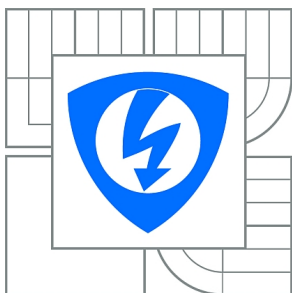


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV TELEKOMUNIKACÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATIONS

NÁVRH BASSCOMBA

BASSCOMB DESIGN

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

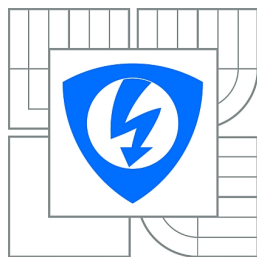
ROMAN GOMOLA

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. LADISLAV KÁŇA

BRNO 2010



**VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ**

**Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií**

Ústav telekomunikací

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Teleinformatika

Student: Roman Gomola

ID: 106448

Ročník: 3

Akademický rok: 2009/2010

NÁZEV TÉMATU:

Návrh basscomba

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Navrhněte elektrickou i mechanickou koncepci zesilovače ve skříni s reproduktory určeného pro baskytaru. V návrhu použijte dva reproduktory GF-650 8 ohmů/100W. Zaměřte se na dosažení malých rozměrů a hmotnosti. Použijte toroidní síťový transformátor. Korekční zesilovač řešte jako grafický pětipásmový oktavový s horním kmitočtem 4 kHz. Jako koncový zesilovač použijte některý z běžných IO např. LM 3886.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] GALLIEN KRUEGER, Inc. 800RB Bass Amplifier. Technická dokumentace Gallien Krueger, San Jose, CA, USA.

[2] TOMAN, K.: Reprodukory a reprosoustavy. DEXON, Orlová 2001.

Využití a repase nf zesilovače.

Termín zadání: 29.1.2010

Termín odevzdání: 2.6.2010

Vedoucí práce: Ing. Ladislav Káňa

prof. Ing. Kamil Vrba, CSc.

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

ABSTRAKT

V následujícím textu je popsán návrh basscomba, určeného k zesílení a reprodukci zvuku z baskytary. V jednotlivých kapitolách je popsána jak elektrická tak mechanická koncepce tohoto comba, které je vlastně ozvučnicí typu bassreflex s vestavěným zesilovačem a korekčními obvody. První část je věnována popisu použitého reproduktoru Monacor GF-650 a návrhu zesilovače vycházejícího z IO LM 3886, jehož součástí je i zdroj napájející celé zařízení. Další část popisuje korekční zesilovač, řešený pětipásmovým oktávovým grafickým ekvalizérem. V předposlední části je popsán výběr a návrh ozvučnice, její výroba a finální úpravy. Poslední část je věnována měření zhotoveného basscomba.

KLÍČOVÁ SLOVA

Basscombo, konstrukce, zesilovač, grafický ekvalizér, bassreflexová ozvučnice

ABSTRACT

The following text describes the design basscomb intended to strengthen and reproduce bass. In individual chapters is described as electrical and mechanical design of the combo, which is actually a type of enclosure port tube with built-in amplifier and the corrective circuits. The first part is devoted to a description of the speaker MONACOR GF-650 and amplifier design based on the IO LM 3886, which includes a power supply of the entire facility. The next section describes the correction amplifier, solutions five-band octave graphic equalizer. In penultimate section describes the selection and design of the baffle, its production and finishing. The last section is devoted to the measurement of manufactured.

KEYWORDS

Basscombo, construction, amplifier, graphic equalizer, enclosure port tube

KÁŇA, L. *Návrh basscomba*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Ústav telekomunikací, 2009. 29 s., 8 s. příloh. Bakalářská práce. Vedoucí práce: ing. Ladislav Káňa.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Návrh Basscomba jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne

.....

(podpis autora)

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu bakalářské práce ing. Ladislavu Káňovi za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

V Brně dne

.....

(podpis autora)

OBSAH

Seznam obrázků	vi
Seznam tabulek	vii
Úvod	1
1 Kytarové combo obecně	2
1.1 Historie.....	2
1.2 Kytarový zesilovač	3
1.2.1 Typy kytarových zesilovačů	3
2 Reproduktor	4
2.1 Druh reproduktoru podle principu činnosti a konstrukce	4
2.2 Parametry reproduktoru	4
2.2.1 Impedanční charakteristika	5
3 Zesilovač a Napájecí zdroj	7
3.1 Popis zapojení	7
3.2 Volba součástek	9
4 Grafický ekvalizér	11
4.1 Popis zapojení	11
4.2 Volba součástek	13
5 Mechanická koncepce basscomba	14
5.1 Ozvučnice a její účel.....	14
5.2 Typy ozvučnic.....	15
5.2.1 Rovinná deska.....	15
5.2.2 Ozvučnice otevřená.....	15
5.2.3 Ozvučnice uzavřená.....	15
5.2.4 Ozvučnice bassreflex	15
5.3 Ozvučnice pro řešené basscombo a výpočet nátrubku	16
5.4 Konstrukce ozvučnice	18
5.4.1 Rozměry skříně pro reproduktory, zesilovač a rozměry předního panelu pro ovládací prvky.....	19

5.4.2	Finální úprava skříně	20
6	Měření basscomba	21
6.1	Modulová kmitočtová charakteristika reproduktorů v ozvučnici	21
6.2	Zkreslení zesilovače.....	22
6.3	Kmitočtové charakteristiky grafického ekvalizéru	23
7	Závěr	27
	Literatura	28
	Seznam příloh	29

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 2.1	Rozměry a rozmístění děr reproduktoru.	5
Obr. 2.2	Amplitudová frekvenční a impedanční charakteristika reproduktoru.	6
Obr. 3.1	Pouzdro IO LM3886 s popisem vývodů.	7
Obr. 3.2	Chladič CHL 25E/75.....	9
Obr. 3.3	Toroidní transformátor 230/ 2x24V / 100W.....	10
Obr. 4.1	Integrovaný obvod LA3600 Sanyo.....	11
Obr. 4.2	Tahový potenciometr 100K/ N	13
Obr. 5.1	Rozměry skříně pro basscombo, rozměry jsou uvedeny v cm.....	19
Obr. 5.2	Přední panel zesilovače.....	20
Obr. 5.3	Umístění bassreflexového nátrubku a výřez pro zadní stranu zesilovače....	20
Obr. 6.1	Modulová kmitočtová charakteristika ozvučnice basscoma.....	22
Obr. 6.2	Kmitočtová charakteristika grafického ekvalizeru max., min. pro 250 Hz.	23
Obr. 6.3	Kmitočtová charakteristika grafického ekvalizeru max., min. pro 500 Hz.	23
Obr. 6.4	Kmitočtová charakteristika grafického ekvalizeru max., min. pro 1000 Hz.	23
Obr. 6.5	Kmitočtová charakteristika grafického ekvalizeru max., min. pro 2000 Hz.	23
Obr. 6.6	Kmitočtová charakteristika grafického ekvalizeru max., min. pro 4000 Hz.	23
Obr. 6.7	Kmitočtová charakteristika grafického ekvalizeru max. pro všechny frekvence.....	23
Obr. 6.8	Kmitočtová charakteristika grafického ekvalizeru min. pro všechny frekvence.....	23

SEZNAM TABULEK

Tab. 2.1	Parametry reproduktoru Monacor GF-650	5
Tab. 4.1	Hodnoty kondenzátorů pro nastavení jednotlivých kmitočtů	13
Tab. 6.1	Činitelé nelineárního zkreslení	22

ÚVOD

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem zesilovače ve skříni s reproduktorem, konkrétně s dvěma reproduktory, pro baskytaru. Návrh má být zaměřen na dosažení co možná nejmenších rozměrů a hmotnosti. Na začátku práce bude stručně popsáno něco málo z historie a proč vůbec bylo potřeba zvuk kytary zesilovat. Také bude v první části nastíněno jaké existují druhy kytarových zesilovačů a jaké kombinace je možné tvořit spolu s reproboxem.

Dále bude popsán reproduktor, obecně jako elektrodynamický měnič a vlastnosti takového měniče, poté i konkrétní reproduktor, který bude použit. Jedná se o reproduktor Monacor GF – 650 8 ohmů /100W, popsány budou také jeho některé potřebné parametry.

Také zde bude část věnována zesilovači, který bude vycházet z IO LM 3886. Návrh zesilovače bude upravené zapojení doporučené výrobcem, které bylo uvedeno v datasheetu. Součástí zesilovače bude i napájecí zdroj, který bude napájet celé zařízení.

V dalším kroku bude popsán korekční obvod basscomba což bude pětipásmový oktávový grafický ekvalizér, jehož základem bude IO LA3600. Zapojení tohoto ekvalizéru bude také doporučeným zapojením výrobce uvedeným v datasheetu. Bude nutný výpočet jednotlivých frekvencí. Horní kmitočet bude 4 kHz jak bylo uvedeno v zadání.

V předposlední části budou stručně popsány typy některých ozvučnic, detailněji potom ozvučnice použité pro tento koncept typu bassreflex. Určení objemu ozvučnice, výpočet bassreflexového nátrubku a na závěr bude popsána konstrukce samotné skříně s nákresem skříně a jejími rozměry. Příloha bude obsahovat schémata, desky plošných spojů a seznam použitých součástek zesilovače, zdroje a grafického ekvalizéru.

Poslední část bude věnována měření zhotoveného basscomba, jeho kmitočtové charakteristiky, činitele lineárního zkreslení zesilovače a kmitočtových charakteristik grafického ekvalizéru.

1 KYTAROVÉ COMBO OBECNĚ

V následující části je popsáno co bylo prvotním impulsem k zesílení zvuku kytary, jaké druhy kytarových zesilovačů existují a kombinace mezi hlavou(zesilovačem) a reproboxem. V jakých obdobích se používaly jaké typy zesilovačů.

1.1 Historie

Z hlediska historie bylo prvotním účelem elektrického zesílení zvuku kytary, vyrovnání její hlasitosti v orchestru. Začalo to někdy ve 30.- 40. letech minulého století, tedy v éře swingu, skvělými aparáty jako např. Gibson. Většího rozšíření se kytarová komba dočkala až s nástupem rock'n'rollu. Bylo tu i kombo Fender Bassman, později vyhledávané kytaristy. Kapely však používaly často akustický kontrabas a malou bicí soupravu, kytaristům k prosazení stačilo 10 - 40 W. Slavný Fender Champ bylo kombo s výkonem cca 4 W, ale vyznačovalo se skvělým zvukem a překvapivou hlasitostí.

V 60. letech nastal rozmach beatových kapel a vlna beatlemánie byla tím nejlepším, co si výrobci mohli přát. Výkony aparátů se zvyšovaly. V té době šel zvuk kapely často z pódia a PA systém přenášel hlavně hlasy zpěváků. Šlo stále o elektronky, které se masivně podílely na vytvoření stylu hry na elektrickou kytaru. V druhé polovině 60. let se pak objevily tranzistorové aparáty např. u renomované britské firmy Vox a s úspěchem je používali i Beatles. Začátkem 70. let se převalila přes největší pódia vlna hardrocku a jazzrocku, aparáty s výkonem 100 W byly samozřejmostí. Výkon 200 W byl pro kritiky peklem. Vlna punku konečně vrátila rockovou hudbu do klubů a s ní přinesla i zájem o kompaktnější aparáty. A tak je to dodnes. Není problém najít např. kombo nacpané digitálními efekty , přitom malé, hlasité a relativně levné. [3]

1.2 Kytarový zesilovač

Kytarový zesilovač je přístroj, který zesiluje signál produkováný elektrickou kytarou. Pomocí reproduktorů je pak zvuk kytary šířen akustickou cestou.

