

**NF zosilňovač s LM3886T**  
**All In One V1.2**  
**Radoslav MADUDA**



[maduda.radoslav@gmail.com](mailto:maduda.radoslav@gmail.com)

Integrovaný obvod bol vyrobený firmou National Semiconductor. Vyznačuje sa dobrými parametrami, výkonom až 68 W do 4 R pri skreslení 0,01 % a veľmi malým šumom na výstupe. DC ofset je typicky pod 5 mV (namerané na mojich vzorkách).

Výstupný výkon bol meraný pri napájacom napätí  $\pm 21$  V na záťaži 5R6/50 W. Do záťaže 4 R by bol odovzdaný vyšší výkon. Výstupný výkon je možné zvýšiť zväčšením napájacieho napätia až na  $\pm 32$  V, ale v takom prípade je potrebné zabezpečiť dostatočné chladenie zosilňovača. Pri prevádzkovaní zosilňovača do záťaže 4 R odporúčam neprekračovať napájacie napätie  $\pm 32$  V, nakoľko môže byť problém odvieť stratový výkon (teplo) z čipu integrovaného obvodu.

Parametre zosilňovaču:

Vstupná impedancia: 22 kiloohm

Zosilnenie: 37x

Vstupná citlivosť: 300mV RMS (0,808 Vpp) pre plné vybudenie

Rýchlosť prebehu (SR): 19 V/us

Výstupný výkon:

- 16 W RMS/5R6 (napájacie napätie  $\pm 21$  V - priložené fotky o meraní)

- 29 W RMS/5R6 (napájacie napätie  $\pm 28$  V)

Kľudový prúd: 50 mA na kanál

THD+N: 0,03% pri 60 W (udávané výrobcom)

IMD 60 Hz + 7 kHz 4:1: 0,004% (udávané výrobcom)

Rozmer DPS: 180 x 85 mm

## Úvod

Mojím zámerom bolo navrhnúť ľahko vyrobiteľný zosilňovač HiFi parametrov v amatérskych podmienkach v stereo verzii, tak aby bolo možné upevniť integrované obvody (IO) o chladič, ktorý by zároveň tvoril aj stenu krabice (modul na fotkách bol vstavaný do nízkej krabice, a preto je použitý chladič naležato) a obsahoval v sebe zdroj, oneskorené pripojenie reproduktorov (na odstránenie nežiadúcich lupancov pri zapínaní zosilňovača, ktoré neprospievajú reproduktorom) a ochranou pred jednosmerným napätím na výstupe (DC ochrana), ktorá chráni väčšinou drahé reproduktory pred ich zničením. Prevedenie malo byť tzv. All in one, aby bolo čo najmenej káblových prepojení, ktoré nevyzerajú esteticky a môžu zhoršiť parametre zosilňovača (brum, presluchy medzi kanálmi). Doska plošných spojov (DPS) obsahuje všetky spomínané bloky, vrátane DC ochrany. Na jednej DPS je tak zdroj s filtračnými kondenzátormi s možnosťou pripojenia indikačnej LED diódy (indikácia zapnutia zosilňovača), vyvedenej priamo na predný panel. Celé zapojenie je navrhnuté z bežne dostupných súčiastok. Výkonové rezistory boli nahradené paralelnou kombináciou bežných 0,6 W rezistorov v puzdre 0207, ktoré sú lacnejšie a dostupnejšie ako 3 W rezistory. Vďaka tejto koncepcii stačí do DPS pripojiť iba sekundár transformátora, vstup a výstup. Žiadne prepojovanie navyše a zlepši sa tým celkový estetický dojem ako i prúdenie vzduchu vo vnútri zosilňovača. DPS obsahuje niekoľko prepojení, ktoré treba urobiť z medeného drôtu

s priemerom minimálne 0,8 mm, pretože všetky prepoje sú prúdovo namáhané. Šikovnejší budú vedieť všetky tranzistory nahradiť aj šuplíkovými zásobami a zbaviť sa tak staršieho materiálu. V ďalšom texte je popísaný kompletný stavebný návod s popisom činnosti a postupom oživenia, podľa ktorého zvládne konštrukciu aj úplný začiatočník, teda taký, ktorý audiozosilňovač ešte nestaval. Pady na DPS majú väčšie rozmery (priemer 2,54 mm), ako je obvyčajne zvykom a žiaden spoj nie je vedený tenším spojmom ako 1 mm. Dáva to možnosť výroby DPS aj začínajúcim rádioamatérom, v najhoršom prípade je možné DPS nakresliť lievikovým perom alebo fixkou. Pady s priemerom 2,54 mm je možné odvrtať aj vrtákom s priemerom 1 mm (nie každý má vrták s priemerom 0,6 alebo 0,8 mm) a ich spájkovanie zostáva bezproblémové, zjednoduší to i prípadnú výmenu zaspájkovanej súčiastky pri oprave. Celý koncept je tak vhodný aj pre menej skúsených konštruktérov, ktorí si chcú postaviť zosilňovač slušných parametrov v triede HiFi (dvaja začínajúci konštruktéri, ktorý tento zosilňovač stavali, si zväčšené pady pochvalovali).

Všetky diery je vhodné vyvrtáť vrtákom s priemerom 0,8 mm (prípadne 1 mm). Diery na relé, cievku, filtračné kondenzátory, diódový mostík a svorkovnice vyvrtáť následne vrtákom s priemerom 1,5 mm a diery na IO vyvrtáť s vrtákom 1,2 mm. Dierny na uchytenie pomocného L-profilu odvrtať vrtákom s priemerom 3 mm a tak isto aj pomocné diery pre distančné stĺpiky v prednom pravom a ľavom rohu.

