

# Stereofónny koncový zosilňovač TransiAmp 2120PA

**Publikované: 05.08.2010, Kategória: Audio technika**

**www.svetelektro.com**

Na tejto stránke je už uverejnená monofónna verzia tohto zosilňovača rovnako, ako autor to uviedol v PE. V tomto prípade ide o stereofónny zosilňovač na jednej DPS spolu so zdrojom a s linkovým vstupom pre použitie pri ozvučovaní alebo, ako zosilňovač pre PC alebo iné zdroj NF signálu. Výkon tohto zosilňovača je obmedzený napájacím napätím a samozrejme chladením. V tomto prípade je dimenzovaný na 2x120W, ale bez problémov je možné ťažiť až 2x300W. Pre toto osadenie jedného kanálu štvoricou tranzistorov ThermalTrak je doporučený výkon 200W pre profesionálne použitie. Je tu veľká rezerva výkonu, ktorá je základom spoľahlivosti, ale je na staviteľovi, ako naloží s výkonom a bude si trúfať zosilňovač „trápiť“. Presné parametre tohto koncového stupňa by mali byť kompletne uvedené v predošlom článku, kde je opísaná monofónna verzia zosilňovača.

## Popis zapojenia a stavba

Zapojenie zosilňovača je na obrázku 9. Je veľmi jednoduché, súčiastky pomerne lacné, dajú sa zohnať v GM elektronike alebo SOS elektronike a stavba jednoduchá pri primeranej pozornosti pri osádzaní súčiastok. Obe polovice zosilňovača sú rovnaké rovnako, ako aj predzosilňovač. V zapojení koncovej časti je známe zapojenie podľa p. prof. Leacha, ktoré bolo už uverejnené na tejto stránke a aj na stránkach PE. Je bezproblémové a parametre má výborné. Je osadený modernými tranzistormi ThermalTrak, ktoré obsahujú aj snímaciu diódu teploty čipu, sú rýchle a lineárne v širokom rozsahu pracovných prúdov a majú dobrý rozsah dovolenej pracovnej oblasti (SOAR).

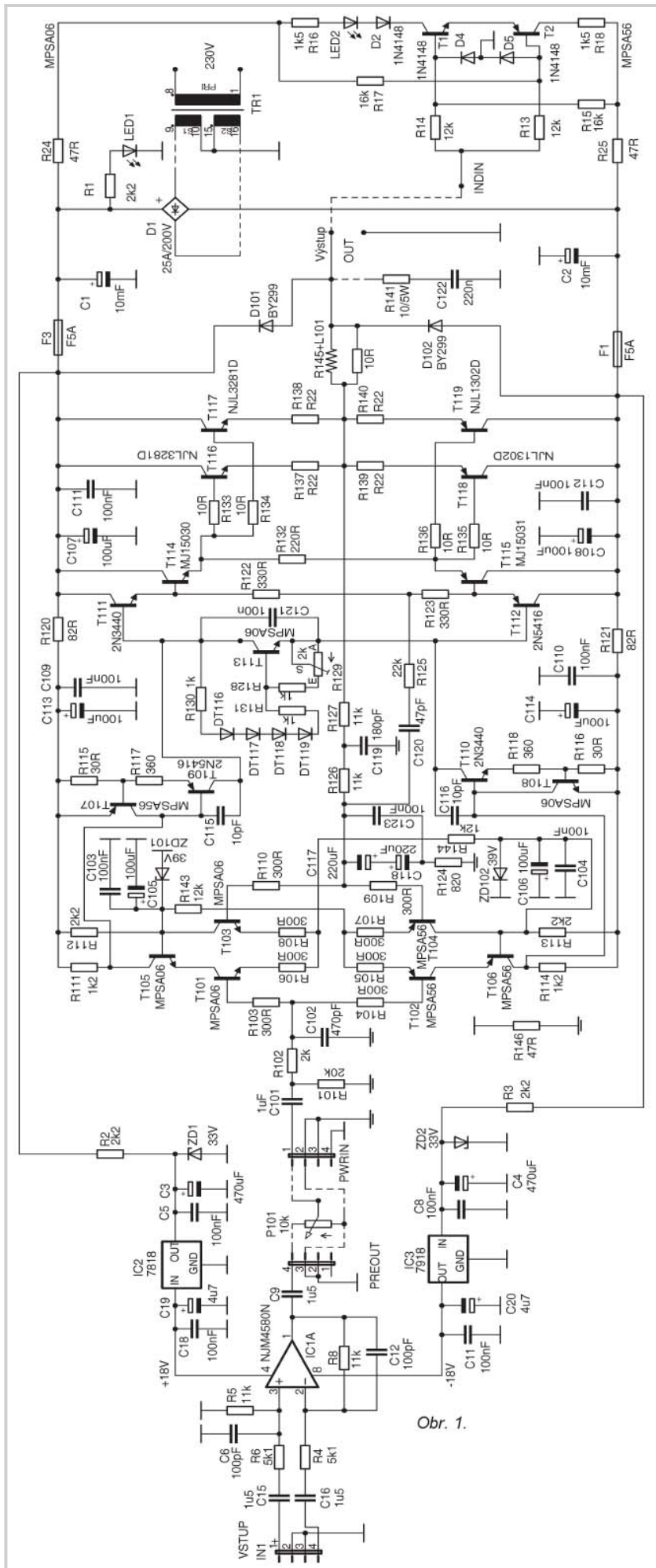
Autor tento zosilňovač doplnil (čo som ja celkom uvítal) veľmi jednoduchým symetrizačným zosilňovačom pre správne prispôbenie k symetrickým výstupom mixážnych pultov. Je realizovaný polovicou dvojitého integrovaného obvodu IC1 (NJM 4580N) a napäťovo zosilňuje, aby bola rezerva pre reguláciu vstupnej úrovne. Menovitá citlivosť zosilňovača je obvyklých 0dB (0,775V symetricky). Každá polovica IO je použitá pre jeden kanál, ale tzv. presluchov sa netreba báť. Za vstupným zosilňovačom nasleduje potenciometer regulácie hlasitosti s malým odporom cca 2,5kΩ, je teda predpoklad dlhej životnosti a spoľahlivej funkcie potenciometrov.