Zesilovač je tvořen dvěma stupni - předzesilovačem a koncovým zesilovačem. V předzesilovači lze nastavit barvu zvuku, koncový (výkonový) zesilovač se stará o zesílení signálu. Samotný zesilovač je nazýván hlavou a potřebuje spolupracovat s reproboxem (box, kabinet). Hlava a reprobox jsou nazývány kytarový stack. Half stack je kombinace hlavy a jednoho reproboxu, full stack je hlava se dvěma reproboxy. Pokud je naopak zesilovač i reproduktory v jednom korpusu, jedná se o kytarové combo.

1.2.1 Typy kytarových zesilovačů

Lampový zesilovač (také elektronkový zesilovač) – obsahuje elektronky (triody, pentody...) v obou stupních. Elektronky jsou archaické součástky, které byly v elektronice nahrazeny tranzistory, protože mají omezenou životnost, jsou náchylné na poškození otřesy a teplotními vlivy. Dnes se již používají právě pouze v oblasti hudebních zesilovačů, speciálně kytarových zesilovačů, především díky charakteru zvuku který zesilovač produkuje a kvůli dynamice. Koncové lampy je nutno měnit a tento typ zesilovače potřebuje specifickou péči (seřízení biasu apod.)

Tranzistorový zesilovač (také polovodičový zesilovač) je technologicky jednodušší než lampový zesilovač. Snese horší zacházení, je lehčí a nepotřebuje žádnou speciální údržbu. Jeho zvuk není kytaristy tak ceněn jako zvuk lampového zesilovače kvůli nedostatku dynamiky, slévání tónů apod.

Hybridní zesilovač (také pololampový zesilovač) obsahuje lampu v předzesilovači a tranzistory v koncovém stupni. Snaží se tak zvukově přiblížit celolampovým zesilovačům.

Modelingový zesilovač se snaží kopírovat zvuky slavných zesilovačů pomocí procesoru. Modeluje charakteristiku zvuku, čímž se snaží přiblížit různým legendárním modelům zesilovačů.[4]

2 REPRODUKTOR

Basscombo bude osazeno dvěma 6,5''reproduktory od firmy MONACOR typu GF-650 8ohm / 100W. Jedná se o basový elektrodynamický reproduktor. Parametry tohoto reproduktoru jsou uvedeny v Tab. 2.1 Rozměry a rozmístění otvorů pro uchycení reprodukturu je zobrazeno na Obr. 2.1. Amplitudová frekvenční a impedanční charakteristika tohoto reproduktoru je zobrazena na Obr. 2.2. Frekvenčních charakteristik existuje několik, na obr. níže je zobrazena ta nejznámější a to je grafické znázornění frekvenční závislosti charakteristické citlivosti v logaritmickém měřítku.

2.1 Druh reproduktoru podle principu činnosti a konstrukce

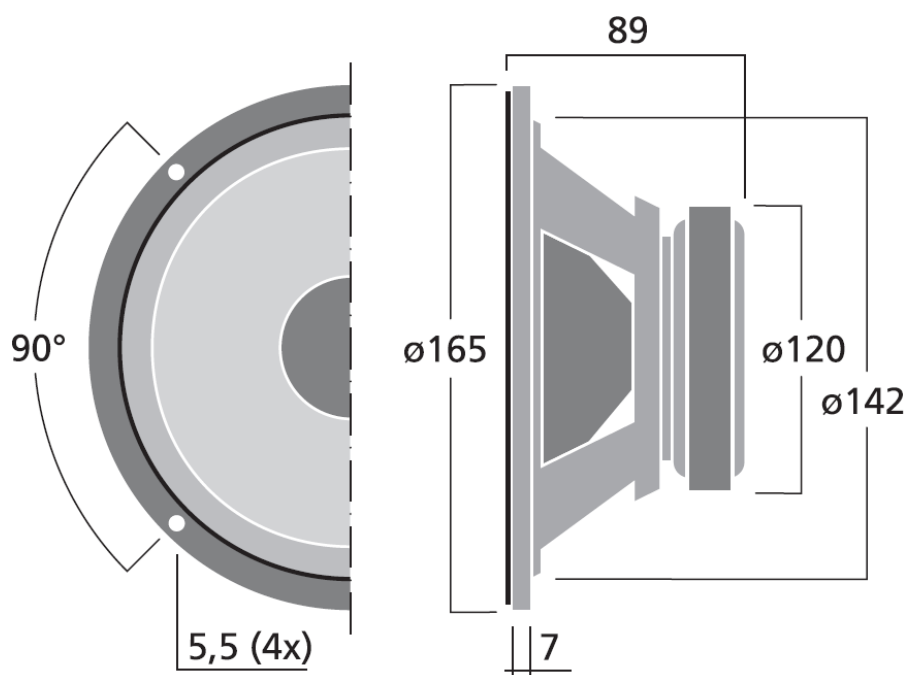
Reproduktory, kterými bude osazeno basscombo jsou z hlediska principu činnosti a konstrukce reproduktory elektrodynamické s kuželovou membránou. Membrána ve tvaru pláště komolého kužele je pružně zavěšená do rámu reproduktoru, který nazýváme koš. Pístový pohyb membrány způsobuje zřed'ování a zhušť'ování vzduchu, čímž vzniká zvuková vlna. Funkce elektrodynamického reproduktoru je založena na principu silového působení na vodič s protékajícím proudem umístěným v magnetickém poli. Pokud navíc zajistíme, aby proud protékal střídavě, pak i pohyb bude nějakým způsobem střídavý. U reproduktoru proto využijeme silového působení na kmitací cívku, umístěnou v silném magnetickém poli. [4]

2.2 Parametry reproduktoru

Parametry reproduktoru dělíme na mechanické (rozměry, hmotnost atd.), všeobecné (max. standartizovaný příkon, citlivost, jmenovitá impedance, frekvenční rozsah atd.) Thiele – Small parametry, které popisují reproduktor jakožto mechanicko – elektrickou soustavu (činitele jakosti, rezonanční frekvence atd.) a grafické, což jsou různé směrové charakteristiky, průběhy, impedance atd. Některé z těchto údajů jsou zobrazeny níže jak v Tab. 2.1 tak na Obr. 2.1 a Obr. 2.2.

Tab. 2.1 Parametry reproduktoru Monacor GF-650

Nominální průměr	165 mm
Nominální impedance	8 Ω
Nominální výkon RMS	50 W
Maximální výkon	100 W
Citlivost	89 dB
Frekvenční rozsah	f3 - 5000 Hz
Stejnoseměrný odpor	6,5 Ω
Elektrický činitel jakosti	0,23
Indukčnost	1,1 mH
Rezonanční frekvence	33 Hz
Maximální výchylka	3,5 mm
Ekvivalentní objem Vas	36 l
Plocha membrány	137 cm ²



Obr. 2.1 Rozměry a rozmístění děr reproduktoru

2.2.1 Impedanční charakteristika

Při pohledu na impedanční křivku vidíme, že impedance má silně induktivní charakter se zvyšujícím se kmitočtem roste i impedance. To je způsobeno hlavně indukčností kmitací cívky. Dále na křivce vidíme vyvýšení to je místo, kterému říkáme rezonance reproduktoru, je to dost důležité místo, ze kterého vyplývá řada dalších

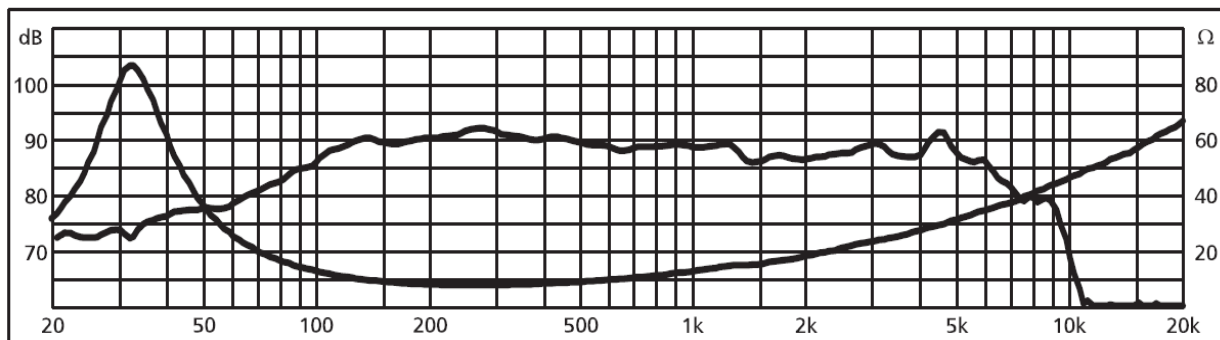
cenných informací.

Místo za rezonancí je část, ze které se stanovuje obvykle tzv. nominální impedance reproduktoru, jde o absolutní číslo. Jde o to, že v tomto úseku nesmí impedance klesnout pod stanovenou nominální mez. Je to vlastně místo ze kterého se stanovuje nominální impedanci „4“, „8“ nebo „16“ Ohmů.

Dalším důležitým místem je počátek, tedy kde $f = 0$ Hz, zde platí, že $Z = R_e$, na frekvenci 0 Hz, protože multimetr obvykle měří stejnosměrným signálem. Z této hodnoty můžeme poznat, o jaký reproduktor se jedná. Když naměříme něco kolem 7,3 pak se jedná o reproduktor „8Ohm“ atd. Naměřené hodnoty se samozřejmě mohou lišit, ne však výrazně.

Impedanční charakteristika není jen problém reproduktoru samotného, ale i problém vlastní spolupráce s budícím zesilovačem. Zesilovač ve skutečnosti zesiluje napětí. Impedance reproduktoru určuje výkon ve wattech, zatímco proudová zatížitelnost zesilovače určuje, zda je zesilovač schopen přenést výkon ve wattech, který je požadován. Takže důležité je jaké napětí s jakým kmitočtem právě zesilovač na svém vstupu dává. Onen kmitočet je určující pro určení okamžité impedance reproduktoru a známe-li impedanci a generované napětí lehce si vypočteme výkon podle ohmova zákona. [1]

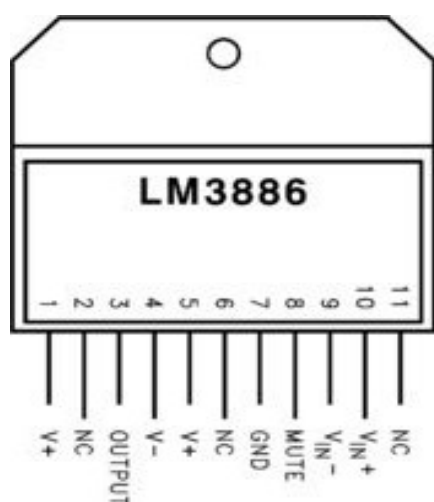
$$P = \frac{U^2}{Z} [W] \quad (2.1)$$



Obr. 2.2 Amplitudová frekvenční a impedanční charakteristika reproduktoru

3 ZESILOVAČ A NAPÁJECÍ ZDROJ

Základ zesilovače tvoří obvod LM3886. Zapojení modulu vychází z doporučeného zapojení výrobcem obvodu LM3886, firmy National Semiconductors. Nejde o žádné modifikace typu "gainclone" a jiné, které často degradují elektrické i zvukové vlastnosti zesilovače. Nejsou vynechány ani zjednodušeny žádné prvky frekvenční kompenzace. Deska zesilovače bude rovněž obsahovat napájecí zdroj zesilovače a korekčního zesilovače, který bude koncovému předřazen.



