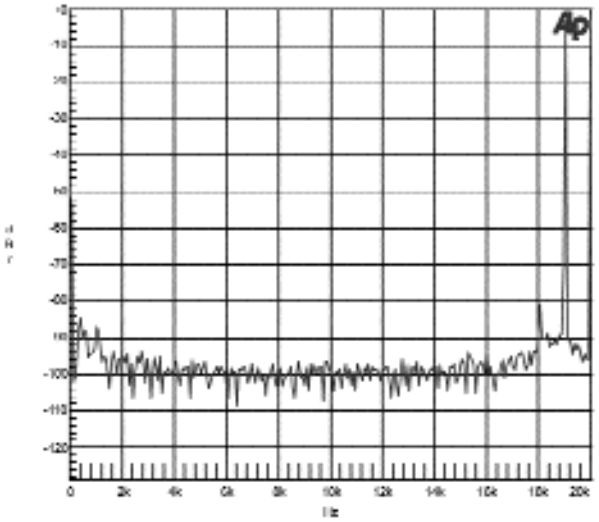
Frequency response 100 W / 8 ohm load



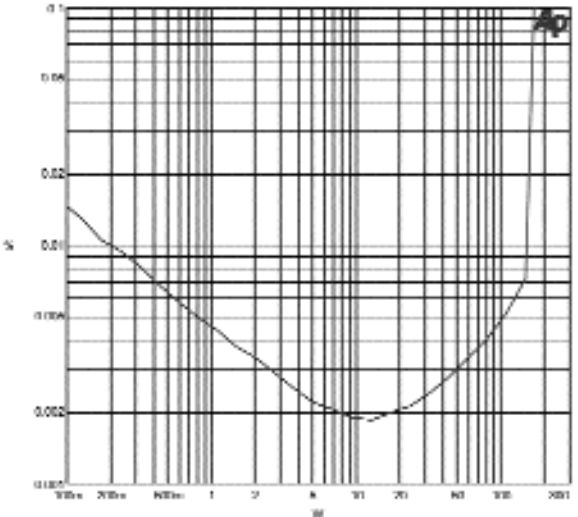
Intermodulation 19 k + 20 k 50 W 8 ohm load



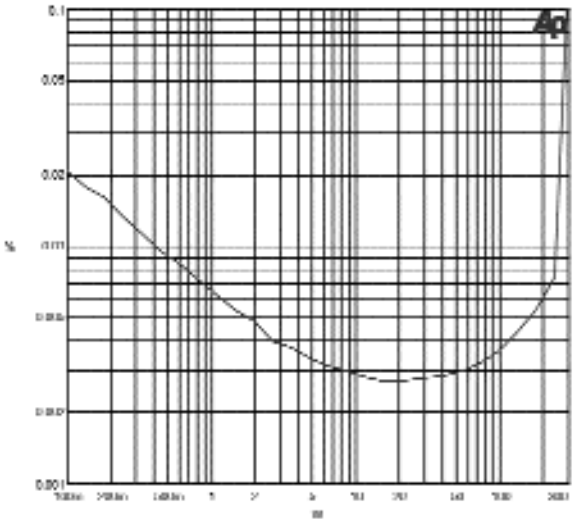
Intermodulation 19k + 20k 100 W 4 ohm load



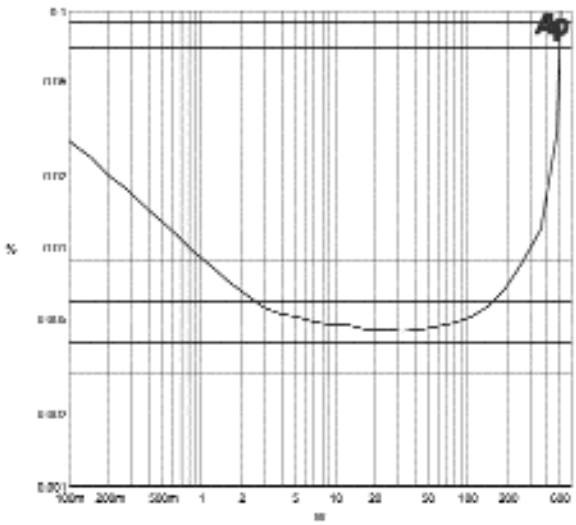
Intermodulation 19 k + 20 k 100 W 2 ohm load