Z praxe sa totiž opodstatnil poznatok – čím menší odpor dráhy potenciometra, tým dlhšia je jeho životnosť. Najmenej vydržia, resp. spoľahlivé sú potenciometre s veľkým odporom 1MΩ, ich tenká odporová dráha sa opotrebuje skôr. Pre zaujímavosť – u profesionálnych mixážnych pultov je možné sa stretnúť s kmitočtovo kompenzovanými zložitými transformátormi zaradených do obvodov „klik“ – posuvných regulátorov s veľmi malou impedanciou odporovej dráhy a s mnohými odbočkami, ktoré sú vyvedené na odbočky vinutí transformátorov. Posuvný regulátor potom skôr slúži nie, ako odporový delič, ale ako „plynulý prepínač odbočiek“.

Ďalej autor vybavil tento zosilňovač zjednodušeným indikátorom špičiek signálu (prebudenia) s dvomi tranzistormi podľa p. prof. Leacha. Je napájaný cez rezistory R24/ R25 priamo z napájania a natavený tak, že dióda LED sa rozsvieti asi 1dB pred limitáciou signálu. Zdroj napätia +/-18V pre symetrizačný zosilňovač je, čo najviac jednoduchý a nevyžaduje ďalšie vinutia transformátora a oddelený usmerňovač. Pre napájanie prípadného predzosilňovača sú na DPS pripravené body, na ktoré je napätia 18V vyvedené. V tomto zosilňovači sú vynechané obvody limitéra, ktorý je obvykle vstavaný, ako samostatná jednotka do nektového vstupu mixážnych pultov a pre zvuk z PC ho nie je za potreby. Stavba zosilňovača je veľmi jednoduchá.