Obr. 3.1 Pouzdro IO LM3886 s popisem vývodů

3.1 Popis zapojení

Vstupní signál je připojen na svorky INPUT (J1) kvůli požadavku na regulaci hlasitosti, bude vstupní signál veden přes potenciometr 10k s logaritmickým průběhem, umístěný na přením panelu zesilovače. C1 a C17 filtruje případnou ss složku a spolu s rezistory R1, R2 určuje dolní mezní frekvenci přenosu zesilovače se součástkami které jsou uvedeny ve schématu by tato frekvence měla být cca 3,5 Hz. Rezistor R4 omezuje možnost vzniku "zemních smyček" a s tím spojeného brumu v reproduktoru. Vstupní odpor je 21k a zesílení 20x (26dB) - pro výkon 50W/8ohmů je potřeba 1V ef. na vstupu. Kondenzátory C4, C5 jsou v bipolárním zapojení, spolu s rezistorem R3 opět určují dolní mezní frekvenci přenosu zesilovače. Se součástkami které jsou uvedeny ve

schématu by tato frekvence měla být cca 3,2 Hz. Chování elektrolytických kondenzátorů na vysokých frekvencích vylepšuje paralelně připojený fóliový kondenzátor C3.

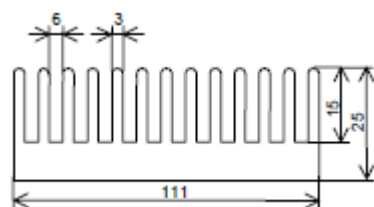
Reproduktor je připojen na svorky OUTPUT (J3) přes klasický RL článek čili integrační článek R8, L1, pomáhající zesilovači zvládat bez zákmitů či oscilací komplexní zátěž a omezující možnost průniku vf signálů do zesilovače. Svorky MUTE (J2) umožňují kdykoliv potlačit výstupní signál. Tato funkce obvodu LM3886 však u basscomba nemá využití, proto budou svorky (J2) vodivě propoje čímž funkci MUTE zrušíme.

Deska zesilovače bude rovněž obsahovat napájecí zdroj, který bude využit i pro napájení korekčního zesilovače, čili pětipásmového oktávového grafického ekvalizéru. Symetrické střídavé napětí ze síťového trafo je přivedeno na svorky AC (J4), usměrněno můstkem D1 a filtrováno elektrolytickými kondenzátory C12 a C13. Impedance napájecích větví na vysokých kmitočtech je zmenšena fóliovými kondenzátory C9-C11. Primár transformátoru musí být jištěn pojistkou typu T dimenzovanou na proud odpovídající cca dvojnásobku příkonu zesilovače v tomto případě 2A pojistkou. Sekundární napětí trafo může být max. 2x29V naprázdno. Toto napětí platí spíše pro zátěž 8 ohmů, kdy umožňuje dosáhnout maximálního možného výkonu. Pro provoz se zatěžovací impedancí 4 ohmy je vhodné použít sekundární napětí nižší, max. 2x24V opět pro dosažení maximálního možného výkonu. Vyšší napětí pouze zvyšuje ztrátový výkon a tím i teplotu pouzdra LM3886, což v důsledku vede k brzké aktivaci tepelné ochrany čipu. Trvalý výkon do 4 ohmů při příliš vysokém napájecím napětí pak může být až příliš nízký, např. pouhých 8 wattů. [5]

Samotné pouzdro neuchladí ani klidovou výkonovou ztrátu IO a nepomohou ani tepelné ochrany, z toho vyplývá, že zesilovač nemůže fungovat bez připojeného chladiče, ani při oživování modulu. Proto je nutné použít hliníkový chladič CHL 25E/75 Obr. 3.2 s R_{th} 2,3 [K/W], který bude zabudován v zadní stěně zesilovače, čili v zadní stěně basscomba. Podstatná část chladiče bude vysunuta ven kvůli lepšímu odvodu tepla z chladiče. Z výše uvedeného textu vyplývá, že pro naši koncepci, kdy budou připojeny dva 8ohmové reproduktory paralelně, ve výsledku tedy 4ohmy (3.1).

$$R = \frac{R1 \cdot R2}{R1 + R1} [\Omega] \quad (3.1)$$

Je vhodné použít nižší symetrické střídavé napětí transformátoru. Jako zdroj symetrického střídavého napětí je použit toroidní transformátor 2x24V/100W. Obr. 3.3. Přivedení střídavého napětí 230V k toroidnímu transformátoru bude provedeno přes kolébkový přepínač SSK 8550 umístěný na předním panelu zesilovače. Tento přívod bude na zadním panelu zesilovače zakončen konektorem EURO 12 VJ, pro připojení napájecí šňůry FLEXO EURO 90. Schéma celého zapojení je v příloze A.1.

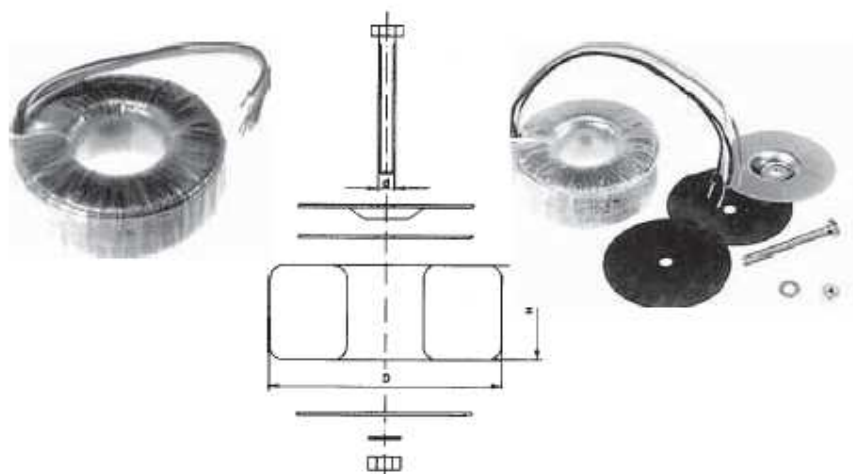


Obr. 3.2 Chladič CHL 25E/75

3.2 Volba součástek

Vstupní kondenzátor je realizován dvojicí paralelně spojených foliových kondenzátorů 1u (C1, C17). Jde o běžně dostupné typy, které svou kvalitou naprosto vyhovují. Rezistory R7, R8 jsou běžně dostupné typy metalizovaných rezistorů na zatížení 2W. Při návrhu plošného spoje bylo postupováno tak aby byly vedení signálových cest co nejkratší. Tlumivka L1 je vzduchová, tvořená 16 závitů smaltovaného měděného drátu o průměru 1,2 mm, kterého je zapotřebí asi 45 cm. Jako kostříčku pro navíjení použijeme například dřík vrtáku, nebo cokoliv jiného o průměru 10 mm. Indukčnost cívky by měla být 0,63 uH a odpor kolem 7 miliohmů. Přípojné body jsou realizovány šroubovacími svorkovnicemi typu ARK210. Umožňují použít vodiče až do průřezu 2,5 mm². Plošný spoj umožňuje osazení filtračními elektrolytickými kondenzátory o max. průměru 25,4 mm to jsou např. běžně dostupné elektrolytické kondenzátory Jamicon. Je vhodnější použít typy s vývody snap-in, kvůli

tomu, že snesou vyšší nabíjecí a vybíjecí proudy. Můstek D1 se nebudeme snažit nacpat co nejniž k desce, ale necháme mu delší vývody, což koneckonců prospěje jeho chlazení. [5] Deska plošného spoje je v příloze A.3, osazovací plán je v příloze A.4.

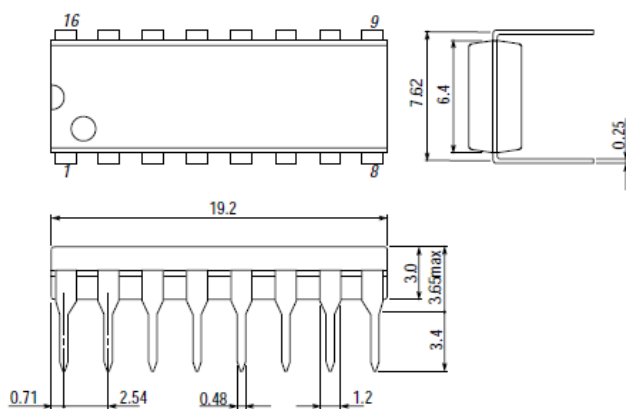


Obr. 3.3 Toroidní transformátor 230/ 2x24V / 100W

4 GRAFICKÝ EKVALIZÉR

Korekce vstupního signálu bude u basscomba prováděna pomocí grafického pětipásmového oktávového ekvalizéru s horním kmitočtem 4 kHz. Poměr frekvencí tónů vzdálených o oktávu je 2:1. Tón o oktávu vyšší tedy dostaneme zdvojnásobením frekvence základního tónu. Při zadané horním kmitočtu 4 kHz bude tedy grafický ekvalizér laditelný na frekvencích 250 Hz, 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz a 4 kHz s rozsahem regulace 12 dB. Ekvalizér slouží k úpravě kmitočtové charakteristiky tím lépe, čím větší má počet pásem. Je potřebný hlavně pro hudebníky, ale může být klidně součástí i domácí aparatury pro poslech hudby.

Náročnější zájemci zpravidla požadují rozdíl dělících kmitočtů již zmíněnou jednu oktávu. Jednotlivá pásma se nesmí příliš překrývat. Selektivita Wienových článků těmto požadavkům nevyhovuje, musíme proto používat rezonanční obvody s indukčnostmi. Realizace klasických cívek pro kmitočty v akustickém pásmu je pracná, drahá a rozměrově náročná, vyžaduje použití hrníčkových feritových jader. Naštěstí můžeme cívku nahradit syntetickou indukčností, tvořenou operačním zesilovačem.



Obr. 4.1 Integrovaný obvod LA3600 Sanyo

4.1 Popis zapojení

V ekvalizéru je použit osvědčený obvod Sanyo LA3600. V Příloze A.2 je celkové zapojení ekvalizéru. Zapojení modulu vychází z doporučeného zapojení výrobcem obvodu firmy Sanyo. Použitím již zmíněného speciálního integrovaného obvodu LA3600 se zapojení velmi zjednoduší. Rezonanční obvody jsou v ekvalizéru zapojeny do zpětnovazební smyčky neinvertujícího operačního zesilovače přes potenciometry P1

až P5 kterými lze regulovat zesílení operačního zesilovače na rezonančním kmitočtu každého obvodu.

Obvod má na svém rezonančním kmitočtu minimální odpor. Pokud ho tedy připojíme na neinvertující vstup (jezdec potenciometru nahoře), působí jakou součást děliče napětí na vstupu operačního zesilovače a tím na daném kmitočtu zmenšuje amplitudu signálu. Pokud obvod zapojíme na invertující vstup (jezdec potenciometru dole), působí obvod jako součást děliče napětí v záporné vazbě a tím vlastně na výstupu operačního zesilovače dostáváme na daném kmitočtu větší amplitudu signálu. Potenciometry pak umožní plynulou regulaci mezi těmito dvěma stavy. Vlivy všech obvodu se sčítají takže na výstupu ekvalizéru dostaneme signál na různých kmitočtech různě zesílený podle polohy potenciometrů P1 až P5.