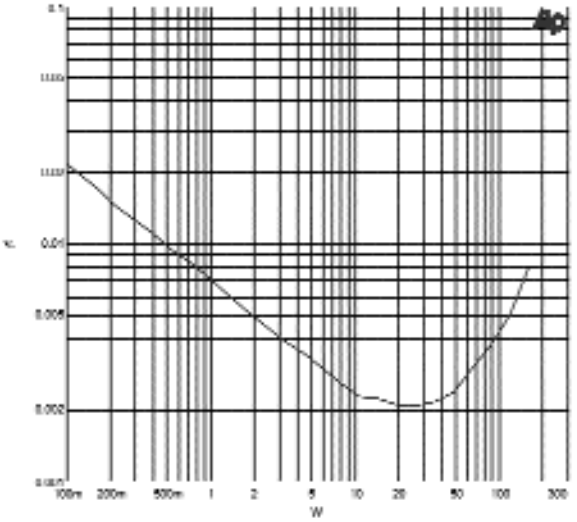
1 KHz THD vs Output power 8 ohm load



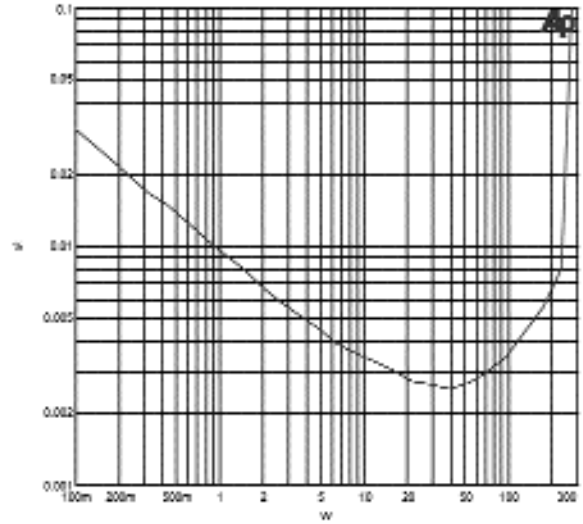
1 KHz THD vs Output power 4 ohm load



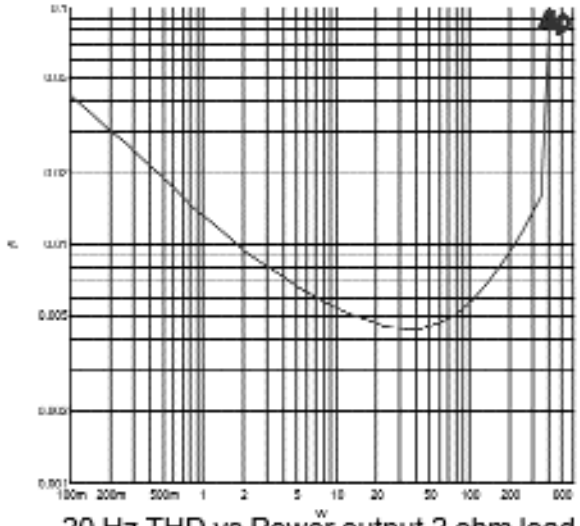
1 KHz THD vs Output power 2 ohm load
(80 KHz BW)



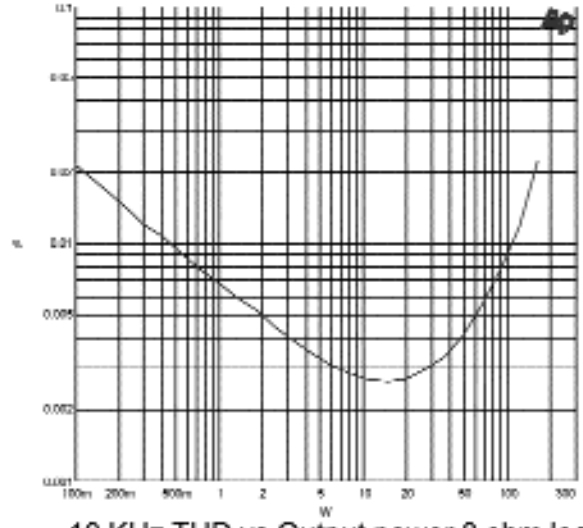
20 Hz THD vs Power output 8 ohm load



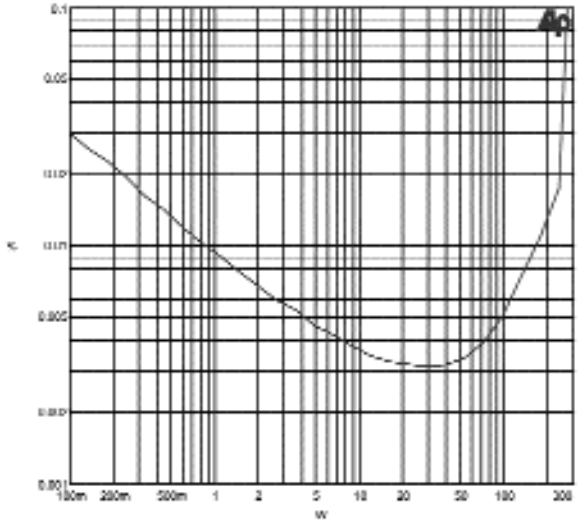
20 Hz THD vs Power output 4 ohm load



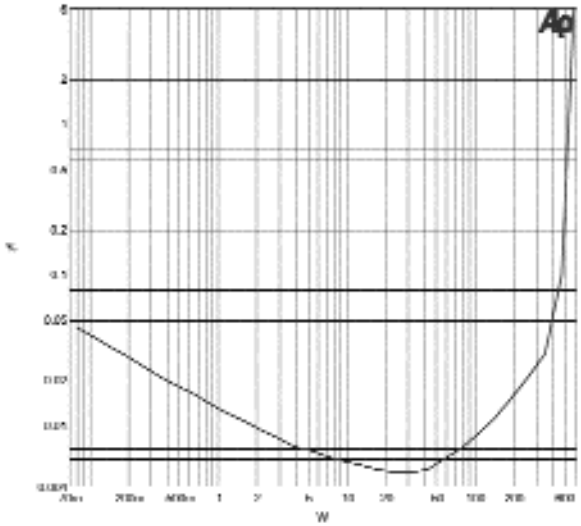
20 Hz THD vs Power output 2 ohm load



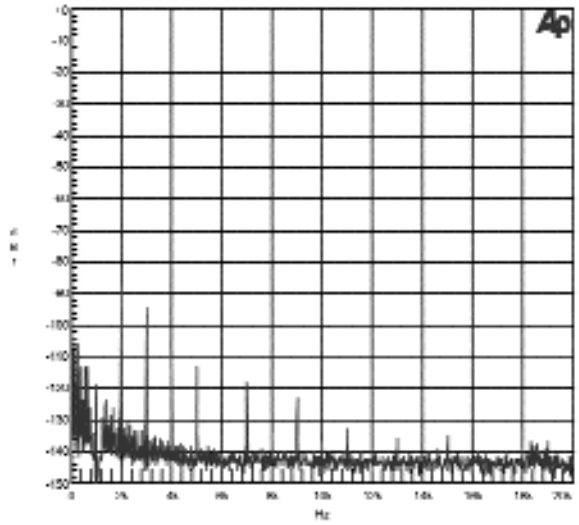
10 KHz THD vs Output power 8 ohm load
(80 KHz BW)