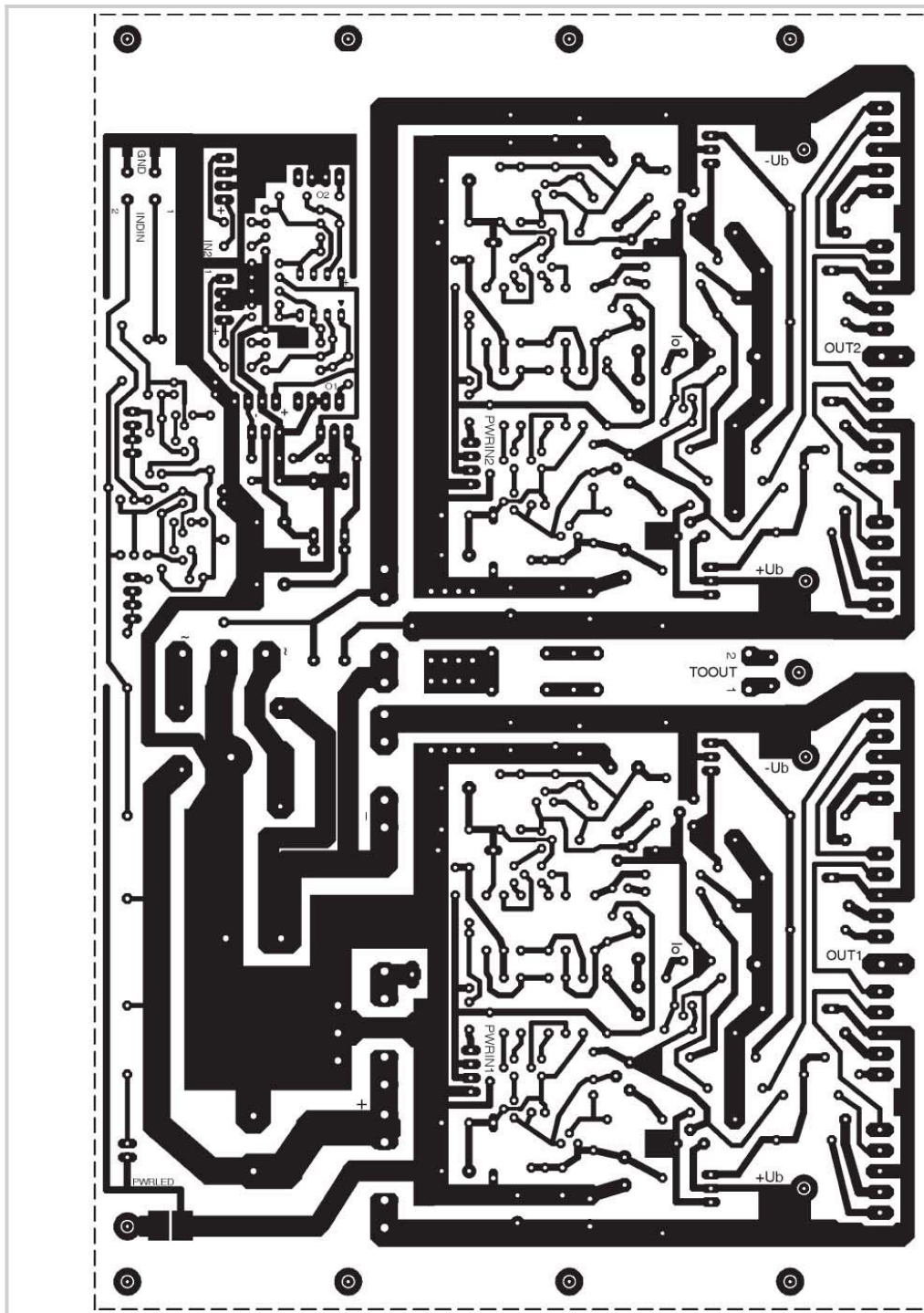
Všetko okrem transformátora, potenciometrov a konektorov je na jednej DPS (obrázok 2) o rozmeroch 238x152mm, čo konštrukciu maximálne uľahčuje. Stačí iba osadiť túto dosku dobre zmeranými súčiastkami, tranzistory opatriť chladičom, pripojiť konektory, potenciometre a transformátor, nastaviť kľudový prúd jedinými trimrami na DPS a je to hotové. Prívody súčiastok umiestnených mimo DPS a prepojenia sú na schéme naznačené čiarkovane.

Súčiastky sú bežne dostupné. Pred osadením vyberte vhodné hodnoty rezistorov vstupnom zosilňovači, preto autor radšej doporučuje hodnoty z rady E24, aby niekoho nezávzdalo použiť súčiastky s toleranciou +/-20%. Potom by mohlo byť potlačenie rušivých signálov nedostatočné, aj keď v linkových vedeniach by to nemuselo byť až také kritické, ako u vedenia mikrofónnych. Rovnako vyberajte rezistory aj pre koncový zosilňovač. Nie je rozhodujúca absolútna hodnota, ale vzájomná zhoda symetrizačných polovic diferenčného zapojenia. Potom na vstupe dostaneme minimálne zostatkové jednosmerné napätia aj bez nutnosti použiť nastavovací trimer alebo DC servo.