## Popis zapojenia

### Signálová cesta

Vstupný signál sa privádza na konektor J1 a J2. Oba kanály sú identické, popíšem iba jeden. Na pin J1-2 sa privádza signál (živý) a na pin J1-1 je pripojená zem (tínenie). Za konektorom nasleduje C3, ktorý prepustí iba striedavú zložku signálu. C3 by mal byť typu MKT, najlepšie od firmy WIMA. Na toto miesto nie je vhodný elektrolitický kondenzátor. R1 určuje vstupnú impedanciu a R3 spolu s C1 (keramický) zamedzuje prenikaniu VF rušenia do vstupnej časti zosilňovača. Signál ďalej postupuje na vstup IO1 (pin 10). Zosilnený signál je na pine 3. Na výstupe je tzv. Boucherotov člen, tvorený R13 - R17 a C19. R13 - R17 sú z rozmerového a estetického dôvodu použité v prevedení 0207. C19 by mal byť v prevedení MKT. Signál ďalej pokračuje cez RL člen na výstupné svorky. R23 - R27 znižujú akosť výstupnej cievky a paralelnou kombináciou sa znižuje vlastná indukčnosť rezistorov. Cievka L1 má 10 - 12 závitov s drôtom o priemere 0,8 - 1,2 mm na trne s priemerom 8 - 10mm (stačí namotať na stopke vrtáku s priemerom 8 mm). Signál postupuje cez kontakty relé na výstupné svorky. Relé plní dve funkcie, zabezpečuje oneskorené pripojenie reproduktorov pri zapnutí zosilňovača a odpája záťaž pri iniciovaní DC ochrany. V spätnej väzbe (z výstupu IO) je zapojený R11, premostený sériovou kombináciou R9 a C17 (obmedzenie zosilnenia signálov nad akustickým pásmom). C5 slúži na oddelenie jednosmernej zložky v signály, čím sa zosilňuje iba požadovaná striedavá zložka signálu. Pomerom R5 ku R9 a R11 sa nastavuje napäťové zosilnenie - s uvedenými súčiastkami je toto zosilnenie cca 37.

## Napájanie

Na svorky X1-3 a X1-4 pripojíme jedno sekundárne vinutie a na svorky X1-2 a X1-1 pripojíme druhé sekundárne vinutie transformátora. V prípade použitia bifilárne vinutého transformátora (jedno vinutie s vyvedeným stredom) stred tohto vinutia pripojte na svorku X1-4 alebo X1-2 (jedna z nich zostane nezapojená). Striedavé napätie je usmernené usmerňovacím mostíkom B1. Napätie je vyfiltrované kondenzátormi C21 - C26. DPS je navrhnutá na použitie kondenzátorov s priemerom až 35 mm. V schéme ich je zakreslených 6 ks. Tu sa dá veľa ušetriť alebo pridať na kvalite. Ak použijete 6 ks s kapacitou 10 000 uF, bude zvuk dynamickejší a dostatočná kapacita dokáže pokryť krátkodobé špičky, zväčší sa tak hudobný výkon zosilňovača. Kto chce, môže na úkor kvality osadiť iba po jednom kuse. Ušetrí tak na drahých filtračných kondenzátoroch, ale zhorší tým dynamiku zosilňovača. Kto chce, môže ušetriť a použiť 6ks kondenzátorov s kapacitou 4 700 uF, prípadne kondenzátory na 35 V (budú lacnejšie ako na 50V). Modul na fotografiách bol napájaný napätím  $\pm 22$  V, takže som použil kondenzátory na 25 V (čím som trochu ušetril). R45 a R46 sú iba predradné rezistory pre LED diódy Led 1 a Led 2, ktoré slúžia na indikáciu prítomnosti napätia na DPS, pretože nič iné na DPS neindikuje prítomnosť napätia, čo môže byť potencionálne nebezpečné. Slúžia zároveň na vybíjanie hlavných filtračných kondenzátorov po vypnutí zosilňovača. Kto nechce nemusí R45, R46, Led1 a Led2 osádzať. R47 slúži ako zrážací rezistor pre LED, ktorá sa pripája na konektor J3 slúžiacej ako indikácia zapnutia zosilňovača (umiestnená na prednom paneli). Je na ňu miesto v pravom dolnom rohu DPS. Netreba tak ťahať napätie pre túto diódu z iného miesta. C9 a C11 slúžia ako dodatočná filtrácia napätia, C13 a C15 blokujú napájacie napätie a celkovo znižujú impedanciu zdroja. C13 a C15 môžu byť keramické alebo MKT

