

# 1 Úvod

Prevažnú časť elektronikov a rádioamatérov v dnešnej dobe určite zaujala téma audio zosilňovačov. Mnohí z nich už určite aj nejaký ten zosilňovač s úspechom skonštruovali. Nakoľko je hudba neodmysliteľnou súčasťou nášho života rozhodli sme sa postaviť „zariadenie“ resp. nf zosilňovač, ktorý by v sebe ukrýval viacero funkcií, ktoré prispievajú ku konečnému efektu, ktorý sme týmto zariadením chceli dosiahnuť. Z tohto dôvodu sme ho nazvali „Multifunkčný nízko-frekvenčný zosilňovač“. Jednotlivé časti zariadenia samozrejme okrem samotného koncového stupňa sú napr. aktívny korekčný predzosilňovač, ktorým vieme potláčať vysoké a hlboké frekvencie, vyvažovať hlasitosť ľavého a pravého kanálu, tiež nastavovať hlasitosť oboch kanálov, všetko za použitia potenciometrov umiestnených na prednom paneli. Zariadenie taktiež disponuje funkciou „sleep“. Jedná sa o možnosť nastavenia času po ktorom sa celé zariadenie automaticky vypne. Ďalej je v zariadení „farebná hudba“ v podobe dvanástich LED diód, z ktorých každá reaguje na inú frekvenciu obsiahnutú v samotnom nf signály.

VU metre pre obidva kanály reagujú na nižšie frekvencie a teda ich ručičky „skáču“ podľa basov. Stupnice sú podsvietené červenými vysokosvietivými LED. Nápis „DBBS – Dynamic Bass Boost System“ na VU metri plynule mení svoju farbu. V tomto prípade je podsvietenie riešené vysokosvietivými RGB LED diódami.

Chladienie je aktívne, používa jednosmerný ventilátor s napájaním 12V umiestnený je na masívnom chladiči. Ventilátor je automaticky spínaný pri dosiahnutí zvolenej teploty chladiča, nezávisle na tom či zosilňovač a ostatné obvody sú zapnuté.

Ďalšou významnou časťou celého zariadenia je obvod , ktorý je určený na jeho vyhľadávanie pri odcudzení v ubytovacích zariadeniach ako je napr. internát.

Všetky časti zariadenia sú opísané v tejto dokumentácii.

K zosilňovaču sme si postavili aj 2 – pásmové reprosústavy s reproduktormi značky Tesla a s pasívnymi výhybkami.

Náš zosilňovač nájde uplatnenie aj ako jednoduchý mixážny „pult“ vďaka použitiu korekčného predzosilňovača.

Keďže sa pri konštrukcii vyskytlo aj viacero problémov či už z hľadiska funkcie alebo z hľadiska konštrukčného, ktoré sme samostatne nevedeli vyriešiť chceli by sme sa poďakovať užívateľom internetových fór na stránkach [www.elektroworld.info](http://www.elektroworld.info) a [www.svetelektro.com](http://www.svetelektro.com) tiež nášmu konzultantovi a všetkým za ich prípadnú pomoc.

## 2 Popis zapojení

### 2.1 Koncový stupeň

Základom zosilňovača je dvojica monolitických integrovaných obvodov LM3886, ktoré sa svojím výkonom a veľmi malým skreslením právom zaradujú medzi koncové zosilňovače triedy HIGH-END (najvyššia trieda kvality). Napájacie napätie sa pohybuje v rozsahu 20-84 V ( $[V+] + [V-]$ ), výstupný výkon 68W pri 4 ohm,  $U_{cc} = 2 \times 28$  V, krátkodobý výstupný výkon až 135W a harmonické skreslenie 0,03% pri 60W a záťaži 4Ohm.

Obsahuje ochranu SPiKe, ktorá obvod chráni pred skratom výstupu na zem alebo na napájacie napätie, zníženým alebo zvýšeným napájacím napätím a prehriatím.