Obr. 1.

Na výber stačí základný multimeter. Nezaškodí párovať aj vstupné tranzistory pri kolektorovom prúde asi 1,5mA. Tiež je dobré vybrať vhodné napätia Zenerových diód ZD101 až 202 pri prúde asi 3 až 4mA. IC1 radšej dáme do objímky, aj keď sú vstupy chránené rezistorami, nemusí najmä v muzikantskej praxi prežiť rozdiel potenciálov medzi neuzemnenými prístrojmi. Zosilňovač má symetrický linkový vstup, ako už bolo popísané. Jeho neinvertujúci vstup je označený symbolom „+“ na plošnom spoji u konektorov IN1 a IN2, tu autor v prípade použitia, ako PA zosilňovač zapojil vývod 2 konektora XLR, ktorý sa používa v hudobnej praxi, spolu s konektormi TRS. Vývod 1 konektora XLR je zem, vývod 3 je invertujúci vstup. Pre vstupné konektory sú pripravené štvornásobne spájkovacie body so zdvojenou zemou. Niektoré najlacnejšie mixážne pulty majú však výstup nesymetrický. Autor skúmal napr. mixážny pult Soundking AS602A. Dokonca aj ja mám s ním osobné skúsenosti. Pochádza z Číny a volá sa tak, ako si odberateľ prial. Fajn je to, že už má symetrické vstupy a stojí približne 62,13€. Za túto sumu sa ťažko dá zohnať vôbec, v prípade amatérskej stavby potlač s predným panelom - mixážne pulty sa v rámci amatérskej výroby skutočne neoplatí stavať. V prípade, že skutočne nepotrebujeme symetrický vstup (zosilňovač k PC), nie je potrebné predzosilňovač s IC1 a príslušné stabilizátory napätia pre neho osadzovať a vstupný signál privedieme priamo na potenciometre hlasitosti. Potom je lepšie ich hodnotu zväčšiť na 10kΩ. Je možné použiť aj dvojité potenciometer a regulovať súčasne oba kanály. No po tejto úprave, ale odpadne zosilnenie predzosilňovača, ktorý zosilňuje približne 3-krát, zmenšíme preto odpor rezistora R124 (R224) na 510Ω, tým zväčšíme napätový zisk koncového stupňa pre plné vybudenie, pri vstupnom efektívnom napätí cca 1V. Toto napätie odpovedá menovitému napätiu väčšine mixážnych pultov a nakoniec aj PC. Doporučuje sa však osadiť aj vstupný zosilňovač, Skrátka človek nikdy nevie, kedy sa môže zísť symetrický vstup. V prípade použitia nesymetrického zdroja signálu treba spojiť invertujúci vstup so zemou u použitého asymetrického konektora (CINCH, JACK). Nezabudnite ani na prepojky, ktoré treba na doske osadiť drôtom o hrúbke 0,8 až 1mm, prepojujú zem a napájajú pravý kanál koncového stupňa a záporné napätia IC1. Koncové tranzistory osadte až na koniec, po montáži na chladič a opatrne vytvarujte ich vývody. Nemusia byť ani párované, aj tak NPN a PNP vodivosti majú vždy rozdielne charakteristiky. Presné spárovanie by bolo možné iba v jednom bode v krátkej časti charakteristiky a to veľký význam nemá. Moderné tranzistory ThermalTrak rady NJL sú veľmi lineárne a skreslenia sa vôbec netreba obávať. Veď si stačí pozrieť predošlý článok na tejto stránke.