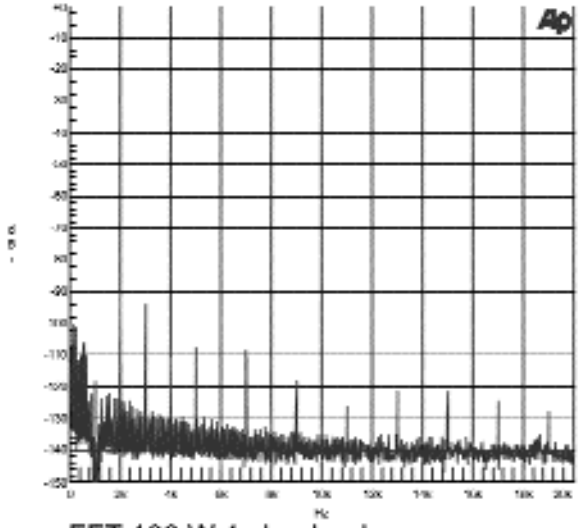
10 KHz THD vs Output power 4 ohm load
(80 KHz BW)



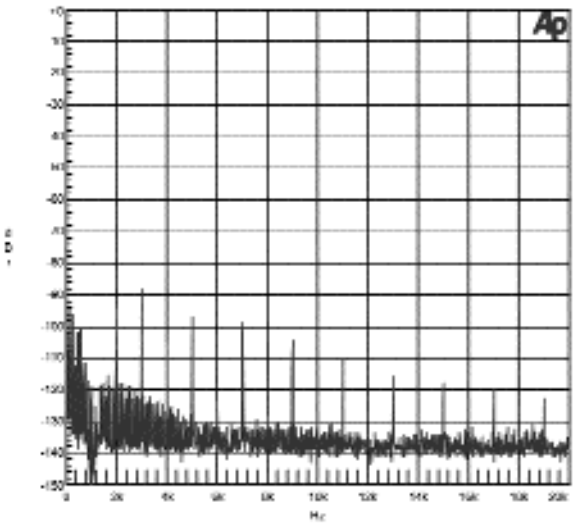
10 KHz THD vs Output power 2 ohm load
(80 KHz BW)



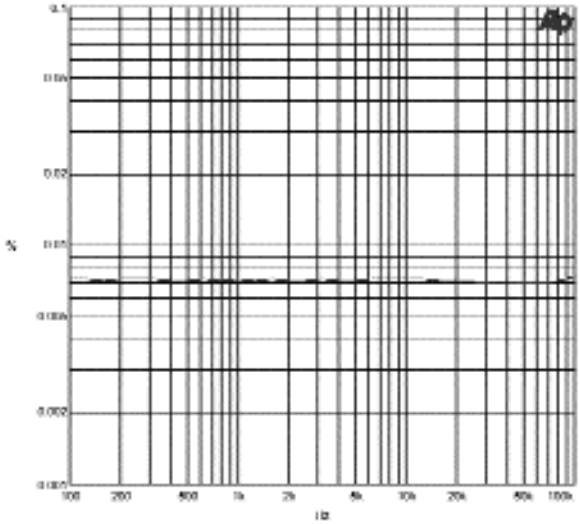
FFT 100 W 8 ohm load



FFT 100 W 4 ohm load



FFT 100 W 2 ohm load



THD vs frequency 1 W output in 8 ohm load

poměrně vysoké závěrné napětí, ale hranice SOA je posazena relativně nízko (pro UCE 100 V to je pouze 0,4 A, pro 50 V jsou to ale již 3 A). Emitorové odpory výkonových tranzistorů jsou složeny z metalových 1% odporů 0,6 W, které jsou přesnější a levnější než drátové. Veškeré ochrany jsou situovány mimo desku výkonového zesilovače. Pro monitorování výstupního proudu jsou určeny vývody POS-SENSE a NEG-SENSE. Na výstupu zesilovače je zapojen klasický filtr se vzduchovou tlumivkou, tvořenou 12 závity drátu o průměru 1,4 mm, navinutou na trnu o průměru 15 mm.

Stavba

Zesilovač je konstrukčně řešen pro montáž koncových tranzistorů na chladicí profil ZH1929. Tranzistory jsou namontovány přes izolační podložky na zadní stěnu chladiče. Deska s plošnými spoji je navíc přišroubována čtyřmi distančními sloupky k chladiči. Při montáži nejprve osadíme všechny součástky s výjimkou tranzistorů, které se budou montovat na chladič. Ty pouze vložíme s ohnutými vývody do desky, ale nepájíme. Desku přišroubujeme na chladič pomocí distančních sloupků, tranzistory také přišroubujeme a te prve pak zapájíme.

Závěr

Popsaný zesilovač má díky použitému hybridnímu budiči a kvalitním koncovým tranzistorům excelentní parametry. V příloze jako doklad uvádíme některé naměřené parametry, udávané výrobcem pro tento zesilovač.

S popsaným modulem SSD1200 připravujeme další konstrukce výkonových zesilovačů, zejména směrem k vyšším výkonům.

Hybridní modul budiče výkonového zesilovače SSD1200

Hlavní přednosti:

vynikající vlastnosti:
THD + N pouze 0,004 % (100 W/ 4 ohmy)
malé rozměry (51 x 31 mm)
jednoduché použití
nízký klidový proud
pro výstupní výkony 50 W až 1 kW

Použití:

Hybridní modul SSD1200 je ideálním konstrukčním prvkem pro realizaci jakostních výkonových zesilovačů pro:
živé koncerty (PA)
studiové monitory
divadla, kluby, diskotéky
domácí kino

Patentovaná topologie přináší výrazné zlepšení zejména díky lokální korekci zkreslení na každém stupni zesilovače. Protože je samostatně korigováno i zkreslení výkonového (proudového) zesilovače, může být koncový stupeň provozován s velmi malým klidovým proudem (blízko třídy B), aniž by docházelo k přechodovému zkreslení. To se projevuje vyšší účinností koncového stupně.