Výstupný výkon obvodu je pochopiteľne závislí na napájacom napätí a na výstupnej záťaži. Napájanie obvodu môže byť buď symetrické alebo nesymetrické. V tomto zapojení je použité symetrické napájacie napätie cca 2x30V. Ďalšou vlastnosťou obvodu je nutnosť privádzať vstupný nf signál vyššej úrovne ako je to u väčšiny iných zosilňovačov, pretože v zapojení je nastavené nižšie zosilnenie obvodu a to prispieva k výborným vlastnostiam obvodu hlavne čo sa týka skreslenia a šumu.

Označenie jednotlivých vývodov obvodu je na **obr.1**. Závislosť skreslenia od výstupného výkonu zobrazuje graf **fig.1**.

Takýto výkon si vyžaduje aj značné chladenie. V našom prípade je použité aktívne chladenie.

Do hliníkového profilu sme si dali vyfrézovať otvor pre ventilátor. Použitý ventilátor má napájanie 12V a maximálny prúd 0,24A. Výstupný výkon obvodu je obmedzený pomerne malou plochou pre odvod tepla. IO sú na chladiči pripevnené skrutkami a dotykové miesta sú potreté teplovodivou pastou pre lepší odvod tepla.

Schéma zapojenia koncového stupňa je v prílohe na **obr.2**, návrh dosky plošných spojov koncového stupňa je na **obr.2b** a rozloženie súčiastok na doske koncového stupňa je na **obr.2c**.

Citujem:

„Užitočný signál je privádzaný cez oddeľovací elektrolytický kondenzátor C1 a ochranný rezistor R1 na vývod č.10 IO1. K zmenšeniu nežiaducich rušivých vplyvov na rozvod napájacieho napätia je v kladnej napájacej vetve zapojený tantalový kondenzátor C7 a keramický kondenzátor C8. V zápornej napájacej vetve je z rovnakých dôvodov zapojený tantalový kondenzátor C10 a keramický kondenzátor C9. Funkciu Stand- By je možné využiť odpojovaním rezistora R6 od vývodu č.4. K „neutralizácii“ vstupu pri zapnutej funkcii Stand- By je pripojený k vývodu č.8 elektrolytický C6. Zosilnenie zosilňovača je nastavené rezistormi R3 a R2 a tento odporový delič je oddelený od „zeme“ elektrolytickým kondenzátorom C2 ( filtrácia ). Pre dokonalú symetrizáciu zapojenia a nastavenia pracovného bodu neinvertujúceho vstupu výkonového zosilňovača je k vývodu č.10 pripojený rezistor R8, ktorý je svojím druhým vývodom uzemnený. Pre zlepšenie stability celého zapojenia v akustickom a v nad akustickom pásme sú v zapojení použité keramické kondenzátory C3, C4 , C5, rezistory R4, R5, R7 a tlmivka L1. Článok R5 – C5 je známy jednoduchý Boucherottov člen, ktorý je doplnený článkom R7 – L1. Po ročných skúškach týchto typov zosilňovačov však môžem povedať ( a výsledky meraní to potvrdili ), že pri použití DPS, ktorá je na obrázku 2 nebolo nutné tlmivku L1 a rezistor R7 použiť. Najúčinnější filtračný účinok majú keramické kondenzátory C3 a C4. Zosilnenie zosilňovača je nastavené rezistormi R3 a R2, zosilnenie je možné meniť v rozsahu 20dB – 40dB pri zmene kompenzačných rezistorov u kondenzátora C4. S väčším zosilnením je však nutné zväčšiť kapacitu tohto blokovacieho kondenzátora. Kapacita kondenzátora C3 vyhovuje v celom uvedenom rozsahu zosilnenia. Člen LR sa so svojimi účinkami prejavil pri premeriavaní obvodu signálom obdĺžnikového priebehu o kmitočte 100kHz a so záťažou 40Ω. V DPS je braná do úvahy aj varianta s použitím LR členu. Zo zapojenia je možné získať sínusový výkon 60W, max .70W ( špičkovo až 135W ) na kanál, podľa tvrdosti napájacieho, jednosmerného zdroja napätia. Kľudový prúd by mal byť v rozsahu od 60mA až 100mA a veľkosť jednosmerného napätia na vývode č.3 ( 0V – 20mV ). Puzdro je pri montáži nutné galvanicky oddeliť od chladiča, pokiaľ je chladič spojený s nulovým potenciálom.“(1)