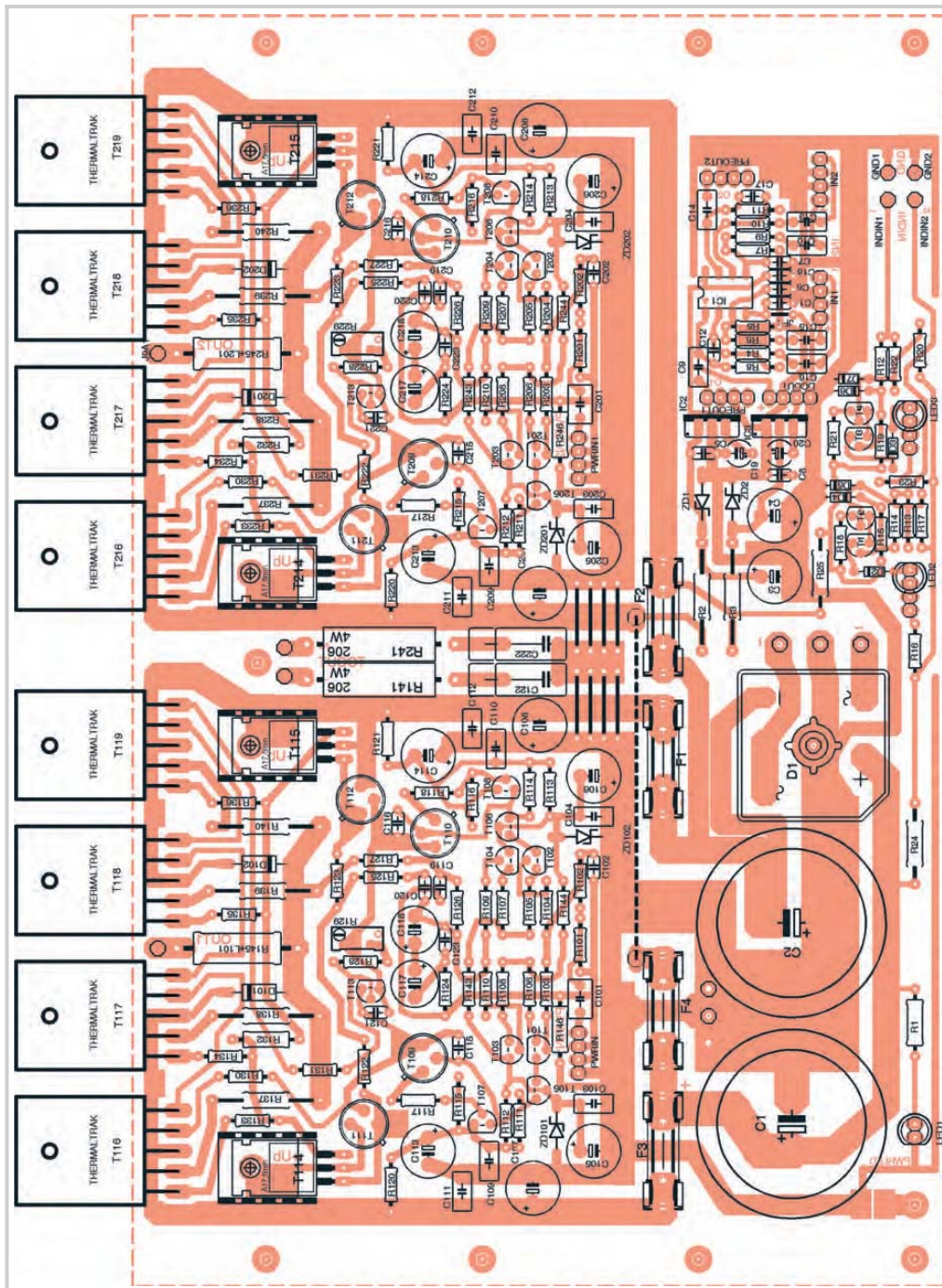


Pokiaľ chcete a máte možnosť, vyberte pri rovnakej teplote tranzistory so zhodným úbytkom napätia na prechode B-E, stačí na to prakticky obyčajný multimeter v režime testovania diód. Pri meraní položte tranzistory chladiacou ploškou na hliníkovú alebo medenú dosku a nechajte ich teplotne vyrovnáť, inak by ste namerali skreslené údaje. Autor dosť často dostáva dotazy ohľadom konektorov a správneho prepojeniu vývodov zosilňovačov. Ako vstupné konektory sa predpokladá použitie konektorov SPEAKON alebo skrutkovacích, či perovacích konektorov, pretože sa jedná o zosilňovač pre ozvučenie ( PA ). S použitím konektorov TRS alebo TS ( JACK ¼ ' ) sa na výstupoch PA zosilňovačov stretávajú výnimočne alebo skôr vôbec, tieto konektory sa výhradne používajú v nástrojových zosilňovačoch. Vývody oboch reproduktorových konektorov SPEAKON označené „1+“ alebo červeno označené reproduktorové svorky sa pripoja vodičom 1,5mm<sup>2</sup> na výstupy výkonových zosilňovačov, t.j. na body OUT1 a OUT2. K týmto živým bodom výstupných konektorov pre reproduktor sa pripojí okrem vlastných výstupov zosilňovača ( body OUT1 a OUT 2 za výstupnou tlmivkou ) i vývod Boucherotových členov C122/ R141 ( C222/ R241 ). Podľa schémy, teda body označené na doske TOOUT1 a TOOUT2 a ďalej výstupy indikátorov špičiek, označené, ako body INDIN1 a INDIN 2. Stačí tento krát aj tenší káblik, ale tienový. Vstupy indikátorov sa doske sú síce oddelené uzemňovacou plochou, ale sú na doske blízko symetrizačného zosilňovača. Zeme výstupných konektorov ( body konektorov SPEAKON „1-“ alebo čierne výstupné svorky ) sa pripoja vodičmi 1,5mm<sup>2</sup> do bodov medzi spoločnými pólmi filtračných kondenzátorov C1 a C2 ( výkonová a silová zem ). Zem potenciometrov hlasitosti sa pripojuje dvojitém tienovým vodičom na zem vývodov predzosilňovača PREOUT1 a PREOUT2 a ďalej na signálovú zem výkonového zosilňovača ( dva prepojené