V zapojení jsou použity frekvence, které byly dypočteny podle zadané horní frekvence 4kHz a informace, že se jedná o oktávový ekvalizér (tón o oktávu vyšší dostaneme zdvojnásobením frekvence základního tónu). Podle vzorce [1] lze hodnoty součástek pro jednotlivé kmitočty jednoduše vypočítat. Odpor R1 a R2 jsou vnitřní odpory obvodu LA3600 $R1=1,2 \text{ kW}$, $R2=68 \text{ kW}$. Obvod IC1 TL071 je zapojen jako sledovač se zesílením 1.

Sledovač napětí vlastně impedančně přizpůsobí velkou impedanci k malé, má na výstupu napětí rovné vstupnímu. Vstup má ovšem, podobně jako u neinvertujícího zesilovače, impedanci blízkou nekonečnu. Výstupní impedance je daná vlastnostmi použitého operačního zesilovače a je velmi nízká. Sledovač se používá právě pro oddělení vysokoimpedančního vstupu a nízkoimpedančního výstupu. Zapojením potenciometru P6 (100K/G) do zpětné vazby sledovače získáme regulaci vstupního signálu do ekvalizéru, kterou bych nazval GAIN. Odpor R1 zajišťuje poloviční napájecí napětí na vstupu IC1. Kondenzátor C8 zamezuje rozkmitání výstupního zesilovače v obvodu IC2. Rozsah regulace ekvalizéru je 12 dB. [4]

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{C4.C5.R1.R2}} [Hz] \quad (4.1)$$

4.2 Volba součástek

Pomocí výše uvedeného vzorce [1] pro výpočet jednotlivých kmitočtů jsem vypočetl hodnoty kondenzátorů, které jsou uvedeny v Tab. 4.1.

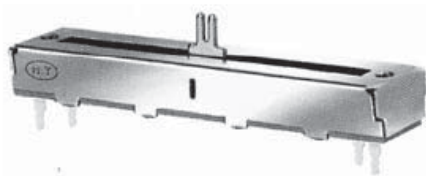
Tab. 4.1 Hodnoty kondenzátorů pro nastavení jednotlivých kmitočtů

f [Hz]	C [nF]	C [nF]
4000	1,2	15
2000	2,2	33
1000	3,9	68
500	10	150
250	22	330

Kondenzátory jsou převážně svitkové, pouze některé jsou keramické. Při použití ekvalizéru pro nástroje jako je tomu v tomto případě je lepší jejich větší tolerance. Obvody IC1 a IC2 není třeba umísťovat do objímek, protože nejsou v provedení MOS. Pro přívody je použita pájecí lišta s roztečí 5 mm. Na desce jsou i dvě drátové propojky, které je vhodné zapojit nejdříve. Odporů jsou mikrominiaturní v provedení 0204.

Potenciometry P1 až P5 jsou tahové potenciometry (100k / N) Obr.4.1. Potenciometry budou umístěny na samostatné desce plošných spojů, která bude z hlavní desky ekvalizéru propojena 7 vodiči, samozřejmě co nejmenší délkou. Můžeme použít i odpory standartní, které se zapájí na stojato. Toto zapojení ekvalizéru je vhodné pro vestavbu do kytarového comba jak pro kytaru elektrickou, tak i akustickou, popřípadě i pro jiné nástroje. Lze ho použít i v zesilovači pro ozvučení.

Ekvalizér je napájen nesymetrickým napětím, při 20 V má proudový odběr 15mA. Napájecí napětí by mělo být dobře filtrované. Filtraci napájecího napětí ještě můžeme zlepšit zařazením filtračního kondenzátoru, tím je myšleno elektrolytického kondenzátoru dostatečného napětí. Deska plošného spoje je v příloze A.5



Obr 4.2 Tahový potenciometr 100K/ N

5 MECHANICKÁ KONCEPCE BASSCOMBA

Zde je popsána mechanická koncepce reproboxu a hlavy (zesilovače). Jak už bylo na začátku vysvětleno hlava a reprobox jsou nazývány kytarový stack. Pokud je naopak zesilovač i reproduktory v jednom korpusu, jedná se o kytarové combo a to je tento případ. Hlava neboli zesilovač bude přímo zabudován do reproboxu. Reší se zde návrh typu, objemu a rozměrů ozvučnice, umístění zesilovače do ozvučnice, tlumení, povrchová úprava ozvučnice a její celkové dokončení.

5.1 Ozvučnice a její účel

Reproduktová skříň, jež prezentuje ozvučnici, má jednoduše řečeno, vliv na množství basů, které chcete získat z vybraného reproduktoru. Její hlavní účel je, že slouží k oddělení přední a zadní zvukové vlny z reproduktoru, neboli k zamezení jevu známému jako akustický zkrat, kdy přední i zadní vlna se na jistých kmitočtech vyruší. Vliv reproduktorové skříně je především na nízkých kmitočtech, takže veškeré výpočty se vždy upírají k basovému reproduktoru. Reproduktorové skříně stavíme kvůli basovému reproduktoru.

Kromě toho, že reproduktorová skříň podporuje reprodukci na nižších kmitočtech, má i ochrannou funkci pro reproduktor. Vestavěním do reproduktoru do ozvučnice dojde pod jistým kmitočtem k zmenšení maximální výchylky, takže v této oblasti reproduktor jakoby vydrží mechanicky více. Pro představu reproduktor mimo ozvučnici je schopen předat asi jenom $1/7$ teoretického akustického výkonu.

Existuje hodně typů ozvučnic od rovinné desky přes ozvučnici uzavřenou, ozvučnici bassreflex, ozvučnici s více komorami až po ozvučnice band – pass (pásmová propust). Já zde zmíním jen ty základní a detailněji rozeberu ozvučnici bassreflex, která je v návrhu použita. [1]

5.2 Typy ozvučnic

V praxi existují jistá pravidla, kdy kterou ozvučnici použít a ta vycházejí z vlastností reproduktoru, požadavků uživatele reprosoustavy a dalších např. velikost místnosti, umístění, mobilní nebo na stálo, nároky na nízké frekvence atd.

5.2.1 Rovinná deska

Je nejjednodušší provedení ozvučnice, teoreticky ji uvažujeme jako nekonečnou s nekonečnými rozměry. V praxi se používá samozřejmě s konečnými rozměry. Její velkou výhodou je jednoduše a nepřítomnost rezonancí vlivem stojatých vln. Z nevýhod je to potom kritické umístění a špatná účinnost na nízkých kmitočtech. [1]

5.2.2 Ozvučnice otevřená

Tato ozvučnice dříve byla rozšířená u elektronkových televizorů a radiopřijmačů. Dnes se využívá především u kytarových komb. Akustický zkrat je zde stejně jako u rovinné desky omezen jen částečně, jak moc to je dáno hloubkou skříně. [1]

5.2.3 Ozvučnice uzavřená

Nekonečnou rovinnou desku lze považovat v jistém smyslu za ideální, nerealizovatelný případ, takže uzavřená ozvučnice je jakýmsi kompromisem. Přední a zadní vlna se sice oddělí, ale v případě hermeticky uzavřené ozvučnice se zadní vlna mění na teplo. Takže se nechtěně snižuje účinnost. [1]

5.2.4 Ozvučnice bassreflex

Bassreflexová ozvučnice je v podstatě uzavřená ozvučnice, která má Helmholtzův rezonátor, též zvaný jako bassreflexový nátrubek většinou kruhového, nebo obdelnickového průřezu. Byl stanoven tzv. činitel EPB [1], podle kterého lze určit, jestli je reproduktor vhodný pro bassreflexovou ozvučnici.

$$EBP = \frac{f_s}{Q_{es}} [Hz] \quad (5.1)$$

Je to informativní hodnota, jehož hlavní mez je číslo 50. Pokud je $EBP < 50$, pak se reproduktor hodí spíše do uzavřené ozvučnice, pokud je $EBP > 50$, tak je reproduktor vhodný pro bassreflex. Když si představíme jak ozvučnici tak nátrubek jako rezonanční

obvody pak princip spočívá v tom, že oba rezonanční obvody naladíme na společný rezonanční kmitočet f_b . Tak pro úplnost, když reproduktor s rezonančním kmitočtem f_c , přidáme-li navíc bassreflexový nátrubek, dostáváme opět novou a to nižší rezonanci f_b . Pokud má ozvučnice objem V_b , nátrubek průřez S a délku l , pak rezonanční kmitočet bude [2].

$$f_b = \frac{c_0}{2\pi} \sqrt{\frac{S}{V_b(l + 0,96\sqrt{S})}} [Hz] \quad (5.2)$$

Konstanta 0,96 se používá, je-li délka mnohem větší než průřez nátrubku, pokud je ale srovnatelná, pak volíme hodnotu konstanty 0,91. [1]

5.3 Ozvučnice pro řešení basscombo a výpočet nátrubku

Ozvučnice pro navrhované basscombo, bude typu bassreflex. Tato ozvučnice byla zvolena kvůli parametrům reproduktoru a to jsou nízký rezonanční kmitočet, přímo doporučení výrobce, že reproduktor je vhodný do bassreflexové ozvučnice a činitel EBP, který po dosazení do vzorce (5.1), vyšel 143,48 čili víc jak 50. Také vzhledem k malému průměru reproduktoru je vhodný bassreflex, snížíme tím frekvenci od které začnou „basovat“. Návrh objemu ozvučnice a délka bassreflexového nátrubku je provedena pomocí aproximace „maximally flat“. Tento postup přibližně napodobuje aproximaci typu „Maximally flat“ což znamená, že požadujeme „stejně basy“ na co možná největší šířce pásma, nebo-li co nejmenší hrb na spodním okraji charakteristiky.

Pro tento výpočet potřebujeme parametry reproduktoru V_{as} , Q_{ts} a f_s , musí být však počítáno s tím, že ozvučnice bude obsahovat reproduktory 2. Ve standartním zapojení reproduktorů se změní to, že citlivost je vyšší o 3 dB než u jednoho reproduktoru a parametr V_{as} se zdvojnásobí. Pro stejný zvukový výsledek potřebujeme dvojnásobný objem.

Parametry jsou $V_{as} = 36$ l, pro dva reproduktory bude tedy $V_{as} = 72$ l, $Q_{ts} = 0,21$ a $f_s = 33$ Hz.

Objem ozvučnice je dán jako [3]

$$V_b = 15,33 \cdot V_{as} \cdot Q_{ts}^{2,86} = 15,33 \cdot 72 \cdot 0,21^{2,86} = 12,71l \quad (5.3)$$

Dolní mezní kmitočet [4]

$$f_3 = \frac{0,26 \cdot f_s}{Q_{ts}^{1,4}} = \frac{0,26 \cdot 33}{0,21^{1,4}} = 76,22Hz \quad (5.4)$$

Rezonanční kmitočet [5]

$$f_3 = \frac{0,26 \cdot f_s}{Q_{ts}^{1,4}} = \frac{0,26 \cdot 33}{0,21^{1,4}} = 76,22Hz \quad (5.5)$$

Průměr nátrubku zvolíme 70 mm. Potom délka nátrubku pro výše uvedené ladění je ve vzorci [6]

$$l = \frac{2361 \cdot d^2}{f_b^2 \cdot V_b} - 0,732 \cdot d = \frac{2361 \cdot 0,07^2}{56,46^2 \cdot 12,71} - 0,732 \cdot 0,07 = 0,165m \quad (5.6)$$

Nyní snížíme objem na požadovaný objem který jsem stanovil pro oba reproduktory $V'_b = 30l$.