V následujících tabulkách jsou uvedeny mezní, doporučené a charakteristické vlastnosti obvodu SSD1200.

mezní hodnoty obvodu SSD1200			
parametr	symbol	hodnota	jednotka
Maximální napájecí napětí	$V_{cc\ max}$	±90	V
maximální výkonová ztráta modulu	$P_{d\ max}$	3	W
pracovní teplota substrátu	T_{max}	80	°C

doporučené provozní podmínky				
parametr	symbol	podmínky	hodnota	jednotka
doporučené napájecí napětí	Vcc		±50 až ±90	V
zatěžovací impedance	R_L	podle počtu výkon. tranzistorů	1 až 8	Ohm

charakteristické vlastnosti				
parametr	symbol	podmínky	typ. hodnota	jednotky
klidový proud	I_{CC0}	Vcc = ±70 V	23	mA
výstup. výkon při Vs ±55 V	Po	THD <0,1 %, f=20Hz až 20kHz, RL=4 ohmy	250	W
zkreslení	THD	Po=100W, f=1 kHz, RL=8 ohmů	<0,005	%
zkreslení	THD	Po=100W, f=1 kHz, RL=4 ohmy	<0,004	%
zkreslení	THD	Po=100W, f=1 kHz, RL=2 ohmy	<0,005	%
kmitočtový rozsah		20 Hz až 20 kHz, Po 1 W	+0/-0,2	dB
tlumení	D	Vs = ±55 V	>1000	

Všechny udané hodnoty se vztahují k zesilovači, popsanému v tomto článku

Přehled dodávaných dílů pro Hi-Fi zesilovač 250 W		
SSD1200	hybridní modul budiče konc. zesilovače	1190,-
A640-DPS	deska s plošnými spoji, dvoustranná vrtaná, cín, nepájivá maska, potisk	590,-
2SA1943-O 2SC5200-O	koncové tranzistory 150W/15A/230V/30MHz	79,- 79,-
2SA1360 2SC3423	budicí tranzistory 5W/0,05A/150V/200MHz	12,- 12,-
A640-AL240MM/B	Al chladič 240x216x40mm, černěný, vrtaný	790,-
kompletní osazený a oživený modul zesilovače včetně chladiče 240 mm		
A99640-MOD		3290,-

OBJEDNÁVKY STAVEBNIC - ČR

Konstrukce uveřejněné v časopise Stavebnice a konstrukce a některé konstrukce z Amatérského radia (viz seznam) jsou dodávány též jako stavebnice. Každá stavebnice obsahuje všechny díly podle seznamu součástek (pokud není výslovně uvedeno jinak), podrobný stavební návod, vrtanou pocínovanou desku s plošnými spoji včetně nepájivé masky. Desky s plošnými spoji je možno objednat i samostatně podle ceníku.

Stavebnice a desky s plošnými spoji můžete objednat písemně na adrese redakce: Amatérské radio, Na Beránce 2, 160 00 Praha 6 faxem na novém čísle: (02) 22 81 22 24, telefonicky na čísle: 0732 777 003 pouze v pondělí a čtvrtek od 10 do 13 hod., e-mailem: jm@jmtronic.cz V případě zaslání na dobírku se k ceně připočítává poštovné a balné 80,- Kč.