vývody konektorov PWRIN ). Na silovú zem vstupných konektorov koncového zosilňovača ( ľavý krajný vývod u PWRIN ) sa pripojí iba jeden koniec tienenia tohto kábla. Všetko je pripravené pre 4-r vývodové konektory 2,54mm, napr. tie, ktoré sa používali, ako audio káblík medzi MB a optickou mechanikou. V sieťovej časti nezabudnite na poistku, spínač sieťového transformátora a na BEZPEČNOSŤ.

## Oživenie zosilňovača

Osadená doska sa umiestni do jednoduchkej skrinky, čo už závisí na danom užívateľovi. Môže sa použiť „rack“ krabica výšky U2 alebo nejakú krabicu z hliníkových plechov. Po osadení dosky skontrolujte svoju prácu a upevnite dosku do pripravenej skrinky a namontujte koncové tranzistory ( izolovane ). Treba pracovať hlavne opatrne. Pripojte transformátor k doske ( 3 alebo 4 vývody sekundárneho vinutia ). Nepripojujte potenciometre hlasitosti, treba oživiť samostatne vstupný diel a koncový stupeň. Do pozícii poistiek dáme rezistory cca 39 $\Omega$ / 10W. Po zapnutí do siete 230V skontrolujeme jas LED1 ( PWRLED ), obe napájacie napätia pre koncové zosilňovače ( asi +/-56V pri napätí transformátora 40V ) a napätie +/-18V na výstupoch stabilizátorov. Využíva sa maximálne dovolené napätie integrovaného obvodu NJM4580 a tým je aj zaručená veľká prebuditeľnosť obvodu pre regulátorom hlasitosti. Na linkové vstupy obidvoch kanálov ( body IN1 a IN 2 ) privedieme symetrické napätie asi 1V. Ak nie je po ruke generátor so symetrickým výstupom, potom uzemníme invertujúci vstup a signál privedieme iba na vstup neinvertujúci ( + ). Na vývodoch PREOUT1 a PREOUT2 nameráme zosilnené napätie pre potenciometre a koncový stupeň. Zväčšením napätia na generátore kontrolujeme symetriu limitácie, všetko bude určite v poriadku. IO NJM4580 sú veľmi stabilné a bezproblémové, preto sa v podobných hudobných aplikáciách používajú častejšie, ako iné OZ, napr. NE5532, TL082 atď. Tieto je možné tiež skúsiť, majú rovnaké zapojenie vývodov, ale význam to určite nemá. Ešte je možné skontrolovať potlačenie súčtových signálov na vstupe predzosilňovača alebo pozornosť s akou ste vyberali rovnaké rezistory. Prepojte invertujúce a neinvertujúce vstupy jednotlivého kanálu a privedte na ne spoločne napätie 0dB ( 0,775V ). Zmerajte na výstupe IC1 zostatkové napätie, malo by byť čo najmenšie, aspoň 60dB pod úrovňou vstupného. Potom oživte koncové stupne. Na mieste poistiek stále ponecháme pomocné rezistory. Na výstupe by malo byť v klude minimálne jednosmerné napätie, z pravidla cca 20mV. Veľkosť tohto napätia je tiež nepriamo úmerná starostlivosti pri výbere vhodných súčiastok, predovšetkým rezistorov vstupnej časti koncového zosilňovača. NF signál privedieme asymetricky medzi vstup koncového zosilňovača a signálovú zem ( susedné dva vývody konektorov PWRIN ). Na výstup pripojte osciloskop a overte funkciu zosilňovača. Malo by byť všetko v úplnom poriadku. Pri výstupnom napätí asi 100mV a kmitočte 10kHz nastavíme trimrom R129 ( R229 ) kludový prúd tak, aby čo najviac zaniklo prechodové skreslenie. Pri prúde asi 20 až 30mA nameriame úbytok napätia na pomocných rezistoroch 39 $\Omega$  asi 0,8 až 1,2V, sú cez ne okrem koncového stupňa napájané aj ďalšie obvody. Presnejšie je merať kludový prúd koncových tranzistorov nepriamo pomocou úbytku napätia na emitorových rezistoroch 0,22 $\Omega$  výkonových tranzistorov. Pre rozumný kludový prúd 40mA nastavte na jednom z nich úbytok napätia asi 4,5mV. Je zbytočné nastavovať napr. 100mA, naopak pre úplné potlačenie prechodového skreslenia vyhovuje takmer vždy aj 20mA. Ak je všetko v poriadku, vypnite napájanie, nahradte rezistory poistkami a môžete koncový zosilňovač vyskúšať pri plnej záťaži. Najskôr pri 8 $\Omega$ , a potom pri 4 $\Omega$ . Podľa napájania transformátora dosiahnete výkon min. 180W do záťaže 4 $\Omega$  pred limitáciou. Potom prepojte vodiče od symetrizačného zosilňovača k potenciometrom a koncovým stupňom a môžete zosilňovač kompletne vyskúšať. Kmitočtový priebeh je zámerne obmedzený kondenzátormi C102, C202, C6, C12, C7, C17, inak by zosilňovač zosilňoval aj signály vysieláčov až do pásma stredných vln. Indikátory špičiek sa nemusia nastavovať, s uvedenými rezistormi sa rozsvieti LED2 a LED3 asi 1dB pred limitáciou sínusového signálu. V praxi pribudne ešte rezerva, hudobný výkon je vždy väčší. Môžete nastaviť väčšiu, skoršie rozsvietenie LED malým zmenšením odporu rezistora R12, R13, R14 a R22, ale nie je to nutné.