Dolní mezní kmitočet bude nyní [7]

$$f'_3 = \sqrt{\frac{V_{as}}{V'_b}} = \sqrt{\frac{72}{30}} = 51,12Hz \quad (5.7)$$

Rezonanční kmitočet bude nyní [8]

$$f'_b = \left(\frac{V_{as}}{V'_b} \right)^{0,32} = \left(\frac{72}{30} \right)^{0,32} = 43,66Hz \quad (5.8)$$

Pro nové hodnoty je potřeba přeladit nátrubek, matematicky to znamená přepočítat jeho délku podle již jednou uvedeného vzorce [6]

$$l = \frac{2361 \cdot d^2}{f_b'^2 \cdot V'_b} - 0,732 \cdot d = \frac{2361 \cdot 0,07^2}{51,12^2 \cdot 0,03} - 0,732 \cdot 0,07 = 0,096m \quad (5.9)$$

Výsledný objem ozvučnice je tedy $V=30$ l s bassreflexovým nátrubkem o průměru $D=70\text{mm}$ a délce $l=0,096\text{m}$.

5.4 Konstrukce ozvučnice

Z určeného objemu v předešlé kapitole tj. 30 litrů, jsou v následující kapitole určeny rozměry ozvučnice. Vypočtený objem 30 litrů je objem vnitřní. Rozměry ozvučnice tedy musí být počítány tak, aby byl objem dodržen. Přitom musím být od objemu odečteny ještě objem reproduktoru a objem bassreflexového nátrubku, obecně všech částí které jsou umístěny uvnitř ozvučnice. V případě basscomba musí být ještě počítáno s místem pro zesilovač. Také nesmí být zapomenuto, že u tohoto typu ozvučnice je důležitá absolutní těsnost ozvučnice.

Obecné zásady při konstrukci reproduktorové ozvučnice jsou, že materiál, ze kterého bude ozvučnice zhotovena, musí být dostatečně tuhý, těžký a mít dostatečné vnitřní tlumení. Univerzální materiál ovšem neexistuje proto je třeba udělat kompromis podle použití reproduktoru. Dobrým materiálem je například M.D.F deska, tado deska je těžká hustá, má snadnou konečnou povrchovou úpravu a má velké vnitřní tlumení. Tento materiál je ovšem příliš těžký na reproduktory, které jsou přenosné, používá se spíš u HiFi. Proto bude při této konstrukci použit materiál D.T.D což je dřevo vláknitá deska. Je nejvíce používaným materiálem u reproduktorových skříní. Je středně těžká, méně houževnatá a levnější než M.D.F. Obvykle se používá tloušťka 18, 20 nebo 25 mm.

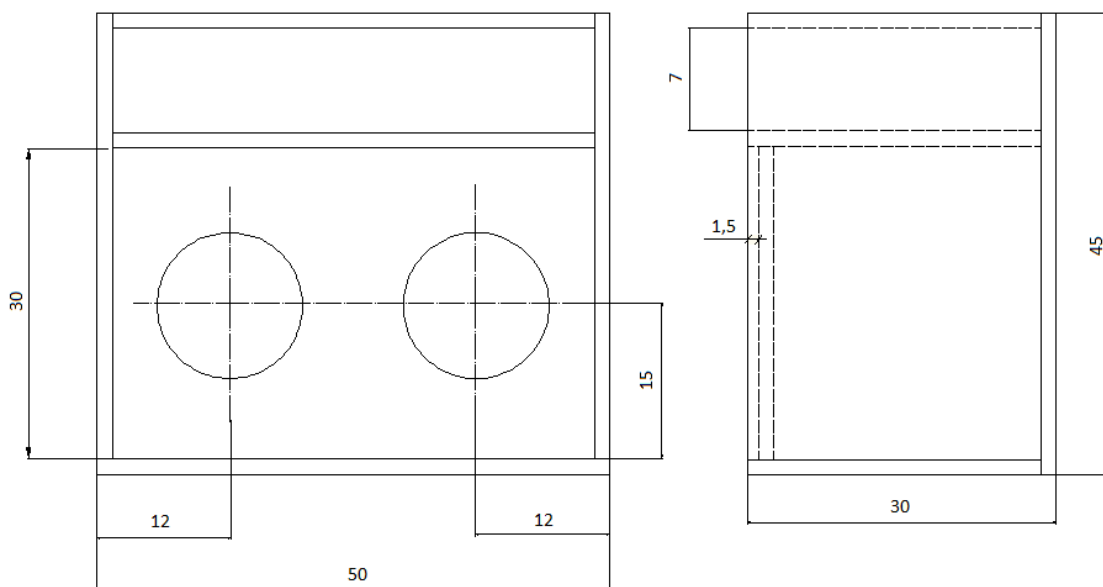
Pro basscombo bude dostačující deska o tloušťce 20mm. Spojování desek bude prováděno tzv. na tupo, pro zpevnění doplněno hranolkem vlepeným do každého rohu. Jako spojovací materiál bude použito lepidlo odpovídající kvality, a vše bude ještě pojištěno vruty.

Tlumení ozvučnice, které se provádí k tlumení stojatých vln. Stojaté vlny vznikají sloučením přímé zvukové vlny a všech dalších odražených vln. Pokud se trečí do fáze, jde o posílení a to má za následek vznik stojaté vlny. Proto se do ozvučnice umisťují tlumící materiály a to buď přímo k tomu určené např. tlumící rouno s vysokou pohltivostí, nebo běžné materiály jako molitan, ovčí vlna, vata atd. Naopak nežádoucím vlivem tlumení je snižování činitele jakosti, protože do soustavy zavádíme další

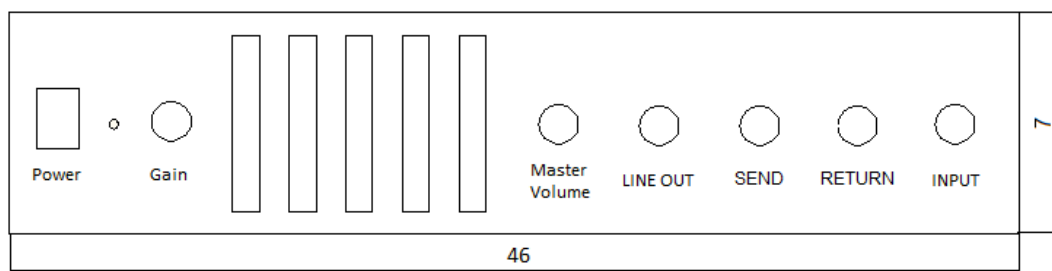
poddajnost. Proto jako ochrana proti stojatému vlnění bude v případě basscomba použit materiál gumoasfalt, který se taky někdy používá a budou zakulaceny rohy uvnitř skříně.

5.4.1 Rozměry skříně pro reproduktory, zesilovač a rozměry přeního panelu pro ovládací prvky

Po odečtení objemu reproduktoru, bassreflexového nátrubku a připočtením objemu nutného pro umístění zesilovače byly určeny konečné venkovní rozměry skříně 50x45x30cm (šířka x výška x hloubka). Jak již bylo zmíněno materiál, ze kterého bude skříň vyrobena má tloušťku 20mm. Pomocí těchto rozměrů, byly dopočteny všechny ostatní potřebné rozměry, které můžeme vidět na Obr. 5.1. Na tomto obrázku je taky vidět, že prostor pro umístění zesilovače, zdroje a korekčních obvodu je úplně odělen od prostoru pro reproduktory. Toto řešení přispěje jednak k větší těsnosti samotné ozvučnice a taky k větší pevnosti ozvučnice. Na následujícím obrázku Obr. 5.2 vidíme rozměry přeního krytu pro zesilovač, zdroj a korekční obvody, který bude obsahovat všechny ovládací prvky a také zdířky pro připojení basskytary, externího efektu a výstup Line out pro případné připojení k mixážnímu pultu. Kryt bude vyroben z duralového plechu o tloušťce 3mm.

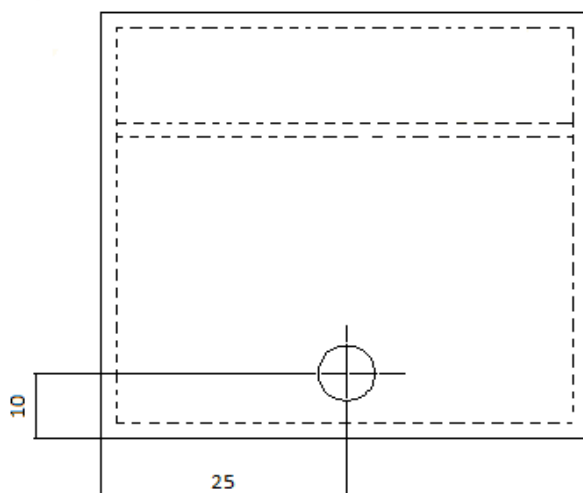


Obr. 5.1 Rozměry skříně pro basscombo, rozměry jsou uvedeny v cm.



Obr. 5.2 Přední panel zesilovače.

Bassreflexový nátrubek bude umístěn na zadní straně skříně Obr. 5.3



Obr. 5.3 Umístění bassreflexového nátrubku a výřez pro zadní stranu zesilovače.

5.4.2 Finální úprava skříně

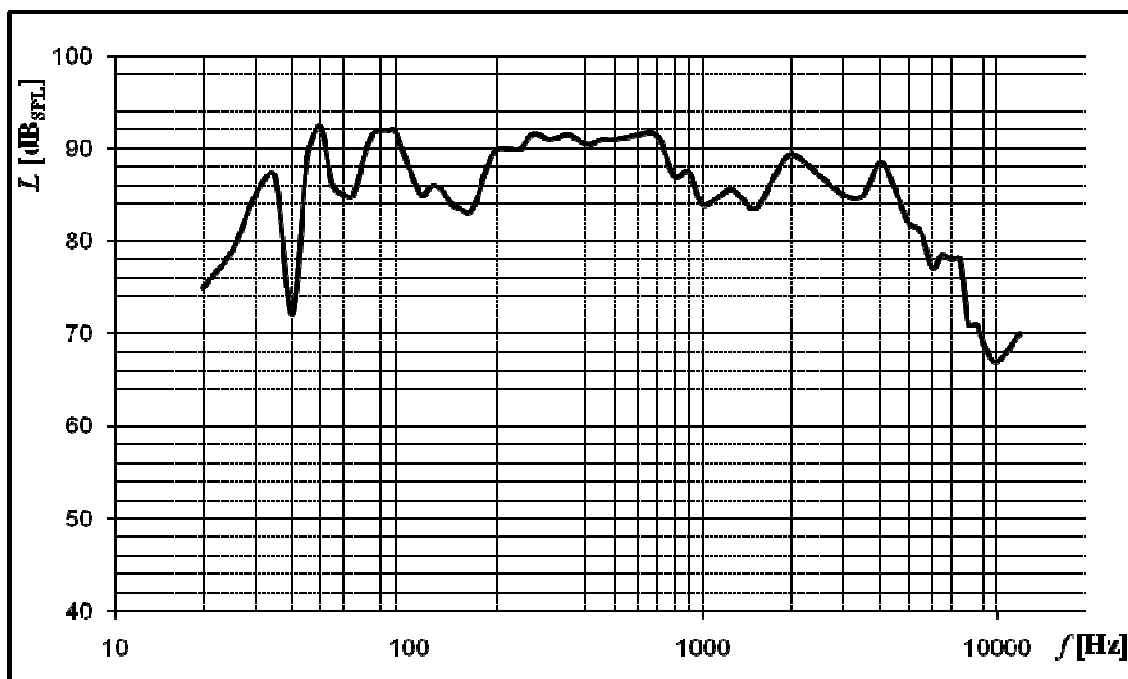
Skříň bude tedy vyrobena z již zmíněné dřevovláknité desky D.T.D z toho vyplývá, že tato skříň si žádá ještě nějakou povrchovou úpravu jak z estetického hlediska tak z praktického. Jako povrchová uprava bude celá skříň polepena zátěžovým kobercem černo-fialové barvy, jak tomu bývá u profesionálních aparatur. Tento materiál je praktický tím, že chrání skříň proti oděru případně i ztlumí nějaký menší pád. Ze spodní strany bude skříň opatřena gumovými nožkami, které částečně zamezí nežádoucímu pronikání rezonancí do podlahy. K ochraně při manipulaci bude combo také opatřeno plastovými rožky, určenými pro profesionální aparatury, a ochrannými mřížkami reproduktorů. Na horní straně bude skříň opatřena páskovým madlem pro snadné uchopení při manipulaci. Výsledky po finální úpravě v příloze C.2.