obj.	číslo	název stavebnice	otištěno	cena St./cena DPS
A97001		Spínač osvětlení pro automobil	PE 6/97	141,-/43,-
A97002		Automatické "loudnes"	PE 6/97	972,-/192,-
A97004		Sinusový generátor na baterie	PE 6/97	762,-/192,-
A97005		Jednoduchý autoalarm	PE 6/97	344,-/88,-
A97008		Miliohmetr k DMM	SaK1/97	225,-/58,-
A97009		Detektor vlhkosti půdy	SaK1/97	490,-/105,-
A97010		Teplotní senzor s LM35	SaK1/97	568,-/48,-
A97011		Universální časový spínač	SaK1/97	599,-/115,-
A97014		Měřič fázového. posuvu stereosignálu	SaK1/97	665,-/146,-
A97015		Korektor RIAA s HA12007	AR 9/97	560,-/82,-
A97016		Elektronické uspávátko	AR 9/97	325,-/92,-
A97018		Plašič krtků	SaK 2/97	575,-/75,-
A97022		Autozesilovač 2x 12 W	SaK 2/97	575,-/119,-
A97023		Teploměr pro DMM	SaK 2/97	435,-/19,-
A97024		Měřič impedance reproduktorů	SaK 2/97	1185,-/199,-
A97025		Aktivní filtr pro subwoofer	SaK 2/97	550,-/109,-
A97027		MC1202-vstup. modul mix. pultu	SaK 2/97	299,-/83,-
A97028		MC1202-výst. modul mix. pultu	SaK 2/97	280,-/58,-
A97029		MC1202-efekt. mod. mix. pultu	SaK 2/97	225,-/58,-
A97030		MC1202-stereo LED VU metr	SaK 2/97	465,-/99,-
A97031		MC1202-napájecí zdroj	SaK 2/97	780,-/93,-
A98036		Aktivní DI BOX	SaK 1/98	340,-/150,-
A98037		Zesilovač pro sluchátka s dig. ovl.	SaK 1/98	960,-/440,-
A98039		Kytarový harmonizér	SaK 1/98	580,-/150,-
A98040		Spínaný zesilovač	SaK 1/98	630,-/150,-
A98041		Regulátor otáček pro vrtačku	SaK 1/98	330,-/76,-
A98042		Elektronická pojistka	SaK1 /98	139,-/55,-
A98043		Tester tranzistorů	SaK 1/98	135,-/55,-
A98044		Regulátor otáček DC motorku	SaK 2/98	215,-/44,-
A98045		Odpojovač zátěže pro 12 V aku	AR 2/98	---/82,-
A98046		Automatický stmívač pro hal. žár.	SaK 2/98	242,-/87,-
A98048		Tester tranzistorů JFET	SaK 2/98	199,-/65,-
A98049		Zesilovač pro multimédia	SaK 2/98	890,-/150,-
A98050		Disko blikátko	SaK 2/98	399,-/60,-
A98051		Elektronický metronom	SaK 2/98	370,-/120,-
A98053		Hlídač přetečení pračky	SaK 2/98	1399,-/199,-
A98054		Videopřepínač s MAX455	SaK 2/98	2090,-/340,-
A98055		Domácí alarm	SaK 2/98	640,-/199,-
A98056		Běžící šipka	SaK 2/98	420,-/230,-
A98057		Mini IR detektor	SaK 2/98	220,-/29,-
A98058		Zdvojovač napětí s TDA2004	SaK 3/98	799,-/59,-
A98059		Měřicí A-filtr	SaK 3/98	180,-/30,-
A98060		Tester napětí 12 V pro motoristy	SaK 3/98	380,-/29,-
A98061		Miniaturní dveřní alarm	SaK 3/98	490,-/155,-
A98062		Automatický mikrofonní směšovač	SaK 3/98	429,-/165,-
A98063		Rychlonabíječka na 12 V pro mod.	SaK 3/98	559,-/54,-
A98064		Parkovací ultrazvukový dálkoměr	SaK 3/98	1299,-/99,-
A98065		MPR II/III tester	SaK 3/98	659,-/99,-
A98069		Plašič myší	SaK 4/98	135,-/29,-
A98070		Detektor "štěnic"	SaK 4/98	159,-/40,-
A98071		VKV přijímač s TDA7000	SaK 4/98	395,-/66,-
A98072		Vybíječ NiCd aku čtyřnásobný	SaK 4/98	380,-/79,-
A98073		Vybíječ NiCd aku jednoduchý	SaK 4/98	96,-/18,-
A98074		Bouřkoměr	SaK 4/98	545,-/199,-
A98075		Lékařský časoměr	SaK 4/98	340,-/160,-
A98076		Jednoduchý imobilizér	SaK 4/98	220,-/48,-
A98077		Panoramatický regulátor	SaK 4/98	230,-/48,-
A98078		Universální teplotní hlídač	SaK 4/98	105,-/18,-
A98079		Hlídač olověných akumulátorů	SaK 4/98	690,-/50,-
A98080		Třístavový zkratoměr	SaK 4/98	105,-/35,-
A98081		Generátor testovacího signálu	SaK 5/98	149,-/38,-
A98082		IR detektor přiblížení	SaK 5/98	156,-/35,-
A98083		Jednoduchá IR závora - vysílač	SaK 5/98	198,-/46,-
A98084		Jednoduchá IR závora - přijímač	SaK 5/98	270,-/64,-
A98085		Malý DC-DC měnič	SaK 5/98	220,-/50,-
A98086		Presens filtr	SaK 5/98	160,-/39,-
A98087		Měřič fáze 3-fázového napětí	SaK 5/98	229,-/76,-
A98088		Elektronický stetoskop	SaK 5/98	255,-/56,-
A98089		Symetrický mikrofonní předzesilovač	SaK 5/98	275,-/35,-
A98090		Zdroj záporného napětí z kladného	SaK 5/98	108,-/28,-
A98093		Stereo LED VU metr - rovný	AR 11/98	599,-/ 188,-