## 2.2 Korekčný predzosilňovač

Citujem:

„Korekčný predzosilňovač je postavený s integrovaným obvodom firmy NATIONAL SEMICONDUCTOR LM1036N a je určený k použitiu v kvalitných nf zosilňovačoch so vstupmi pre tuner, CD a podobne. Obvod má v jednom puzdre obidva stereofónne kanály. K riadeniu hlasitosti, stereofónnej váhy, hĺbok a výšok využíva vnútorný referenčný zdroj. Celý korekčný predzosilňovač je postavený na jednostrannej doske plošných spojov o rozmeroch 50 x 135mm.

Schéma zapojenia korekčného predzosilňovača vychádza z doporučeného zapojenia výrobcu. K zväčšeniu vstupného odporu korekčného obvodu je v každom kanále použitý oddeľovací stupeň U1A, U1B. Ku galvanickému oddeleniu vstupného signálu a neinvertujúcich vstupov U1 sú použité kondenzátory C1 a C2. Vstupný stereofonný signál sa privádza na vývody 2 a 19 U2 cez kondenzátory C3, C4. Výstupný signál je na vývodoch 8 a 13. Tieto signály sú galvanicky oddelené kondenzátormi C16, C17, ktorých kapacita závisí od impedancie nasledujúcich obvodov. Pre zmenšenie prípadných nežiaducich signálov a zlepšenie stability zapojenia sú na výstupoch U2 zapojené ochranné rezistory R10 a R11. Dovolené prevádzkové napätie je 9 až 12V, odoberaný prúd je typicky 35mA pri napájacom napätí 12V. K filtrácii napájacieho napätia slúžia kondenzátory C18 až C23. Maximálne výstupné napätie (efektívne) na vývodoch 8 a 13 U2 pri frekvencii 1kHz a pri napájacom napätí 12V je približne 1V. Fyziologická regulácia hlasitosti (loudness) sa zapína prepojením pinov 1,2 na konektore J1. V prípade, že nepoužijeme loudness treba prepojiť piny 2 a 3. Ďalej nf signál sa privádza na neinvertujúci zosilňovač U3 so zosilnením 2. V prípade potreby väčšieho signálu na výstupe korekčného predzosilňovača, zosilnenie môžeme meniť rezistormi R17, R19 vo veľmi širokom rozsahu. Popisovaný korekčný predzosilňovač sa dá pripojiť v podstate k ľubovoľnému koncovému zosilňovaču s efektívnym vstupným napätím v rozsahu 100mV až 1,55V.“(2)

Schéma korekčného predzosilňovača je na **obr.3**, návrh plošného spoja na **obr.4** a osadenie plošného spoja súčiastkami je na **obr.5**.

## **2.3 „Sleep“**

Tento obvod je pôvodne určený na plnenie dvoch úloh. V pôvodnom zapojení plní funkciu oneskoreného pripojenia reproduktorov k zosilňovaču a jeho druhá funkcia je možnosť automatického odpojenia reproduktorov po nastavenom čase (sleep). Naše zariadenie však prvú funkciu nevyužíva, nakoľko sme použili obyčajné jednopólové prepínacie relé, ktoré sme zapojili na primárnu stranu napájacieho transformátora. Tým je dosiahnuté to, že po uplynutí nastaveného času potenciometrom sa vypne celý zosilňovač vrátane ostatných doplnkov ako farebná hudba a diódy LED. Spozdené pripojenie tu teda nehraje žiadnu úlohu. Výnimkou sú obvody, ktoré sú napájané druhým transformátorom pretože ten je pripojený priamo na sieť a teda tieto obvody nie je možné vypnúť vypínačom len odpojením sieťového transformátora. Takto sme to zapojili preto, že ak nie je na časovací obvod privedené napájacie napätie je relé rozopnuté. Keďže je rozopnuté a je zapojené na primárnom vinutí transformátora, napätie by sa nedostalo na svorky časovača, tým by sa časovač ani nezapol. Relé by zostalo vypnuté a zosilňovač a ďalšie obvody by zostali vypnuté tiež.