6 MĚŘENÍ BASSCOMBA

Tato část je věnována měření basscomba. Po zhotovení podle výše uvedeného návrhu bylo na basscobu provedeno měření jak celku, tak i jednotlivých částí. Byla změřena modulová kmitočtová charakteristika reproduktorové soustavy, čili ozvučnice osazená reproduktory basscomba. Dále bylo změřeno celkové zkreslení zesilovače, celkovým zkreslením je myšleno měření i s připojeným pětipásmovým grafickým ekvalizérem. Také byly změřeny kmitočtové charakteristiky pětipásmového grafického ekvalizéru, při maximální a minimální poloze tahového potenciometru pro jednotlivá pásma ekvalizéru. Na závěr ještě pro maximální a minimální polohu všech tahových potenciometrů na jednu.

6.1 Modulová kmitočtová charakteristika reproduktorů v ozvučnici

Modulová kmitočtová charakteristika, která je definována jako závislost akustického tlaku v ose reproduktoru a stálém vstupním napětí. Předpokladem je, že reproduktor vyzařuje do volného prostoru. Proto, bylo toto měření prováděno v bezodrazové komoře. Jako zdroj sinusového signálu byl použit záznějový generátor Sine-Random Generator B&K 1024, který je přeladitelný v jednom rozsahu přes celé akustické pásmo, disponuje výkonovým výstupem schopným vybudit přímo reproduktor a je vybavený kompresním vstupem. Měrný mikrofon byl připojen k zesilovači Measuring Amplifier B&K 2606 a charakterografu Frequency Response Tracer B&K 4709. Měrný mikrofon byl umístěn ve vzdálenosti 1m od reproduktorové soustavy v ose mezi reproduktory. Měření bylo provedeno v rozsahu 20 Hz až 20kHz. Modulová kmitočtová impedanční charakteristika reproduktorové soustavy čili ozvučnice osazené reproduktory basscoma je na Obr. 6.1.



Obr. 6.1 Modulová kmitočtová charakteristika ozvučnice basscomba.

6.2 Zkreslení zesilovače

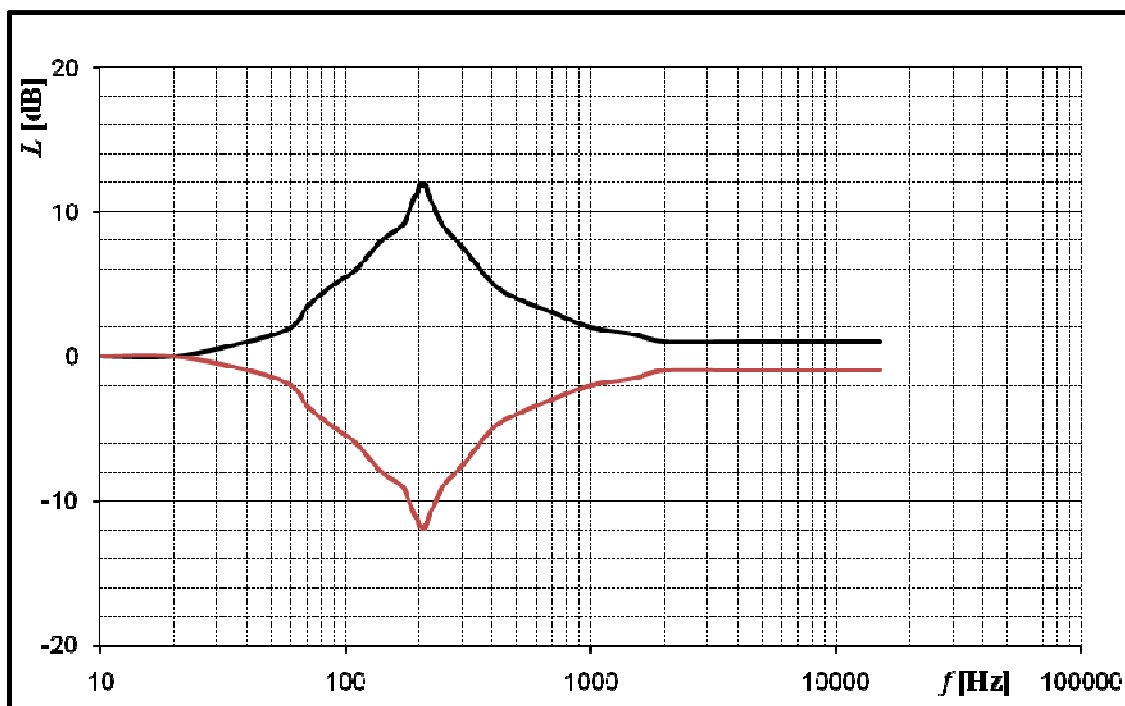
Zkreslení zesilovače bylo měřeno pomocí měřiče zkreslení Tesla Distortion Meter – Voltmeter BM 543 a osciloskopu Agilent DSO 3102A. Jako zdroj sinusového signálu byl použit generátor Agilent 33220A. Jako zátěž byl použit tahový potenciometr. Činitel nelineárního zkreslení byl měřen na frekvencích budícího signálu 100, 1000 a 10000 Hz. Výsledky měření jsou v Tab. 6.1.

Tab. 6.2 Činitele nelineárního zkreslení

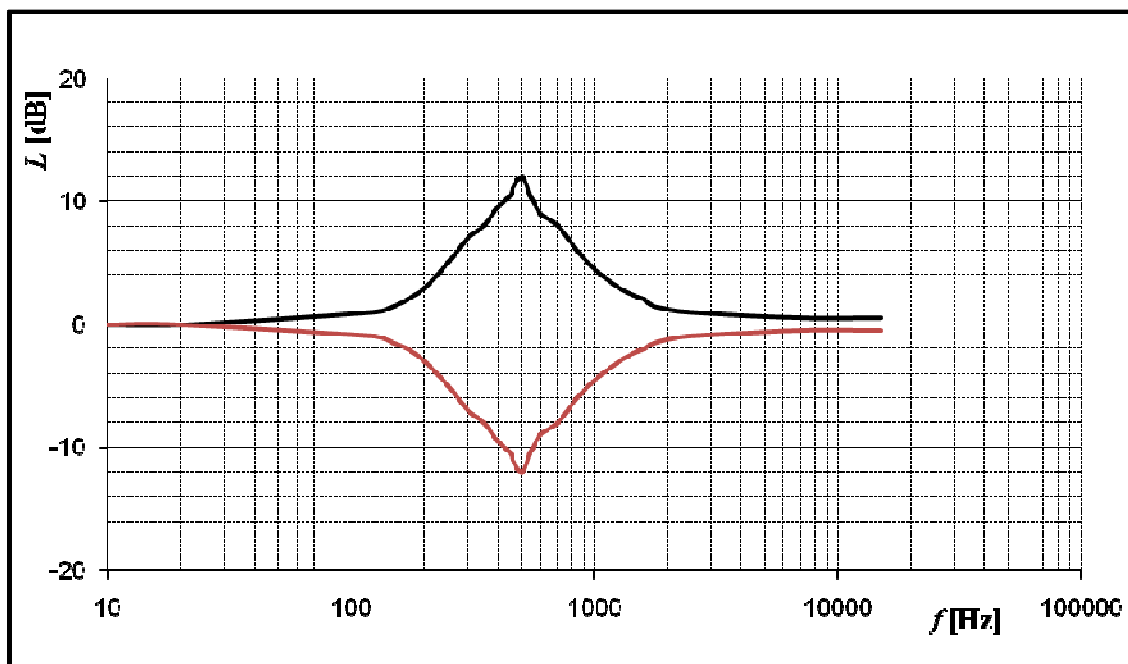
f [Hz]	zkreslení [%]
100	0,25
1000	0,2
10000	0,18

6.3 Kmitočtové charakteristiky grafického ekvalizéru

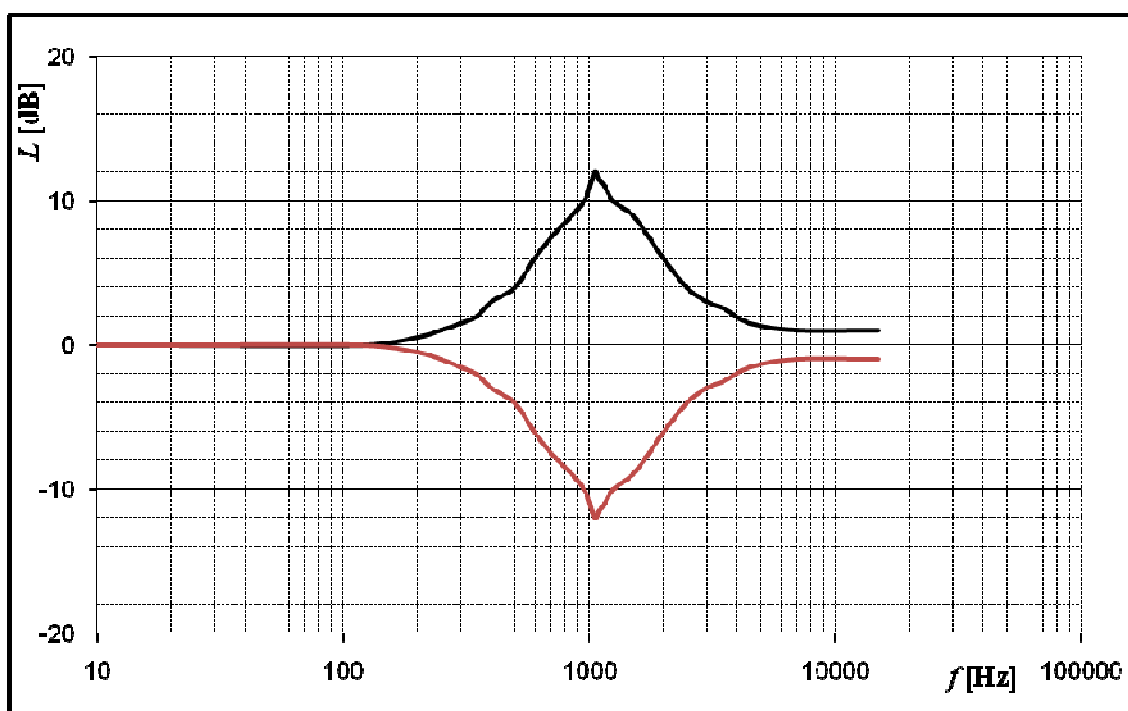
Pomocí záznějového generátoru Sine-Random Generator B&K 1024, který je přeladitelný v jednom rozsahu přes celé akustické pásmo, sloužícího jako zdroj budícího signálu a charakterografu Frequency Response Tracer B&K 4709, byly změřeny kmitočtové charakteristiky oktávového pětipásmového grafického ekvalizéru. Jedná se o charakteristiky pro jednotlivá pásma 250, 500, 1000, 2000 a 4000Hz, kdy pro každé pásmo byla charakteristika měřena při minimální a maximální poloze tahového potenciometru ekvalizéru. Obr. 6.2 až Obr. 6.6. Také byla změřena kmitočtová charakteristika při minimální Obr. 6.7 a maximální Obr. 6.8 poloze všech tahových potenciometrů najednou.