## DC ochrana a oneskorené zopínanie reproduktorov

R33 spolu s D1 tvoria zdroj cca 10 V. Hodnota nie je kritická a môže sa pohybovať v rozmedzí 8 – 14 V. Pomocné napätie stabilizované zenerovou diódou napája obvod časového oneskorenia zopnutia relé. Cez delič R34 a R36 sa pomaly nabíja C27. Po jeho nabití na napätie potrebné pre otvorenie Q1 sa tento otvorí a cez R37 privedie napätie na bázu darlingtonovho tranzistoru, ten sa následne otvorí a zopne relé. Čas oneskorenia sa nastavuje zmenou C27. S uvedenými hodnotami je spínací čas cca 5 – 7 s. Záleží od reálnej kapacity C27. Komu by sa tento čas zdal zbytočne dlhý, môže na mieste C27 použiť kondenzátor s kapacitou 22 uF. Čas zopnutia sa tým skráti. R38 je na DPS v 2W puzdre. Je to iba pre prípad, že by niekto chcel použiť relé s cievkou na 12V (šuplíkové zásoby) alebo by napájal zosilňovač napätím vyšším ako 24 V. Ak bude použité relé s cievkou na 24 V a zosilňovač bude napájaný s 24 V zdroja, tak R38 nahradíte prepojom, poprípade rezistorom s malou hodnotou (1 – 10 R) na zaťaženie 0,6 W. Relé na 24 V spoľahlivo spínajú ešte pri napájanom napätí 20V, v takomto prípade, ak budete zosilňovač napájať  $\pm 20$  V, použite radšej prepojkou, aby nevznikal zbytočný úbytok na R38. Relé RE1 má dva samostatné prepínacie (prípadne iba dva spínacie) kontakty, ktoré naraz spínajú oba kanály. Jedno relé je použité z viacerých dôvodov. Dve relé by predražovali cenu zosilňovača (jedno kvalitné relé stojí 3 – 5 €)

– naproti tomu jedno relé zaberie menej miesta na DPS. Na mieste tohto relé vyhovie každé s kontaktami na 8 A (samotný IO neodovzdá viac ako 7A - dané vnútornou štruktúrou IO) a v prípade skratu na výstupe by malo byť toto ochranné relé vždy vymenené za nové, nakoľko dôjde k degradácii jeho kontaktov prechodom skratového prúdu cez ne. Pri odpájaní záťaže pri veľkých výstupných prúdoch (zosilňovač vybudovaný na maximum) dochádza rovnako k opotrebeniu kontaktov relé a zvýšeniu odporu ich prechodu, čím sa zanáša do spracovávaného signálu skreslenie (zosilňovač by sa mal vypínať pri nastavenej čo najnižšej úrovni hlasitosti reprodukcie). Oneskorené pripojenie záťaže je použité aj napriek tomu, že samotný IO túto funkciu obsahuje (obvod Mute, pin 8). Cez R39 je z výstupu IO odoberený signál, ktorý sa ďalej vyhodnocuje. Ak sa na výstupe zosilňovača objaví jednosmerné napätie kladnej polarity, nabije sa C28 a kladné napätie prejde cez D3 a cez ochranný R41 do bázy Q3, ten sa otvorí a pripojí bázu Q2 na zem a tým odpojí relé. Ak sa objaví na výstupe zosilňovača záporné napätie, nabije sa C29 a cez D4 a cez ochranný rezistor R42 sa privedie záporné napätie na bázu Q4, čím sa jeho prechod emitor - báza otvorí a Q2 uzemní, relé odpojí záťaž. Ak na výstupe zanikne jednosmerný signál, Q3 alebo Q4 (podľa polarítu tohto chybového napätia) sa zatvoria a Q2 znovu zopne relé. Zopnutie nie je okamžité, ale dôjde k nemu až kým sa jednosmerné napätie na C28 poprípade C29 (podľa polarítu chybového napätia) vybije. Môže to trvať až 30 sekúnd. Ochrana vďaka „bipolárnemu“ kondenzátoru zloženého z C28 a C29 nereaguje na striedavý (užitočný) signál. Veľkosť výslednej kapacity C28 a C29 spolu s R39 určujú dolnú medznú frekvenciu, na ktorú ešte ochrana nereaguje. V prípade zväčšenia kapacity C28 a C29, poprípade odporu rezistoru R39 sa môže stať, že by ochrana reagovala aj na frekvencie blízko 20Hz – čo je nežiaduce. Preto odporúčam hodnoty týchto súčiastok dodržať.

### Postup osadenia a oživenia

Najskôr osadíte všetky rezistory, potom diódy, keramické kondenzátory, MKT kondenzátory, svorkovnicu, elektrolytické kondenzátory, tranzistory, diódový mostík, relé a nakoniec filtračné kondenzátory. Integrované obvody zatiaľ neosádzajte. Na svorky X1-1 až X1-4 pripojte napájacie napätie (najlepšie zo stabilizovaného zdroja s prúdovou poistkou) +/- 24 V. Ak nemáte k dispozícii jednosmerné napätie, pripojte do DPS priamo transformátor. Po asi 5 - 7 sekundách pritiahne relé. Skontrolujte napätie na D1 malo by byť podľa typu použitej zenerovej diódy. Ďalej skontrolujte napätia na Led1 a Led2, ak boli použité. Úbytok napätia na červenej LED je 1,6 až 1,8 V, na zelenej a žltej 1,8 až 2 V. To isté platí aj pre indikačnú LED ktorá sa pripája do série k R47. Ak by ste ako indikačnú LED použili napr. modrú, tak hodnota R47 bude iná - treba ju vypočítať. Hodnotu predradných rezistorov (R45, R46 a R47) vypočítate nasledovne:

$$R = (U_{\text{nap}} - U_{\text{led}}) / I_{\text{led}}$$

kde:

$U_{\text{nap}}$  je kladné napájacie napätie na filtračných kondenzátoroch,

$U_{\text{led}}$  je napätie ledky (modrá 3V),

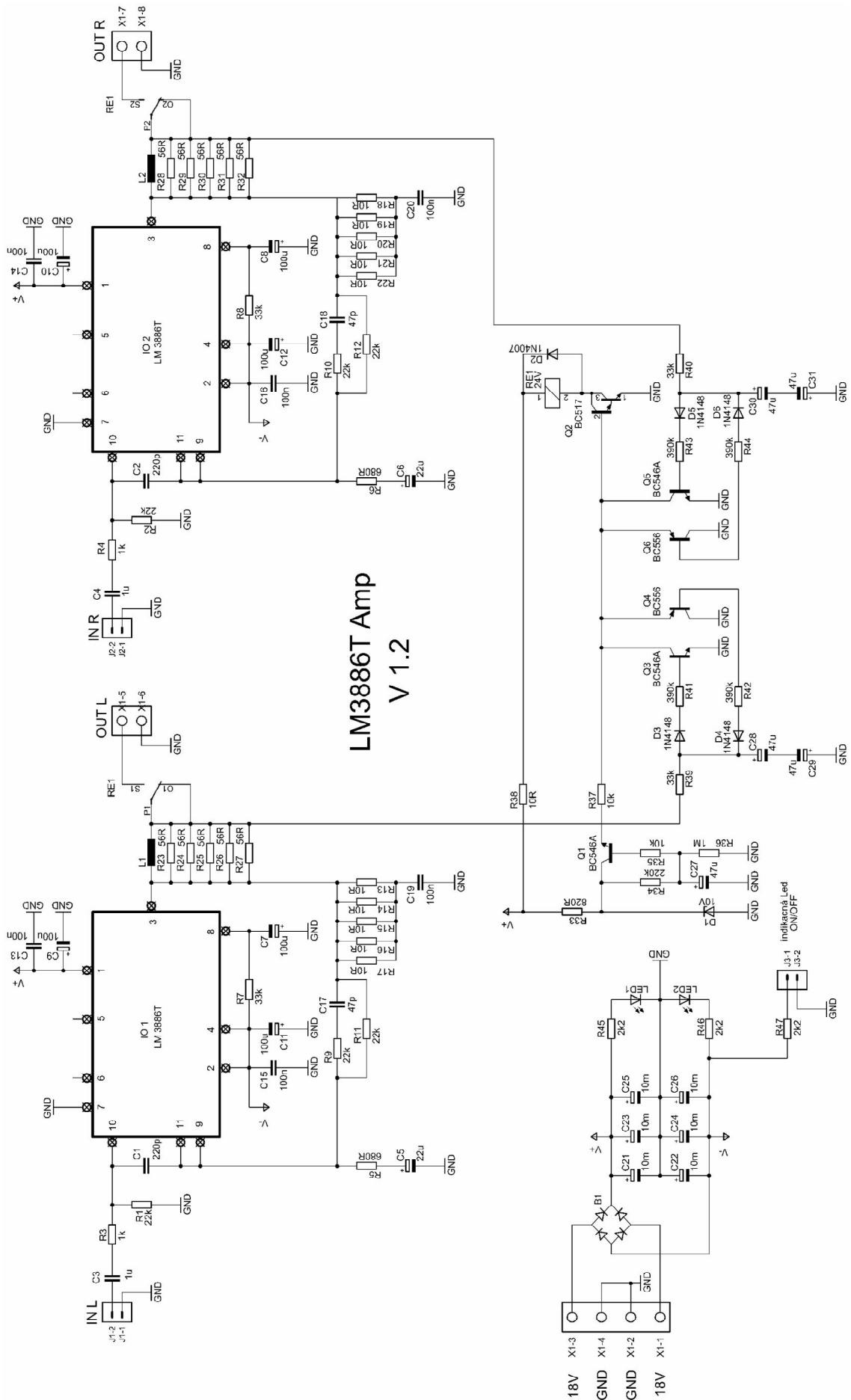
$I_{\text{led}}$  je prúd LED diódou (zvoliť 10 mA, pri modrej LED 20mA).

V prípade nezopnutia relé je DPS buď zle osadená, alebo niektorá zo súčiastok DC ochrany neplní svoju funkciu – je pokazená. Ak relé zoplo a všetko funguje tak ako má môžeme prísť ku skúške DC ochrany. Prived'te napájacie napätie kladnej polarita (plus pól C21, C23, C25) na cievku L1 – krátkym dotykom zo spodku DPS na pad cievky - relé musí rozopnúť. Po odstránení tohto napätia (po 10 - 20 sekundách), po tom ako sa vybijie kondenzátor, relé znovu pritiahne a pripojí záťaž k zosilňovaču. To isté treba odskúšať aj na druhej cievke L2. Je pri tom jedno, ktorej strany cievky sa dotknete. Ak relé nerozopne, chyba bude okolo D3 a Q3. Ak relé rozopne ako má a po čase sa pritiahne, je DC ochrana pre kladné napätia funkčná. To isté vyskúšame aj pre záporné napätie. Záporné napätie je na mínus póle C22, C24 alebo C26. Relé musí rozopnúť a po čase opäť pritiahnuť. Tak isto vyskúšame priviesť záporné napätie aj na druhú cievku. Ak DC ochrana a oneskorené pripojenie záťaže fungujú tak ako majú, je možné chladič prichytiť k DPS pomocou malého L-profilu. Potom zasunieme IO do DPS a naznačíme si dieru na chladiči, ktorú odvrátame. IO natrieme teplovodivou pastou. Ak bude chladič spojený s krabicou, treba pod IO vložiť izolačnú podložku. V núdzi je možné použiť sľudovú podložku pod tranzistory v púzde TO3, alebo použiť IO LM3886TF, ktorý má celoizolované púzdro. V takom prípade netreba nič izolovať. Ak sa chladič nebude dotýkať nijako krabice (môj prípad), netreba chladič od IO izolovať. Na krídle IO sa nachádza záporné napájacie napätie! IO riadne uchytiť o chladič za použitia teplovodivej pasty (ale s citom) a až potom zaspájame všetky jeho nožičky. Predídete tak pnutiu nožičiek. Po osadení oboch IO, môžeme znovu pripojiť napájacie napätie. Relé by malo po chvíli zopnúť. Na výstupných svorkách X1-5 a X1-7 by sme mali namerať 0V. Typicky bude tento offset okolo 2mV. Zosilňovač necháme zapnutý 5 min a sledujeme oteplenie chladiča. Prekontrolujeme odber prúdu. Každý IO odoberá cca 50 mA, takže celkový odber bude 100 mA plus prúd relé cca 70 mA. Celkový odber v kladnej vetve bude cca 150 – 170 mA. Pokiaľ sa IO počas 5 min nezahreje, je všetko v poriadku. Na svorky X1-5 a X1-6 môžete pripojiť reproduktor. Už vo vzdialenosti pár cm od reproduktora nebudete počuť žiaden šum. Po pripojení audiosignálu by mal zosilňovač hrať. Takým istým spôsobom skontrolujeme aj druhý kanál. Zosilňovač je po tomto pripravený na prevádzku. Zámerne sem nepíšem žiadne merania osciloskopom, pretože ten, kto vie narábať s osciloskopom, tomu je postup oživenia a merania jasný a toto je návod pre úplných začiatníkov, ktorí ešte zosilňovač nestavali. Celkovo som urobil dodnes 4 kusy týchto DPS a každá fungovala na prvé zapojenie. Pre začiatníkov je vhodné dodržať postup oživenia. Skúsenejší konštruktéri si poradia, poprípade môžu zapojenie oživovať postupne.