## Poznámky/ merania autora

„U môjho vzorku, ako je vidieť na ilustračnom obrázku som použil bežný toroidný transformátor 2x36V/ 300W a nameral tieto nasledovné hodnoty. Výstupné napätie do 4Ω bolo pred limitáciou 28V - výkon 196W, do 8Ω napätie 30,5V - výkon 116W v pásme kmitočtov 20Hz až 50kHz ( s veľkou rezervou ). Zostatkové rušivé napätie na výstupe v klúde bolo okolo 0,5mV v pásme kmitočtov 5Hz až 5MHz a presluchy nemerateľné. Jednosmerný klúdový posuv proti nule v jednom kanály bol -3,2mV a v druhom +6mV. Sieťová poistka primárneho vinutia postačovala TT2,5A. Zosilňovač sa chová absolútne stabilne a prenos obdĺžnikového signálu je priam ukážkový“.

## Zoznam súčiastok:

	R237 až R240	0,22 $\Omega$ /3 W, drátový
	R141, R241	10 $\Omega$ /4 W, drátový
	R145 + L101, R245 + L201	cívka asi 12 závitů Cu drátem o průměru min. 1 mm navinutá na průměr 8 mm, uvnitř vložený vrstevný rezistor asi 10 $\Omega$ /2 W
	P101, P201	potenciometry 2,5 k $\Omega$ /G nebo 2 k $\Omega$ /G, případně jeden dvojitý 2x 2,5 k $\Omega$ /G
	<i>Kondenzátory</i>	
	Nepolarizované plastové na min. 63 V, rastr 5 mm, není-li uvedeno jinak, elektrolytické rastr 5 mm mimo C1 a C2. Vždy používejte typy pro teplotní rozsah do 105 °C.	
	C1, C2	10 mF/63 V
	C3, C4	470 $\mu$ F/35 V
	C5, C8, C11, C18,	
	C121, C221	100 nF/40 V, keram.
	C103, C104, C109, C110,	
	C111, C112, C123, C203,	
	C204, C209, C210, C211,	
	C212, C223	100 nF
	C6, C7, C12, C17	100 pF
	C9, C10, C13, C14, C15,	
	C16, C101, C201	1 $\mu$ F
	C19, C20	4,7 $\mu$ F až 22 $\mu$ F/35 V, tantal.
	C102, C202	470 pF
	C105 až C108, C113,	
	C114, C205 až C208,	
	C213, C214	100 $\mu$ F/63 V
	C115, C116, C215, C216	10 pF
	C117, C118, C217, C218	220 $\mu$ F/50 V
		nebo jeden bipolární
	C119, C219	180 pF
	C120, C220	47 pF
	C122, C222	100 nF/160 V, rastr 10 až 15 mm, nejlépe typ určený pro impulsní zatížení
	<i>Polovodičové součástky</i>	
	D1	mústkový usměrňovač min. 25 A/200 V, např. KBPC3502W.
	D2 až D7	1N4148
	D101, D102, D201,	
	D202	BY299 atd., rychlá spínací
	DT116 až DT119,	