A98094		Stereo LED VU metr - oblouk	AR 11/98	599,-/ 188,-
A98095		HUSH - stereo omezovač šumu	AR 11/98	1190,-/ 299,-
A98096		Měnič napětí z 12 v na 230 V	SaK 6/98	1499,-/450,-
A98097		Regulátor otáček s U210B	SaK 6/98	599,-/155,-
A98098		Tepelná pojistka	SaK 6/98	148,-/26,-
A98099		Signalizace vybití akumulátoru	SaK 6/98	--- / 25,-
A98100		Autozesilovač 2 x 40 W	SaK 6/98	649,-/80,-
A98101		Luxmetr k multimetru	SaK 6/98	799,-/90,-
A98102		LED otáčkoměr pro malý motocykl	SaK 6/98	725,-/140,-
A98103		Zkratoměr s LED indikací	SaK 6/98	340,-/43,-
A98104		Jednokanálový spínač pro modeláře	SaK 6/98	177,-/37,-
A98105		Hlídač vlhkosti půdy pro pok. květiny	SaK 6/98	196,-/58,-
A98106		Podpěťová ochrana třífázové sítě	AR 12/98	555,-/138,-
A98107		Malý světelný pult	AR 12/98	760,-/235,-
A98108		Výkonový stmívač 4x 1 kW	AR 1/99	2990,-/360,-
A98109		High End mikrofonní předzesilovač	AR 12/98	2890,-/ 690,-
A99114		Tester sběrnice I2C	AR 1/99	270,-/53,-
A99120		Booster pro digitální železnici	SaK 2/99	---/ 175,-
A99121		Universální korekční zesilovač	SaK 2/99	89,-/28,-
A99122		Rozbočovač pro video	SaK 2/99	165,-/20,-
A99123		"Prodlužovák" pro IR ovl. - přijímač	SaK 2/99	360,-/32,-
A99124		"Prodlužovák" pro IR ovl. - vysílač	SaK 2/99	150,-/15,-
A99125		Měnič napětí z +12 V na -5 V	SaK 2/99	---/75,-
A99126		Nabíječka akumulátorů s U2400	SaK 2/99	390,-/54,-
A99127		Kempinkový měnič napětí 12 V-230 V / 40 W	SaK 2/99	320,-/45,-
A99128		Zdroj 50 Hz pro kempinkový měnič napětí	SaK 2/99	140,-/20,-
A99129		Měnič z 12 V pro zářivku	SaK 2/99	---/ 56,-
A99137		Automatika pro zadní stěrač	SaK 2/99	155,-/29,-
A99138		Výkonový měnič s TL497	SaK 2/99	470,-/80,-
A99141		Emulační adaptér pro 51	AR 3/99	890,-/36,-
A99144		Elektronické přednostní relé	AR 3/99	---/ 99,-
A99151		Redukce pro AT89Cx051	AR 4/99	150,-/36,-
A99152		Doplňková signalizace	AR 4/99	---/49,-
A99160		Stereofonní předzesilovač	SaK 3/99	540,-/50,-
A99161		Detektor síťového vedení	SaK 3/99	120,-/25,-
A99162		Špičkový indikátor pro reproboxy	SaK 3/99	99,-/20,-
A99163		Elektronický postřeh pro osm hráčů	SaK 3/99	199,-/69,-
A99164		Tester baterií	SaK 3/99	150,-/35,-
A99165		Koncový zesilovač s BDV64/68	SaK 3/99	450,-/69,-
A99166		Zdroj pro koncový zesilovač A99165	SaK 3/99	980,-/89,-
A99167		Obvod pro obousměrnou komunikaci	SaK 3/99	149,-/26,-
A99168		Charakterograf tranzistorů pro osciloskop	SaK 3/99	930,-/180,-
A99169		Nízkošumový předzesilovač	SaK 3/99	99,-/10,-
A99170		Elektronický gong	SaK 3/99	420,-/25,-
A99171		Elektronická zátěž	SaK 3/99	499,-/96,-
A99172		Páječka s jednoduchým zdrojem	AR 7/99	3390,-/675,-
A99173		Displej k páječce A99172	AR 7/99	--- /30,-
A99175		Experimentální deska do PC	AR 9/99	---/360,-
A99176		Stmívač pro 12 V zátěž	AR 6/99	---/39,-
A99177		Zesilovač pro Dolby Surround	AR 6/99	3290,-/170,-
A99178		Nabíječka olověných akumulátorů	AR 7/99	250,-/ 35,-
A99180		Universální napájecí zdroj	SaK 4/99	---/70,-
A99181		Dva telefony na jedné lince	SaK 4/99	---/20,-
A99182		Modulový čtyřmístný čítač	SaK 4/99	---/140,-
A99183		RS232 optoizolátor	AR 8/99	1190,-/230,-
A99184		IR závora - vysílač	AR 8/99	--- /20,-
A99185		IR závora - přijímač	AR 8/99	---/30,-
A99191		Spínač světel pro modelovou železnici	AR 7/99	---/79,-
A99193		Jednoduchý generátor pulsů	SaK 4/99	---/105,-
A99194		Tranzistorový invertor napětí	SaK 4/99	---/35,-
A99195		Horní propust pátého řádu	SaK 4/99	---/65,-
A99196		Napájecí zdroj se snímáním napětí	SaK 4/99	---/49,-
A99197		Teplotní normál	SaK 4/99	---/45,-
A99198		Hold adaptér pro klasický voltmetr	SaK 4/99	---/72,-
A99199		Převodník absolutní hodnoty s indikací polarity	SaK 4/99	---/39,-
A99200		Jednoduchý přeladitelný oscilátor	SaK 4/99	---/46,-
A99201		Precisní usměrňovač	SaK 4/99	---/39,-
A99202		Impulsní generátor s nastavitelnou střídou	SaK 4/99	---/109,-