### Chladienie

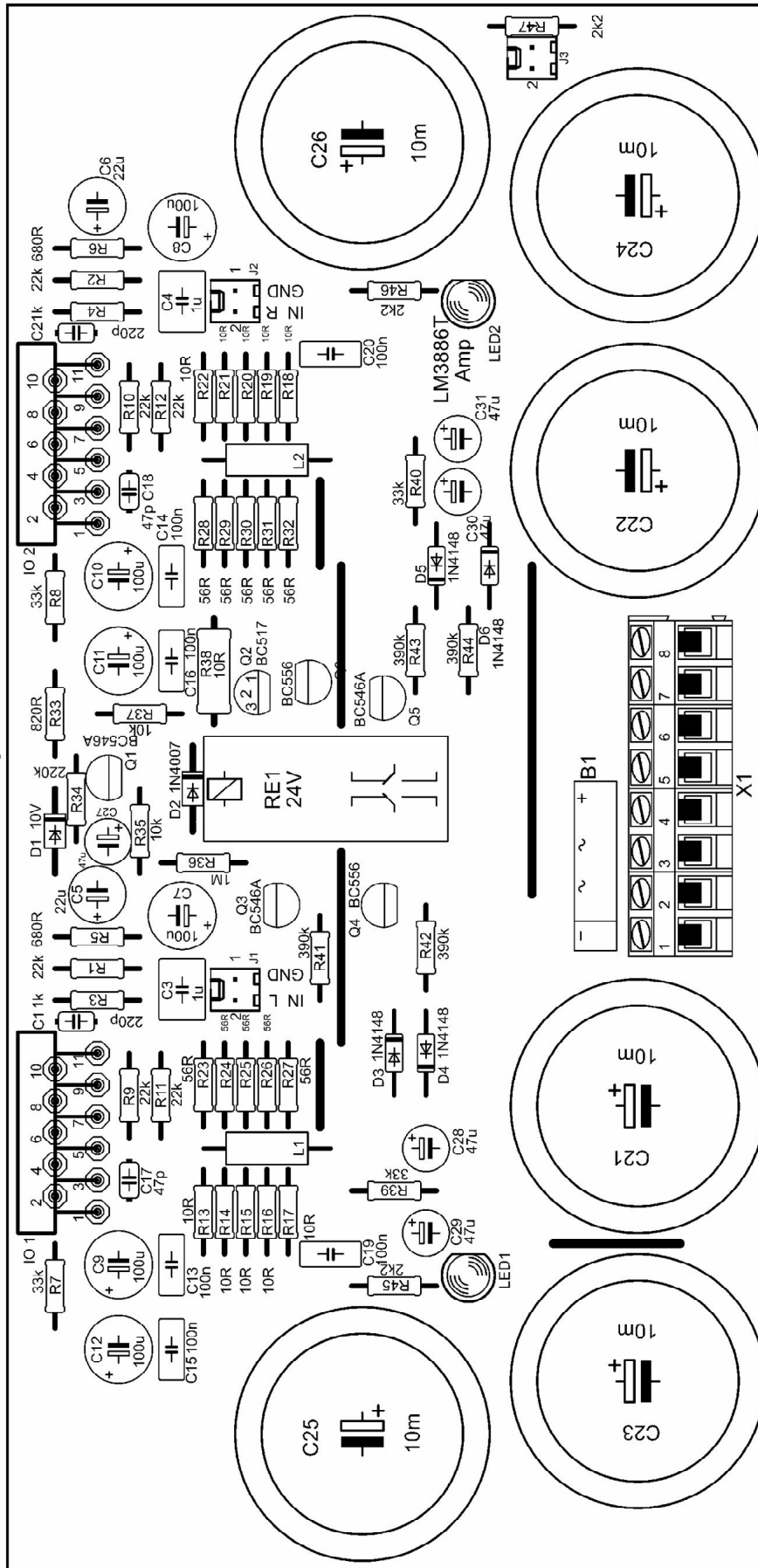
Chladič na titulnej strane je pri výkone 16 W RMS na dva kanály poddimenzovaný. Bežný hudobný signál však nedosahuje ani len 50 % výkonu sínusového signálu a tak je v bytových podmienkach chladič postačujúci. Pri napájaní +/- 32 V odporúčam použiť chladič minimálne s teplotným koeficientom 1°K/W. V bežných domácich podmienkach je vhodné použiť chladič s teplotným koeficientom aspoň 2°K/W.