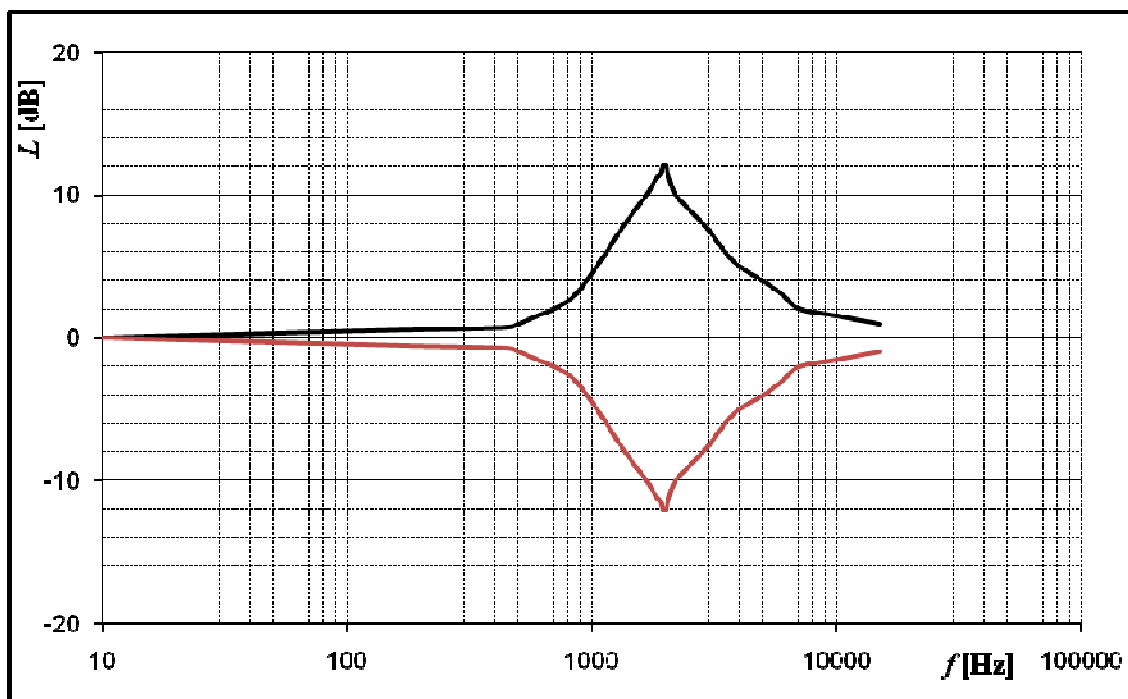
Obr. 6.2 Kmitočtová charakteristika grafického ekvalizéru max., min. pro 250 Hz.



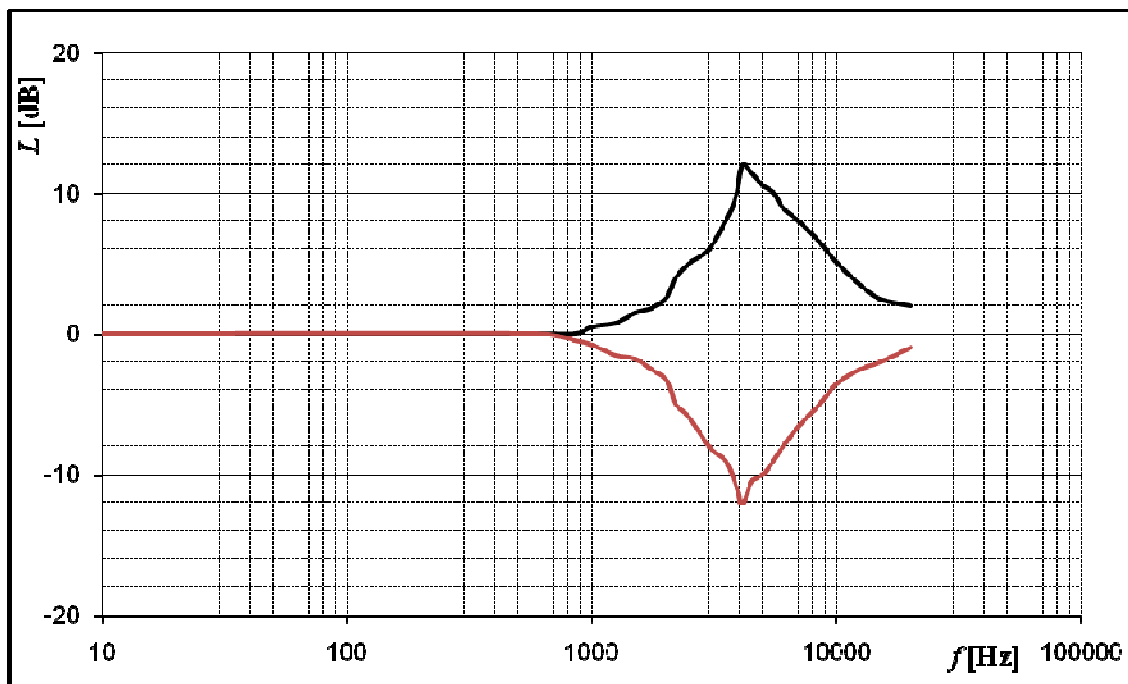
Obr. 6.3 Kmitočtová charakteristika grafického ekvalizéru max., min. pro 500 Hz.



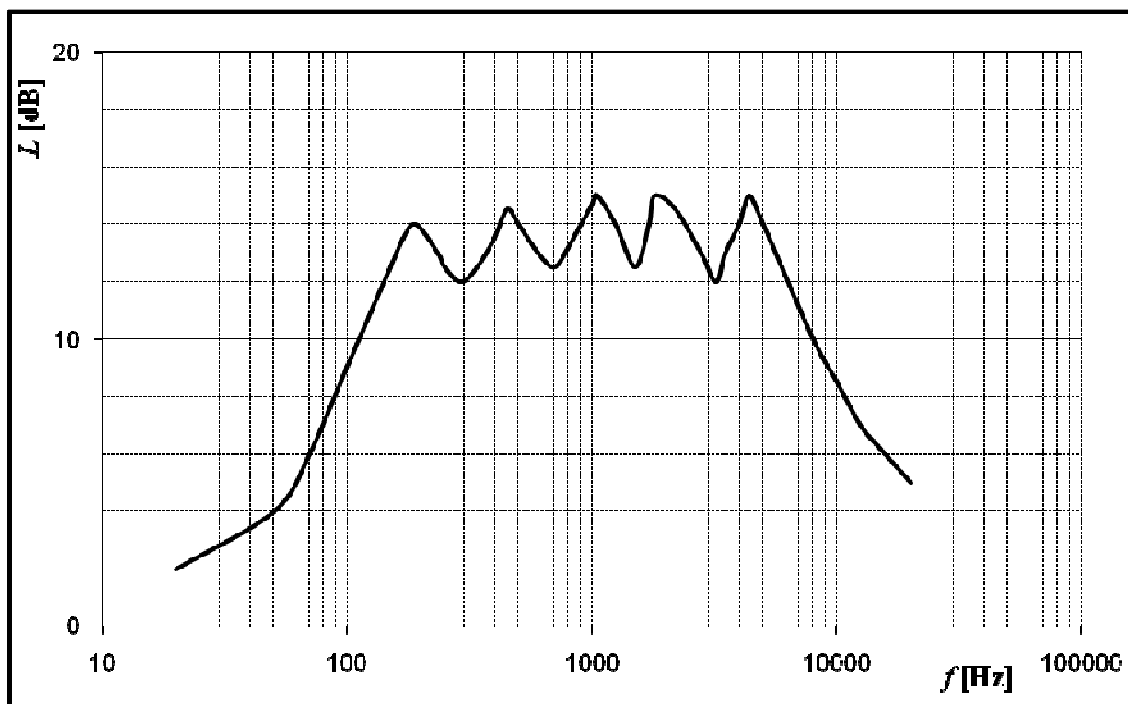
Obr. 6.4 Kmitočtová charakteristika grafického ekvalizéru max., min. pro 1000 Hz.



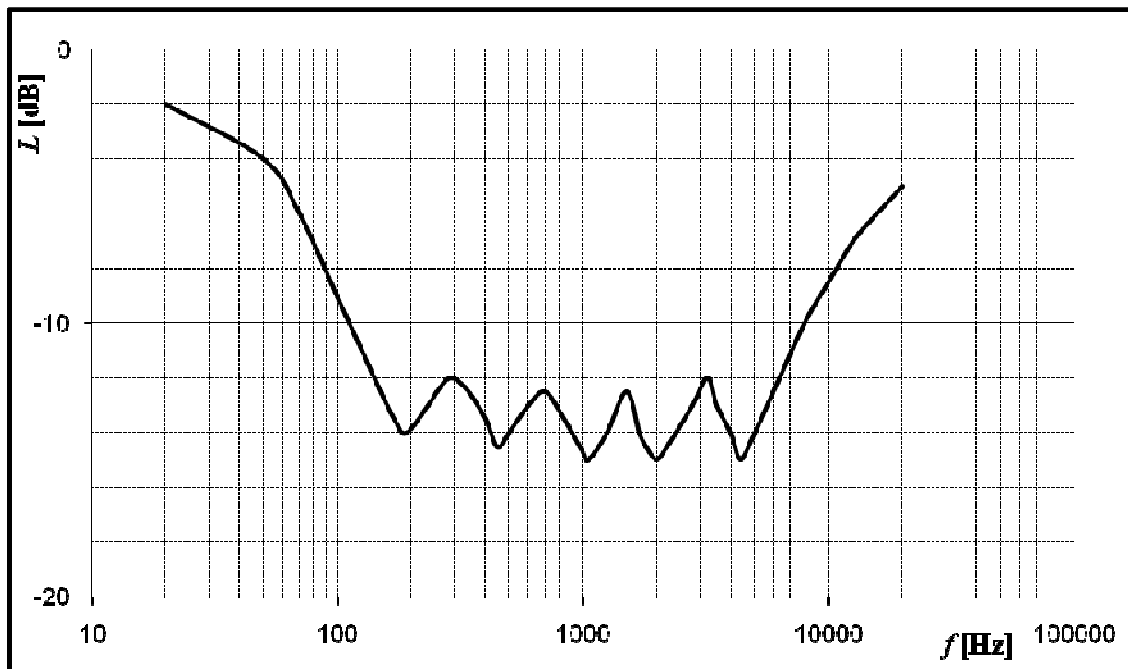
Obr. 6.5 Kmitočtová charakteristika grafického ekvalizéru max., min. pro 2000 Hz.



Obr. 6.6 Kmitočtová charakteristika grafického ekvalizéru max., min. pro 4000 Hz.