	DT216 až DT219	diody v tranzistorech
	IC1	NJM4580N (DIL8)
	IC2	7818 nebo 78L18
	IC3	7918 nebo 79L18,
		u verze 79L18 pozor na zapojení vývodů, je orientován pouzdem opačně než 78L18.
	LED1	LED, 5 mm, GN
	LED2	LED, 5 mm, R
	LED3	LED, 5 mm, R
	T1, T3, T101, T103, T105,	
	T108, T113, T213, T201,	
	T203, T205, T208, T213	MPSA06 (nnp)
	T2, T4, T102, T104,	
	T106, T107, T202,	
	T204, T206, T207	MPSA56 (pnp)
	T109, T112, T209, T212	2N5416
	T110, T111, T210, T211	2N3440
	T114, T214	MJE15030
	T115, T215	MJE15031
	T116, T117, T216, T217	NJL3281D, DG ThermalTrak®
		(dodává <a href="http://www.elix.cz">www.elix.cz</a> , <a href="mailto:elix@elix.cz">elix@elix.cz</a> )
	T118, T119, T218, T219	NJL1302D, DG ThermalTrak®
		(dodává <a href="http://www.elix.cz">www.elix.cz</a> , <a href="mailto:elix@elix.cz">elix@elix.cz</a> )
	ZD1, ZD2	33 V/1,3 W
	ZD101, ZD102,	
	ZD201, ZD202	39 V/0,5 W
	<i>Ostatní součástky</i>	
	F1, F2, F3, F4	pojistky F5A
	TR1	síťový transformátor 230 V/2x 36 až 40 V, 300 W (pro výkon 2x 120 W do 4 $\Omega$ ), provedení pro akustické účely

Rezistory (typ 207, 1 %, rastr 10 mm, není-li uvedeno jinak)

R1	10 k $\Omega$ /1 W, metal.
R2, R3	2,2 k $\Omega$ /2 W, metal.
R4, R6, R9, R10	5,1 k $\Omega$
R5, R7, R8, R11, R126,	
R127, R226, R227	11 k $\Omega$
R12, R13, R14, R22,	
R143, R144, R243,	
R244	12 k $\Omega$
R15, R17, R19, R20	16 k $\Omega$
R16, R18, R21, R23	1,5 k $\Omega$
R24, R25, R146, R246	47 $\Omega$ /1 W, metal.
R101, R201	20 k $\Omega$
R102, R202	2 k $\Omega$
R103 až R110,	
R203 až R210	300 $\Omega$
R111, R114, R211, R214	1,2 k $\Omega$
R112, R113, R212, R213	2,2 k $\Omega$
R115, R116, R215, R216	30 $\Omega$
R117, R118, R217, R218	360 $\Omega$
R120, R121, R220, R221	82 $\Omega$
R122, R123, R222, R223	330 $\Omega$
R124, R224	820 $\Omega$
R125, R225	22 k $\Omega$
R128, R130, R131,	
R228, R230, R231	1 k $\Omega$
R129, R229	2 k $\Omega$ trimr, typ 64Y
R132, R232	220 $\Omega$ /1 W
R133 až R136,	
R233 až R236	10 $\Omega$
R137 až R140,	

**V ďalšom článku uvediem moju konštrukciu tohto zosilňovača spolu s meraním. Jukka**