## Schéma zapojenia



# Osadenie DPS

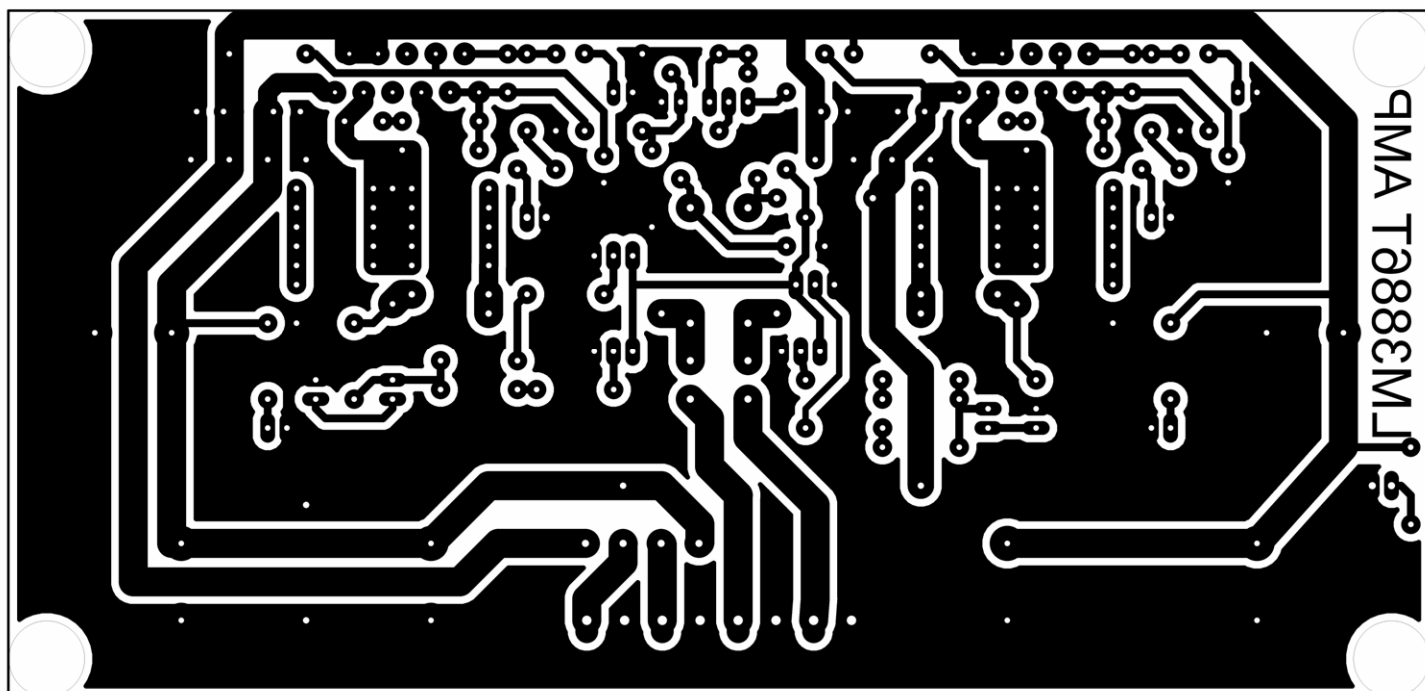
## LM3886T Amp V1.2



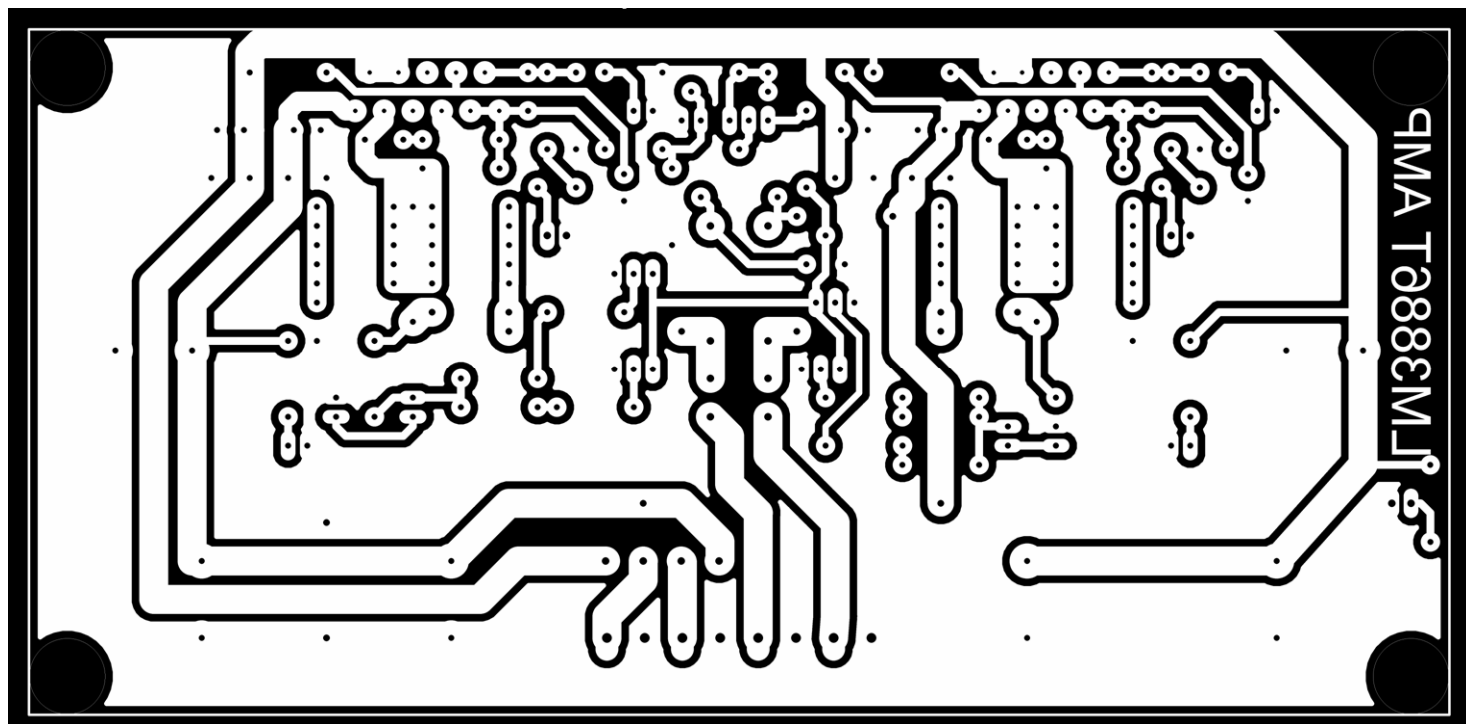
18V GND 18V GND OUT L GND OUT R GND



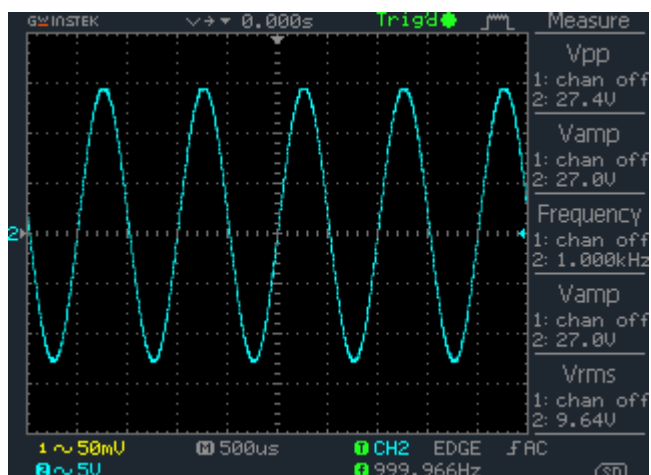
**Pozitívna predloha DPS** (pri použití Pozitivu 20 alebo pri kúpe fotopozitívnych DPS)



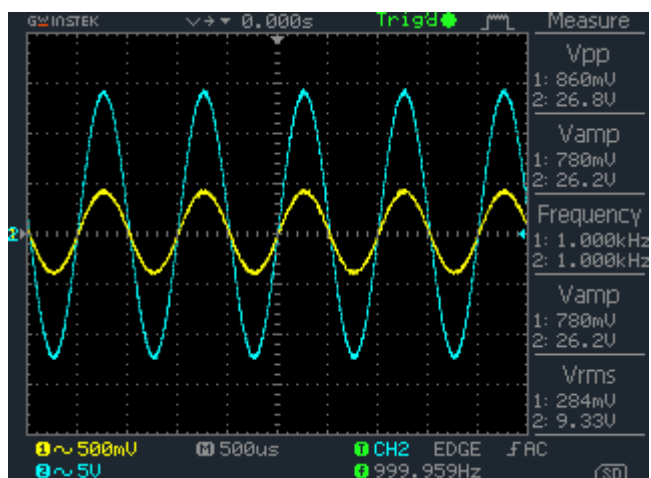
**Negatívna predloha DPS** (pri použití negatívneho fotorezistu)



## Merania



Výstupné napätie 9,64V RMS – 1kHz (teda 27,4Vpp) pri napájaní +-21V na zát'aži  
5R6/50W  
výkon 16W RMS



Pomer vstupného a výstupného signálu 1kHz pri napájaní +-21V na zát'aži 5R6/50W  
(žltá vstupný signál, modrá výstupný signál)