### **2.3.1 Popis obvodu**

Citujem:

„Po pripojení napätia je kondenzátor C4 vybitý, vstup TRIG IO2 je teda na úrovni blízkej 0V, na výstupe OUT IO2 je log.1, tranzistor T2 je vypnutý a relé tiež. Súčasne sa začne nabíjať kondenzátor C3 cez rezistor R4. Po nabití na 2/3 napájacieho napätia, ktoré kontroluje vstup THR ( asi za 1,5 sekundy ), sa obvod preklopí. Na výstupe OUT je log.0, T2 sa zopne a relé tiež.

Obvod „sleep“ funguje takto: Ak je spínač potenciometra P1 vypnutý, funkcia je vyradená, pretože tranzistor T1 je zopnutý. Na vstupe TRIG IO1 je log.0, na výstupe OUT IO1 je log.1 čo umožňuje normálnu funkciu obvodu IO2. Zapneme spínač potenciometra, T1 sa uzatvorí a začne sa nabíjať časovací kondenzátor C1 cez kombináciu P1 a R2, na výstupe IO2 je log.1. Po nabití C1 na 2/3 napájacieho napätia ( kontroluje vstup THR ) sa výstup preklopí do log.0. Na rovnakú úroveň sa cez rezistor R5 dostane vstup TRIG IO2, na výstupe IO2 sa napätie skokom zmení na log.1 a relé vypína. Súčasne je na výstupe Stand- by napätie blízke 0V a môže prípadne ovládať rovnakú funkciu u IO výkonových zosilňovačov.

Čas pre „sleep“ je daný P1, R2 a C1 (  $T = 1,1 \times (P1 + R2) \times C1$  )“(3)

Schéma obvodu je na **obr.6**, návrh plošného spoja na **obr.7** a osadenie súčiastok plošného spoja na **obr.8**.

S pôvodnými súčiastkami bolo možné nastaviť čas od asi 23 min. do 80 min.

My sme si tento čas upravili tak aby bolo možné nastaviť čas od asi 4,7 min. do 59,7 min.

Toto sme dosiahli zmenou rezistora R2 z pôvodných 390 kOhm na 68 kOhm.

Najnižší možný čas sme teda vypočítali podľa uvedeného vzorca ale namiesto dvojice P1+R2 sme dosadili len hodnotu za R2 čiže 68 kOhm, najvyšší zas kombináciou P1+R2, kde P1 má maximálnu nastaviteľnú hodnotu 1 MOhm.

Výsledky týchto výpočtov sú len orientačné, nakoľko žiadna súčiastka nie je ideálna.

## **2.4 Teplotný spínač**

Pretože nutnosť chladenia pomocným ventilátorom je často závislá na okolitej teplote a okamžitom prevádzkovom režime zariadenia, je výhodné spínať ventilátor len v prípade zvýšenia teploty chladiča.

Preto sme skonštruovali jednoduchý teplotný spínač ventilátora.

### **2.4.1 Popis obvodu**

Citujem:

„Schéma zapojenia teplotného spínača je na **obr.9**. Ako teplotný senzor je použitá bežná kremíková dióda namiesto inak často používaného polovodičového čidla.