A99203	Regulátor DC motorků do 10 A	AR 8/99	---/140,-
A99204	Korekční předzesilovač RIAA s SSM2017	AR 8/99	990,-/200,-
A99205	Mikrofonní předzesilovač s SSM2017 I.	AR 8/99	490,-/45,-
A99206	Mikrofonní předzesilovač s SSM2017 II.	AR 8/99	560,-/80,-
A99207	Časové relé	AR 8/99	--- /115,-
A99208	Bezdrátový mikrofon	AR 8/99	---/25,-
A99209	Bezdrátový mikrofon s předzesilovačem	AR 8/99	---/25,-
A99214	Subsonický indikátor	SaK 5/99	---/40,-
A99216	Elektronická 3-pásmová výhybka	SaK 5/99	---/149,-
A99217	Běžící světlo	SaK 5/99	---/125,-
A99218	Kmitočtový normál 19 kHz	SaK 5/99	---/52,-
A99219	Jednoduchý zdroj 10 A	SaK 5/99	---/140,-
A99220	Zesilovač pro PIR čidlo	SaK 5/99	---/99,-
A99221	Generátor tónových bloků	SaK 5/99	---/85,-
A99222	Hlídač napětí akumulátoru	SaK 5/99	---/20,-
A99223	Tester krystalů	SaK 5/99	---/29,-
A99224	Šumový generátor	SaK 5/99	---/40,-
A99225	Čidlo vlhkosti	SaK 5/99	---/30,-
A99226	Tester OZ	SaK 5/99	---/129,-
A99227	Siréna s tranzistorem MOS	SaK 5/99	---/35,-
A99228	Zdvojovač napětí	SaK 5/99	---/30,-
A99229	Jednoduchý detektor kovů	SaK 5/99	---/80,-
A99230	Wah-Wah box pro kytaru	SaK 5/99	---/114,-
A99234	Universální deska s EPP rozhraním	AR 10/99	350,-/79,-
A99236	Indikátor výšky hladiny	SaK 6/99	175,-/25,-
A99237	Automat. spínač konc. zesilovače	SaK 6/99	250,-/60,-
A99238	PWM regulátor 12V/2A	SaK 6/99	185,-/25,-
A99240	Ultrazvukový spínač-vysílač	SaK 6/99	110,-/20,-
A99241	Ultrazvukový spínač-přijímač	SaK 6/99	230,-/40,-
A99242	Generátor minutových pulsů	SaK 6/99	140,-/40,-
A99243	Předzesilovač s malým zkreslením	SaK 6/99	490,-/80,-
A99244	Jednoduchý optický spínač	SaK 6/99	220,-/30,-
A99245	Spínač nouzového osvětlení	SaK 6/99	550,-/80,-
A99246	Detektor síťového vedení	SaK 6/99	120,-/20,-
A99247	Napěťový regulátor I	SaK 6/99	270,-/50,-
A99248	Napěťový regulátor II	SaK 6/99	190,-/20,-
A99250	Spínač s magnetickým kontaktem	SaK 6/99	195,-/35,-
A99253	Redukce pro 2051 - II	AR 11/99	190,-/36,-
A99256	Párovač tranzistorů	AR 11/99	490,-/90,-
A99257	Programátor GAL	AR 11/99	1290,-/300,-
A99261	Páječka II - deska indikace	AR 1/00	390,-/80,-
A99262	Páječka II - deka regulace	AR 1/00	690,-/100,-
A99263	Studiový VU metr	AR 1/00	840,-/250,-
A99264	Zdroj pro studiový VU metr	AR 1/00	490,-/100,-
A99273	Automatika pro záznam tel. hovorů	AR 1/00	440,-/60,-
A99274	Prodlužovák pro IR dálkové ovl.	AR 1/00	370,-/80,-
A99277	Tester triaků		445,-/ 95,-
A99278	Autozesilovač ve třídě H	AR 2/00	699,-/69,-
A99279	Monitor akumulátorů s SAA1501T	AR 2/00	449,-/39,-
A99280	Tester kabelů XLR a JACK	AR 2/00	239,-/89,-
A99281	Symetrický napájecí zdroj ±15 až ±18 V	AR 2/00	990,-/290,-
A99282	Indikátor vybuzení	AR 2/00	139,-/39,-
A99283	Miniaturní HUSH omezovač šumu	AR 2/00	790,-/69,-
A99288	Koncový zesilovač 2x 100 W	AR 4/00	490,-/ 229,-
A99300	Obvod pro řízení stereofonní báze	SaK 3/00	195,-/69,-
A99301	VU a PPM metr pro nf zařízení	SaK 3/00	195,-/49,-
A99302	Můstkový adaptér pro zesilovače	SaK 3/00	89,-/29,-
A99303	Předzesilovač do automobilu	SaK 3/00	295,-/65,-
A99304	Pružinový hal pro kytarová komba	SaK 3/00	289,-/59,-
A99305	Controler pro subwoofer	AR 5/00	269,-/79,-
A99306	Dvojitý regulovatelný zdroj pro začátečníky	SaK 3/00	558,-/115,-
A99307	Indikátor limitace pro výkonový zesilovač	SaK 3/00	129,-/29,-
A99308	Symetrický zdroj z nesymetrického	AR 5/00	---/25,-
A99310	Napájecí zdroj pro mixážní pult MCS 12/2	AR 6/00	---/200,-
A99311	MXR zkreslovač	SaK 4/00	---/89,-
A99312	Super tone control	SaK 4/00	---/85,-
A99313	Speaker simulátor	SaK 4/00	---/75,-
A99314	Rocket fuzz	SaK 4/00	---/70,-
A99315	Zesilovač pro sluchátka ve třídě A	SaK 4/00	---/99,-
A99316	Valve distortion fuzz	SaK 4/00	---/50,-
A99318	Jednoduchý měřič výkonu	SaK 4/00	230,-/29,-
A99319	Hyper fuzz	SaK 4/00	---/90,-
A99320	Aktivní kytarový rozbočovač	SaK 4/00	---/119,-
A99322	Funkční generátor s operačním zesilovačem	SaK 4/00	---/45,-
A99323	Přípravek pro měření indukčností	SaK 4/00	169,-/60,-
A99324	Jednoduchý RIAA korekční předzesilovač	SaK 4/00	295,-/ 65,-
A99325	Indikátor úrovně s akustickým výstupem	SaK 4/00	---/24,-
A99327	Kompaktní zesilovač	AR 7/00	--- /105,-
A99328	Korektor pro subwoofer	AR 7/00	350,-/ 119,-
A99329	Komunikátor IR - vysílač	AR 7/00	---/60,-
A99330	Komunikátor IR - přijímač	AR 7/00	---/60,-
A99331	Optický oddělovač pro RS232	AR 7/00	---/80,-
A99350	Studiový RIAA předzesilovač	AR 8/00	980,-/265,-
A99361	Rámová anténa pro komunikační přijímač	SaK 5/00	99,-/24,-
A99362	Miliohmetr k multimetru	SaK 5/00	--- /139,-
A99363	Síťový blikač	SaK 5/00	---/93,-
A99364	Symetrický napájecí zdroj	SaK 5/00	1195,-/298,-
A99365	Akustický spínač	SaK 5/00	590,-/139,-
A99366	Převodník úrovní pro NF zařízení	SaK 5/00	---/79,-
A99367	Symetrický mikrofonní předzesilovač	SaK 5/00	---/34,-
A99368	Symetrický vysílač s SSM I. s konektory	AR 9/00	---/38,-
A99369	Symetrický vysílač s SSM II. bez konektorů	AR 9/00	--- /25,-
A99370	Symetrický přijímač I. s konektory	AR 9/00	---/65,-
A99371	Symetrický přijímač II. bez konektorů	AR 9/00	---/53,-
A99373	Hladinový spínač	AR 9/00	---/42,-