Meranie: digitálny osciloskop GDS 1022

Testovací signál: Test CD 1kHz

Zdroj signálu : CD prehrávač Harman Kardon HD990

## Zoznam súčiastok pre stereo verziu

R1	22k	0,6W
R2	22k	0,6W
R3	1k	0,6W
R4	1k	0,6W
R5	680R	0,6W
R6	680R	0,6W
R7	33k	0,6W
R8	33k	0,6W
R9	22k	0,6W
R10	22k	0,6W
R11	22k	0,6W
R12	22k	0,6W
R13	10R	0,6W
R14	10R	0,6W
R15	10R	0,6W
R16	10R	0,6W
R17	10R	0,6W
R18	10R	0,6W
R19	10R	0,6W
R20	10R	0,6W
R21	10R	0,6W
R22	10R	0,6W
R23	56R	0,6W
R24	56R	0,6W
R25	56R	0,6W
R26	56R	0,6W
R27	56R	0,6W
R28	56R	0,6W
R29	56R	0,6W
R30	56R	0,6W
R31	56R	0,6W
R32	56R	0,6W
R33	820R	0,6W
R34	220k	0,6W
R35	10k	0,6W
R36	1M	0,6W
R37	10k	0,6W
R38	vid' text	
R39	33k	0,6W