Obvod je napájaný napätím +12V z už spomínaného prídavného transformátora. Referenčné napätie je získané Zenerovou diódou D1 s napätím 2,6 až 2,7V. To je privedené na neinvertujúci vstup nízkopríkonového operačného zosilňovača LM358 IC1A. Na invertujúci vstup je privedené napätie zo snímača teploty, tvoreného diódou D2 1N4007. Tá je umiestnená na chladiči z vnútornej strany a kontak je potretý teplovodivou vazelinou. Výstup operačného zosilňovača je privedený na bázu tranzistora, v emitore ktorého je zapojený ventilátor. Pokiaľ stúpne teplota zníži sa úbytok napätia na dióde D2, výstupné napätie OZ IC1A sa zvýši, tým sa zvýši aj napätie na motore a jeho otáčky. Vzhľadom k otvorenej smyčke spätnej väzby IC1A a jeho značnému zosilneniu má obvod charakter skôr spínača než plynulej regulácie otáčok v závislosti na teplote.

Obvod spínača je zhotovený na jednostrannej doske s plošnými spojmami o rozmeroch

31x22 mm. Rozloženie súčiastok na plošnom spoji je na **obr.10**, obrázok dosky zo strany spojov je na **obr.11**.“(4)

## **2.5 Farebná hudba**

Zapojenie vytvára pri počúvaní hudby zaujímavé svetelné efekty, ktoré sú riadené hudobným signálom. Výhoda je, že je možné použiť akékoľvek LED či už indikačné alebo vysokosvietivé rôznej veľkosti a farby. Integrovaný obvod UAA180 (A277) zvládne aj viac LED na jeden vývod.

### **2.5.1 Popis obvodu**

Citujem:

„Pred obvodom UAA180 (A277) je ešte zaradený prevodník frekvencia – napätie. Jednotlivé LED sa teda rozsvetujú podľa kmitočtu na výstupe a nie podľa veľkosti signálu (ako je to obvyklé).

Zariadenie je pripojené vstupnými kontaktmi priamo na kontakty reproduktora. Vstupný signál o veľkosti minimálne 0,5V tranzistor T1 mení na kladné pravouhlé impulzy. Za tranzistorom je zapojený integračný člen tvorený kondenzátormi C1, C2 diódami D1, D2 a rezistorom R3. Pri príchode čelnej hrany impulzu sa dióda D1 uzavrie, dióda D2 sa stane vodivou a začnú sa nabíjať kondenzátory C1, C2. Príchodom závernej hrany impulzu sa dióda D2 uzavrie, dióda D1 sa stane vodivou a kondenzátor C2 sa cez ňu vybije. Pri každom ďalšom impulze sa dej opakuje. Napätie na kondenzátore C3 sa pomaly znižuje vplyvom rezistora R3 a je tým vyššie čím viac impulzov sa za určitý čas naňho dostane. Veľkosť napätia je teda závislá na frekvencii. Toto napätie sa privádza na vstup IO (vývod č.17). Vstupné napätie je „zmerané“ operačnými zosilňovačmi a je rozsvietená príslušná LED. Na pinoch 4-15 integrovaného obvodu UAA180 sú pripojené 12 LED. Na pine 4 detekuje LED vysoké frekvencie (25 kHz) a s ďalšími pinmi sa rozlišovacia schopnosť LED posúva vo frekvenčnom pásme dole, kde na konečnom pine 15 LED detekuje nízke frekvencie (25 Hz).

So znižujúcim sa napätím na odporovom trimri P1 sa zhoršuje rozlišovacia schopnosť pre rozsvetovanie LED a naopak.”(5)

Schéma zapojenia je na **obr.12**, návrh dosky plošných spojov je na **obr.13** a osadenie súčiastok na doske je na **obr.14**.

## **2.6 VU Meter**

Ide o magnetoelektrické meracie prístroje, v tomto zapojení v podstate bez väčšieho praktického významu, ide skôr o efekt. Stupnica je nelineárna od -20 dB. Sú pripojené na výstup zosilňovača cez jednoduché obvody ktorých schéma je na **obr.15**.