A99374	Logická sonda	AR 9/00	---/50,-
A99375	Regulátor malých stejnosměrných motorků	AR 9/00	---/54,-
A99376	Ultrazvukový detektor pohybu	AR 9/00	---/89,-
A99377	Akustický spínač I.	AR 9/00	---/39,-
A99378	Nízkofrekvenční milivoltmetr	AR 9/00	---/47,-
A99379	Sym.mikrofon.předzes.s komplement.tranz.y	AR 9/00	---/79,-
A99385	Zdroj konstantního proudu 1A	AR 10/00	285,-/65,-
A99386	Blikač s LED pro napájení 1,5V	AR 10/00	89,-/25,-
A99401	Opakovač pro IR přenosovou linku	SaK 6/00	---/35,-
A99407	Snímač výšky hladiny kapalin	SaK 6/00	---/69,-
A99409	Zesilovač 2x30W - Elektronika ovládání	AR 11/00	1250,-/260,-
A99410	Zesilovač 2x30W - elektronika VU metru	AR 11/00	450,-/60,-
A99415	Vst. symetrické obv. Low End zesilovače 1kW	AR 12/00	---/150,-
A99416	Metronom	SaK 1/01	129,-/39,-
A99417	Generátor růžového šumu	SaK 1/01	179,-/49,-
A99418	Hi-Fi předzesilovač z diskrétních součástek	SaK 1/01	149,-/39,-
A99419	VU a PPM metr s ručkovým měřícím přístrojem	SaK 1/01	129,-/39,-
A99420	Špičkový limiter	SaK 1/01	169,-/79,-
A99421	Mikrofonní předzesilovač I.	SaK 1/01	219,-/69,-
A99422	Mikrofonní předzesilovač II.	SaK 1/01	259,-/89,-
A99423	Power mix AX 662 - koncový zesilovač 300W	SaK 1/01	---/730,-
A99424	Monitor limitace zesilovače	SaK 1/01	189,-/69,-
A99456	Solární zahradní svítilna	AR 1/01	170,-/30,-
A99457	Předzesilovač pro elektrickou kytaru	AR 1/01	347,-/105,-
A99460	Tester polarity	Sak 2/01	35,-/14,-
A99461	Jednoduchý regulátor PWM pro malé motorky	SaK 2/01	107,-/24,-
A99462	Optická indikace zvonění telefonu	SaK 2/01	215,-/40,-
A99464	Kytarový efekt MUFF BOOST	SaK 2/01	192,-/42,-
A99465	Bingo na TV	SaK 2/01	--N--/95,-
A99466	Kytarový efekt FUZZ FACE	SaK 2/01	230,-/46,-
A99467	Simulátor elektronkového zvuku	SaK 2/01	198,-/74,-
A99468	kytarový efekt SHAKA 5	SaK 2/01	499,-/125,-
A99469	PC teploměr	SaK 2/01	495,-/43,-
A99470	PC teploměr - vnější část	SaK 2/01	225,-/8,-
A99471	Převodník úrovní se symetrickým výstupem	SaK 2/01	320,-/110,-
A99472	Parkovací dálkoměr s indikací vzdálenosti	SaK 2/01	740,-/125,-
A99501	Kompresor /limeter ACL202 -vstupy/výstupy	AR 4/01	1360,-/489,-
	oživený modul A9501 MOD		1890,-
A99502	K/I ACL202 -VU metr	AR 4/01	298,-/60,-
	oživený modul A9502 MOD		398,-
A99503	K/I ACL202 -indikátor komprese	AR 4/01	198,-/50,-
	oživený modul A9503 MOD		298,-
A99504	K/I ACL202 -hlavní deska	AR 4/01	3640,-/749,-
	oživený modul A9504 MOD		4980,-
A99505	Modem pro Packet radio IVCOM 3	AR 4/01	550,-/79,-
	oživený modul A9505 MOD		750,-
	naprogramovaný procesor PIC16C621P-A505		350,-
A99506	Obvod pro řízení stejnosměrných motorků	AR 4/01	1490,-/370,-
	oživený modul A9506 MOD		1980,-
	naprogramovaný procesor AT89C2051-A506		260,-
A99507	Indikátor vlhkosti půdy	SaK 3/01	398,-/118,-
	oživený modul A9507 MOD		590,-
A99508	Programovatelný impulsní generátor	SaK 3/01	465,-/165,-
	oživený modul A9508 MOD		689,-
A99509	Koncový zesilovač 130W s tranzi. MOSFET	SaK 3/01	1985,-/279
	oživený modul A9509 MOD		2790,-
A99510	Optoizolátor pro nf. zařízení	SaK 3/01	675,-/139,-
	oživený modul A9510 MOD		980,-
A99511	Barevná hudba	Sak 3/01	860,-/295,-
	oživený modul A9511 MOD		1190,-
A99512	Měřící oddělovač s optočlenem	SaK 3/01	860,-/149,-
	oživený modul A95112 MOD		1190,-
A99516	Převodník I2C - sériový port	AR 6/01	338,-/78,-
A99517	Světelný spínač	AR 6/01	259,-/99,-
A99525	Tester diod a LED	AR 6/01	70,-/25,-
A99530	Obvod pro řízení krokových motorků	SaK 4/01	650,-/120,-
A99531	Stmívač s obvodem PIC16F873	SaK 4/01	780,-/69,-
A99532	Mikroprocesrový blikač s LED	SaK 4/01	610,-/110,-
A99533	Ultrazvukový dálkoměr	SaK 4/01	970,-/170,-
A99536	Digitální volba s rotačním kodérem	SaK 4/01	294,-/94,-
A99554	Koncový zesilovač 2x 70 W s TDA7294	AR 8/01	893,-/93,-
A99558	Fotosenzor s LED	SaK 5/01	88,-/20,-
A99559	Řečový filtr	SaK 5/01	280,-/49,-
A99570	Zdroj symetrického napájecího napětí	SaK 5/01	195,-/48,-
A99571	Indikátor impulsů	SaK 5/01	44,-/14,-
A99572	MPA4 vstup/výstup	AR 10/01	1190,-/549,-
	oživený modul A9572 MOD		1390,-
A99573	MPA4 mikrofonní předzesilovač	AR 10/01	3980,-/630,-
	oživený modul A9573 MOD		4590,-
A99574	MPA4 napájecí zdroj	AR 10/01	590,-/180,-
	oživený modul A9574 MOD		690,-
A99575	MPA4 vu-metr	AR 11/01	1050,-/370,-
	oživený modul A9575 MOD		1290,-
A99578	Jakostní symetrický vstupní zesilovač	AR 9/01	122,-/46,-
A99580	Pasivní vstupní obvod zesilovače	AR 10/01	168,-/79,-
A99581	Vstup s limiterem	AR 10/01	985,-/239,-
	oživený modul A9581 MOD		1290,-
A99582	Limiter s VTL 5C3	AR 10/01	985,-/149,-
	oživený modul A9582 MOD		1290,-
A99583	Koncový zesilovač PAF-1150	SaK 6/01	-----/210,-
A99584	Napájecí zdroj s regulací proudu a napětí	SaK 6/01	540,-/108,-
A99585	Mikrofonní vstup s automatickým řízením	SaK 6/01	186,-/58,-
A99586	Předzesilovač pro kondenzátorový mikrofon	SaK 6/01	88,-/26,-
A99587	Teplotní snímač pro ventilátor	SaK 6/01	86,-/16,-
A99588	Kalibrátor kmitočtu 100 kHz	SaK 6/01	94,-/18,-
A99593		AR 11/01	
	DEP 16M-KIT		2190,-
	DEP 16M-MOD		2490,-
	DPS		195,-
A99594	Stmívač s BD140	AR 11/01	84,-/29,-
A99595	Stmívač s BD677	AR 11/01	94,-/29,-