C1	220pF	keramický		min 50V
C2	220pF	keramický		min 50V
C3	1u/MKT	RM5mm	Wima	63V
C4	1u/MKT	RM5mm	Wima	63V
C5	22uF	RM2,5 / 7	elektrolyt	min 35V
C6	22uF	RM2,5 / 7	elektrolyt	min 35V
C7	100uF	RM3,5 / 8	elektrolyt	min 35V
C8	100uF	RM3,5 / 8	elektrolyt	min 35V
C9	100uF	RM3,5 / 8	elektrolyt	min 35V
C10	100uF	RM3,5 / 8	elektrolyt	min 35V
C11	100uF	RM3,5 / 8	elektrolyt	min 35V
C12	100uF	RM3,5 / 8	elektrolyt	min 35V
C13	100nF	keramický		min 50V
C14	100nF	keramický		min 50V
C15	100nF	keramický		min 50V
C16	100nF	keramický		min 50V
C17	47pF	keramický		min 50V
C18	47pF	keramický		min 50V
C19	100nF	MKT	RM5	min 50V
C20	100nF	MKT	RM5	min 50V
C21	vid' text	Snap-in	RM10	
C22	vid' text	Snap-in	RM10	
C23	vid' text	Snap-in	RM10	
C24	vid' text	Snap-in	RM10	
C25	vid' text	Snap-in	RM10	
C26	vid' text	Snap-in	RM10	
C27	22-47uF	RM2,5 / 6	elektrolyt	min 35V
C28	47uF	RM2,5 / 6	elektrolyt	min 35V
C29	47uF	RM2,5 / 6	elektrolyt	min 35V
C30	47uF	RM2,5 / 6	elektrolyt	min 35V
C31	47uF	RM2,5 / 6	elektrolyt	min 35V

D1	10V/1,3W
D2	1N4007
D3	1N4148
D4	1N4148
D5	1N4148
D6	1N4148
Led 1	5mm

diódový mostík 8A	
napr. KBU 806	

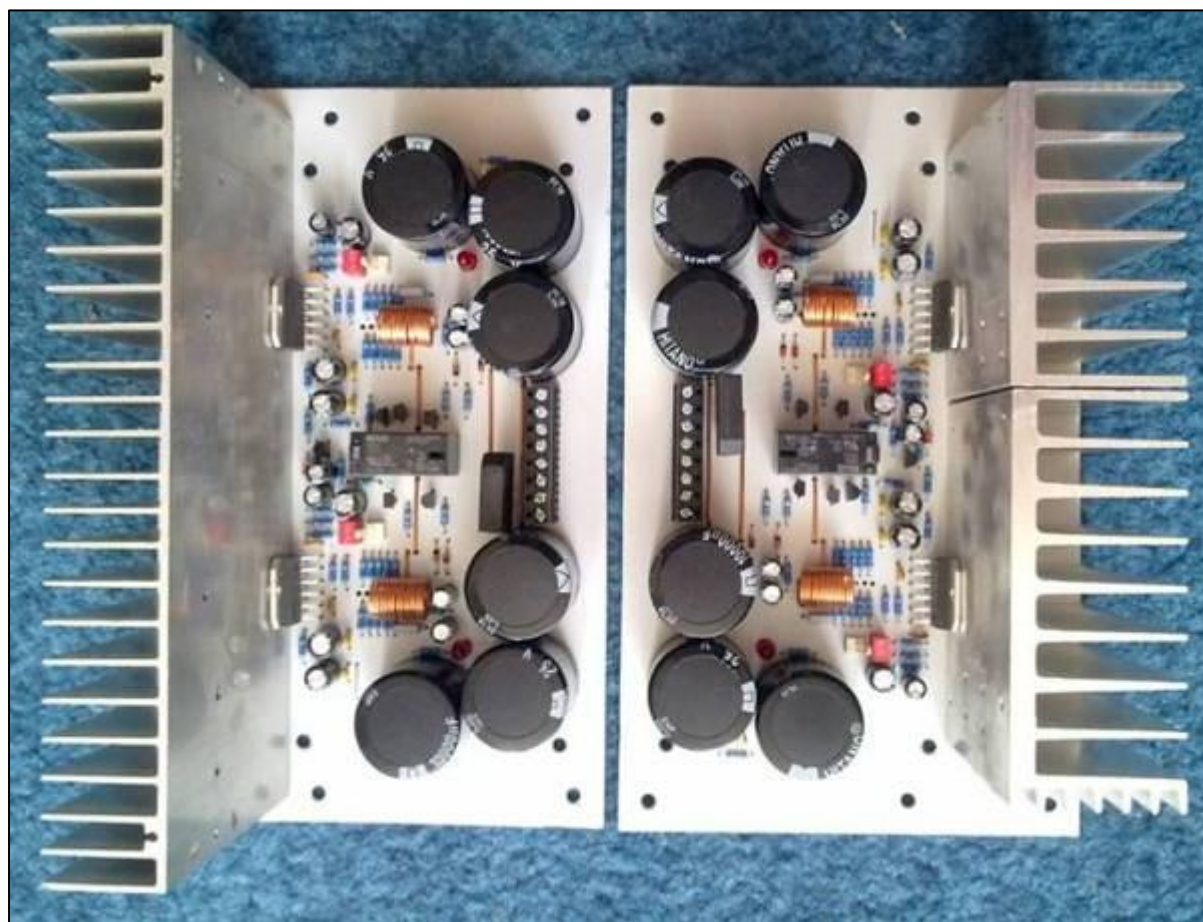
RE1	24VDC
2 prepínacie kontakty	

J1 - 2 pólový	
---------------	--









25.08.2011  
maduda.radoslav@gmail.com