Asi 33  $\mu$ F elektrolytický kondenzátor paralelne k meradlu, odporový trimer 47 k $\Omega$  a nakoniec germániová dióda pripojená na bežec ako usmerňovač. Trimrom sa nastavuje citlivosť. Veľkosťou kapacity sa nastaví, či bude ručička „vydesene“ skákať alebo sa bude velebne kývať, čo je pre VU meter lepšie pretože to odpovedá lepšie tomu, ako hlasný sa zvuk javí. Reaguje na nízke frekvencie, pri vysokých sa vôbec nepohybuje. Výchylka ručičiek vzhľadom k ciachovaním stupníc nie je smerodajná, keďže sme sa pri nastavovaní citlivosti o to nesnažili a nenastavovali sme ju s použitím tónového generátora. Pri zapájaní však treba dávať pozor na polaritu. Vysoká úroveň napätia opačnej polarity by zaručene merače zničila. Nakoľko na VU metri polarita naznačená nie je, zistili sme ju krátkym pripojením monočlánku 1,5V samozrejme cez rezistor. Podľa smeru vychýlenia ručičky sme zistili správnu polaritu.

## **2.7 Zdroj**

V celom zariadení sa nachádzajú 2 transformátory. Obidva sú s jadrom typu EI. „Hlavný“ zabezpečuje symetrické napätie cca 2x22V striedavých, po usmernení a vyfiltrovaní 2x30V pre koncový stupeň. Výkon transformátora je asi 180VA. Je teda teoreticky schopný celkovo dodať do zosilňovača pri takomto napätí asi 4A pre obidve vetvy, t.j. 2A pre jednu vetvu. Napájacie vodiče teda musia byť na takýto prúd dostatočne dimenzované.

Druhý transformátor je s napätím 11,5V a s podstatne nižším výkonom a teda aj rozmermi. Napätie je usmernené usm. mostíkom a vyfiltrované kondenzátorom 2200 $\mu$ F/50V. Nakoľko sa kondenzátor nabije na maximálnu hodnotu napätia, napätie sa zvýši. Preto je použitý stabilizátor kladného napätia, ktorý toto napätie stabilizuje na



potrebných 12V. Tento zdroj je pripojený nezávisle priamo na sieťový konektor. A to pre možnosť funkcie ventilátora aj po úplnom vypnutí zosilňovača hlavným vypínačom. Ďalej zabezpečuje napájanie pre časovač riadiaci funkciu „sleep“. Je ním napájaný aj korekčný predzosilňovač z nutnosti nepoužiť spoločnú zem s koncovým stupňom.

Ostatné časti zariadenia sú napájané zhodným „zdrojom“ striedavé napätie je ale privádzane z jednej vetvy hlavného transformátora (čo zabezpečuje vypnutie týchto obvodov po prípadne nastavenom čase „SLEEP“).

Schémy a návrhy týchto zapojení neuvádzam kvôli ich jednoduchosti.

### **2.7.1 Zdroj 2x30V pre KS**

Toto je kompletný zdroj zabezpečujúci symetrické napätie 2x30V pre koncový stupeň.

Schéma zdroja je na **obr.16**, návrh DPS na **obr.17** a osadenie súčiastok na **obr.18**.

Namiesto usmerňovacích diód sme použili kompletný usmerňovací mostík na 10A čo je dostatočná rezerva pre nárazové špičky pri zapnutí zosilňovača. Mostík je tiež umiestnený na chladiči a kontakt je opäť potretý teplovodivou vazelínou pre prípadné nahrievanie mostíka pri vyššom odbere prúdu. Je v plastovom elektricky nevodivom púzdre. Namiesto filtračných kondenzátorov 2x4700 $\mu$ F/50V sme použili kondenzátory 2x10 000 $\mu$ F/50V, ktoré by mali pokryť odber pri dynamických špičkách (basy – nízke frekvencie). Keramické kondenzátory sú použité pre rôzne obmedzenie rušivých vplyvov. Zdroj je tiež chránený voči skratu v podobe 4A poistiek v kladnej aj zápornej vetve. Poistky sa dajú ľahko vymeniť, nakoľko sú umiestnené v šrubovacích puzdrách na zadnom paneli.

### 3 Reprosústavy

Najdôležitejším faktorom pre kvalitný zvuk je reprodukovateľnosť a práve preto sme sa snažili navrhnuť a vyrobiť čo najlepšie ozvučnice.

Ako najlepšie riešenie v pomere cena/výkon sme zvolili reproduktory od známej firmy Tesla.

Hlbokotónový reproduktor je typu ARN 226-05/4 s menovitým šumovým príkonom 70W a krátkodobým maximálnym príkonom 140W. Jeho citlivosť je 86 dB čo je vzhľadom na väčšinu iných hlbokotónových reproduktorov pomerne málo, výsledný efekt je však veľmi uspokojivý. Priemer citlivostí hlbokotónových reproduktorov je asi tak 89 až 90 dB a pokles tejto citlivosti o 3 dB znamená potrebu zdvojnásobiť výkon, aby úroveň hlasitosti zostala na rovnakej hodnote. Veľmi zaujímavá je aj menovitá frekvencia tohoto reproduktora, ktorá sa pohybuje v rozmedzí 30 až 3000 Hz. Vďaka spodnej hranici tejto frekvencie sú vyžarované dostatočne nízke kmitočty takže nie je nutné použiť subwoofer. Priemer reproduktora je 226mm.

Ako vysokotónový reproduktor sme použili typ ARV 078-00/4 s menovitým príkonom 20W a maximálnym krátkodobým príkonom 30W. Tento príkon je postačujúci pretože do vysokotónového reproduktora sa dostáva len malá časť celkového výkonu zosilňovača. Citlivosť vysokotónových reproduktorov je zvyčajne vyššia ako u hlbokotónových. Konkrétne tu je to 88 dB. Menovitý kmitočtový rozsah je 2,5-18 kHz a priemer reproduktora je 78 mm. Menovitá impedancia oboch reproduktorov 40Ohm ale je samozrejme závislá od frekvencie. Tieto závislosti zobrazujú impedančné krivky, **obr. 19**. Frekvenčné charakteristiky sú na **obr.20a obr.21**. Výhodou použitého hlbokotónového reproduktora je aj to, že sa viac hodí do uzavretej ozvučnice, t.j. bez bassreflexu, vďaka čomu odpadajú problémy s pomerne zložitými výpočtami rozmerov a rezonančnej frekvencie bassreflexu. Podľa parametrov reproduktorov je pokryté celé počuteľné frekvenčné pásmo takže výsledný zvuk je dôveryhodný. Pre použitý hlbokotónový reproduktor je najvhodnejšia ozvučnica s vnútorným objemom 30-35 l.

Skrinky sú zložené z drevotriesky o hrúbke 2 cm a sú spojené samoreznými šrúbami a utesnené lepom na drevo. Z vnútorných strán reprobední je prilepený molitan o hrúbke 2 cm, ktorý slúži ako tlmiaci materiál a pohlcuje stojaté vlnenie, ktoré má za následok rezonanciu dosiek. Rozmery ozvučnice sú 420x300x300 mm a jej vnútorný objem je 31l.

Otvory pre reproduktory ako aj pre zadný konektor sme vyrezali pomocou priamočiarej píli na drevo a upravili pilníkom. Rozmerové náčrty reproduktorov súna **obr.23** a **obr.24**.

### **3.1 Frekvenčné výhybky**

Aby sa signál rozdeľoval do reproduktorov určených práve pre danú frekvenciu, ktorú sú schopné vyžarovať sú použité pasívne frekvenčné výhybky. Obidve sú to výhybky 2. radu takže so strmosťou 12 dB/oktávu. To jednoducho znamená, že frekvencie mimo určený rozsah sú potlačované o 12 dB a aktívnymi prvkami sú cievky a kondenzátory.

V reprobedňách sú výhybky kúpené s deliacou frekvenciou 3500 Hz. To určuje, že práve pri tejto frekvencii prestáva hrať basový a začína hrať výškový reproduktor. Univerzálnou výhybkou však nikdy nedosiahneme úplne ideálne rozloženie zvuku. Sú závislé na impedancii reproduktorov a zmenou impedancie sa menia aj ich vlastnosti.

Hodnoty medzných frekvencií sa určujú kapacitami použitých kondenzátorov a indukčnosťou cievok, tak ako aj spôsobom zapojenia k reproduktoru. Pre výpočet týchto hodnôt existuje veľa rôznych počítačových programov. Vždy však bude takýto výpočet len orientačný.

Pi použití vhodnej výhybky sa vysoké frekvencie zbytočne nedostávajú do basového reproduktora a nezaťažujú ho – ajtak by ich nebol schopný hrať. A naopak nízke frekvencie sa nedostávajú do vysokotónového reproduktora, ktorý by ich tiež nevedel hrať a je isté, že vysokotónový reproduktor by ukončil svoju životnosť.

Je známe, že na kondenzátore prúd predbieha napätie o  $90^\circ$  a na cievke je zas napätie o  $90^\circ$  pred prúdom. To má za výsledok celkové posunutie fázy o  $180^\circ$  čo má nepodmienený vplyv na posluš. Preto je na výškovom reproduktore obrátená polarita prírodných vodičov. Všetky kondenzátory použité vo výhybkách sú zvitkové. Všetky ostatné typy kondenzátorov sú na takéto účely úplne nevhodné.

## **4 Záver**

Dlho sme rozmýšľali nad tým ako skonštruovať dostatočne výkonné a kvalitné zariadenie, ktoré by nám zabezpečilo kvalitnú reprodukciu zvuku. Keďže elektronika je aj naším koníčkom na finančných nákladoch potrebných pre stavbu celého zariadenia nám ani veľmi nezáležalo. Dobrý pocit z toho že je to naša vlastná práca je na nezaplatenie tak ako aj výkon a kvalita zvuku. Skonštruovaním tohto zariadenia sme svoj cieľ s úspechom splnili. Reprodukory bez problémov využívame už asi 1,5 roka na inom „dočasnom“ zosilňovači. Ten náš sme dokončili len nedávno. Ďalšie funkcie, o ktoré by sme chceli zariadenie doplniť je možnosť súčasného zapojenia naraz dvoch vstupných signálov, medzi ktorými by sa dali robiť „prechody“ využitím funkcie „balance“ korekčného predzosilňovača, tiež možnosť pripojiť mikrofón čím by sa vytvorila možnosť rozprávať do hudby. Na tieto úpravy však už nebol čas, preto sa zatiaľ uspokojíme s týmito funkciami.

## **5 Résumé**

## **6 Zoznam použitej literatúry**

- (1) Jukka: Koncový zosilňovač s LM 3886 ( LM 2876, LM 3876 ) [online]. [cit. 2008-01-29]. Dostupné na internete: <<http://www.svetelektro.com>>.
- (2) XOLAB: Stereofónny korekčný predzosilňovač s LM1036 [online]. [cit. 2008-01-29]. Dostupné na internete: <<http://www.xolab.net>>
- (3) Jukka: Oneskorené pripojenie reproduktorov a sleep [online]. [cit. 2008-01-29]. Dostupné na internete: <<http://www.svetelektro.com>>
- (4) Redakcia A.R.: Teplotní spínač ventilátoru, [Zapojení pro začátečníky]. Amatérské rádio 09/2004, str.3.
- (5) Admin: Baravná hudba pomocí led diod [online]. [cit. 2008-01-29]. Dostupné na internete: <<http://chrudim.cz/tuning>>