Obr. 6.7 Kmitočtová charakteristika grafického ekvalizéru max. pro všechny frekvence.



Obr. 6.8 Kmitočtová charakteristika grafického ekvalizéru min. pro všechny frekvence.

7 ZÁVĚR

V první části práce jsem provedl elektrickou část návrhu basscomba. Jako zesilovač byl použit jeden z běžných IO LM3886, celé zapojení zesilovače jsem provedl podle doporučených zapojení které udává výrobcem. Součástí zesilovače je zároveň napájecí zdroj, který bude napájet celé zařízení. Součástky na zesilovač jsou voleny takové, aby měl zesilovač co nejmenší šum. Tomuto koncovému zesilovači je předřazen korekční zesilovač v provedení pětípásmový oktávový ekvalizér. Základem ekvalizéru je IO LA3600, zapojení tohoto obvodu a doplnění potřebných součástek je také jedno z doporučených zapojení výrobce. Horní kmitočet byl dán 4kHz z toho jsem dopočetl ostatní frekvence (oktáva = poměr frekvencí 2:1).

Při návrhu basscomba jsem měl za úkol dosáhnout co nejmenších rozměrů a hmotnosti celé sestavy. Byly použity dva kusy reproduktoru Monacor GF-650 8ohmů/100W, vzhledem k parametrům reproduktorů, konkrétně nízkého rezonančního kmitočtu, bylo výhodné použít ozvučnici typu bassreflex. Proto jsem se rozhodl úplně oddělit část skříně s reproduktory od části v níž bude umístěn reproduktor. Deska která bude tyto části odělovat, nejen že ozvučnici dokonale utěsní, ale také zpevní celou soustavu. Jako vhodný objem ozvučnice jsem určil 30l. Bassreflexový nátrubek byl potom dopočítán pomocí postupu, který přibližně napodobuje aproximaci „Maximally flat“. Z určeného objemu byly poté dopočteny rozměry celé skříně. Rozměry skříně a poměr stran jsem volil takový, aby basscombo bylo co nejkompaktnější. Povrchová úprava skříně bude provedena zátěžovým kobercem a taky bude doplněna všemi potřebnými prvky jako jsou plastové rožky, gumové nohy, kryty reproduktorů, madlo.

Po zhotovení basscomba podle výše uvedeného návrhu jsem provedl měření. Měřena byla modulová kmitočtová charakteristika reproduktorů v ozvučnici. Dále byl změřen činitel nelineárního zkreslení zesilovače i s předřazeným grafickým ekvalizérem. Činitel nelineárního zkreslení zesilovače vyšel 0,2 % . Na závěr byly změřeny kmitočtové charakteristiky grafického ekvalizéru při maximální a minimální poloze tahových potenciometrů pro jednotlivá pásma a pro maximální a minimální polohu všech tahových potenciometrů najednou.

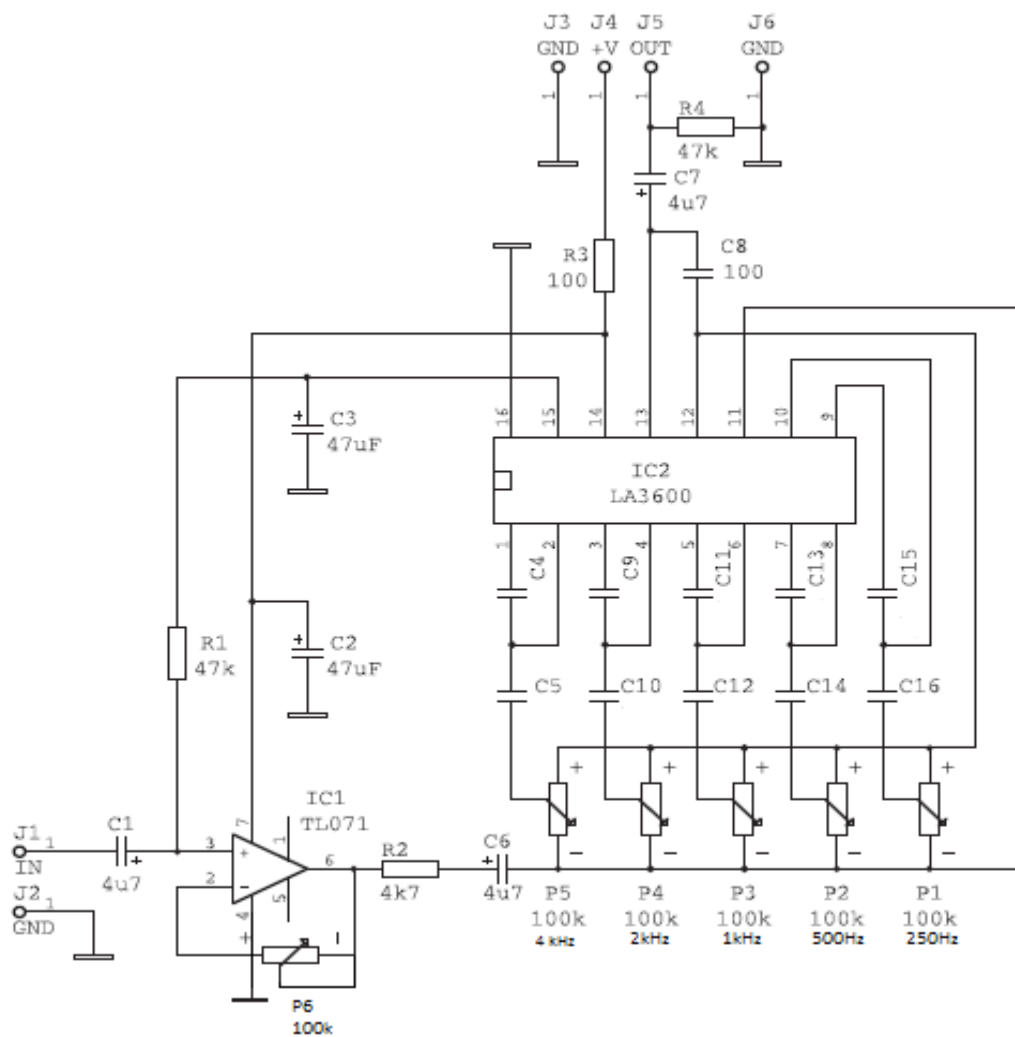
LITERATURA

- [1] TOMAN, K. *Reproduktory a reprosoustavy*, 1.díl. 1. vydání, dotisk. Karviná: DEXON, 2003. 212 s
- [2] Amatérské Rádio. *Pětipásmový ekvalizér*. Ročník V/2000. Číslo 8. str. 6
- [3] Muzikus.cz. *Jak se kupuje kytarové kombo*. [online]
Dostupný na : < <http://www.muzikus.cz/pro-muzikanty-clanky> >
- [4] WIKIPEDIE. *Kytarový zesilovač*. [online]
Dostupný: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Kytarov%C3%BD_zesilova%C4%8D>
- [5] Oampovy ampy. *LaMa-Modul s LM3886TF* [online]. 2003.
Dostupný na : <<http://opamp.wz.cz/lama/lama.htm>>
- [6] Oampovy ampy. *Katalogový list obvodu LM3886*. [online]
Dostupný: <<http://opamp.wz.cz/lama/lm3886.pdf>>

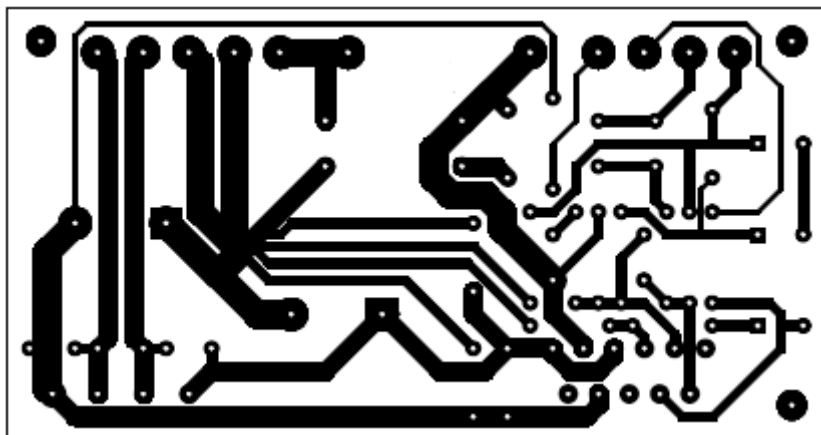
SEZNAM PŘÍLOH

A	Návrh zařízení	30
A.1	Schéma zapojení zesilovače a zdroje	30
A.2	Schéma zapojení grafického ekvalizéru	31
A.3	Deska plošného spoje pro zesilovač a zdroj	32
A.4	Deska plošného spoje pro grafický ekvalizér	32
A.5	Osazovací plán zesilovače a zdroje	33
A.6	Osazovací plán grafického ekvalizéru	33
B	Seznam součástek	34
B.1	Seznam součástek pro zesilovač a zdroj	34
B.2	Seznam součástek pro grafický ekvalizér	35
C	Fotografie basscomba	36
C.1	Fotografie zesilovače a korekčních obvodů.....	36
C.2	Fotografie basscomba po finální úpravě	36

A.2 Schéma zapojení grafického ekvalizéru

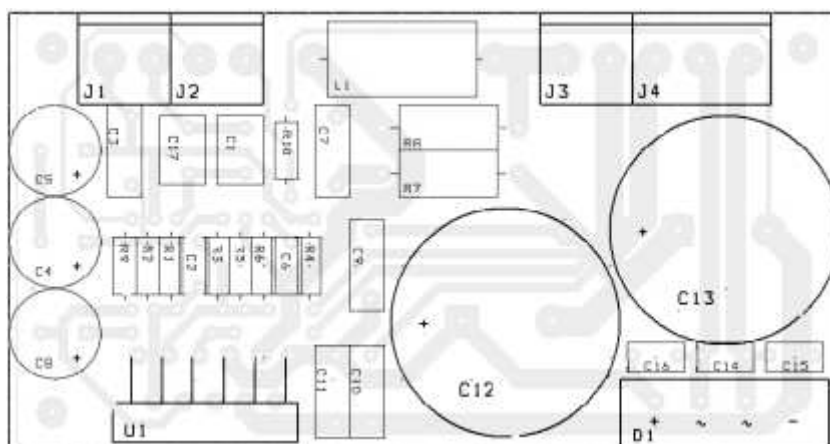


A.3 Deska plošného spoje pro zesilovač a zdroj



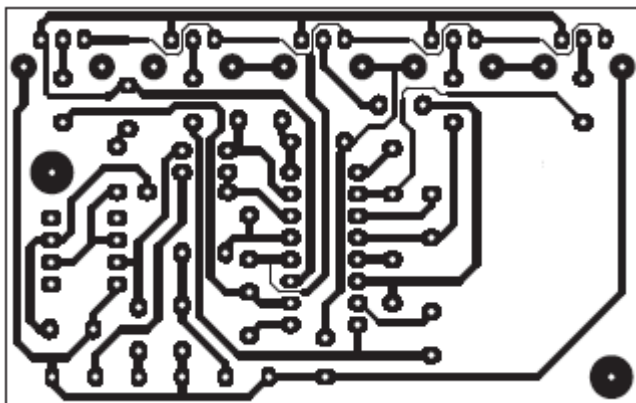
Rozměr desky 91,4 x 48,3 [mm], měřítko M1:1

A.4 Deska plošného spoje pro grafický ekvalizér



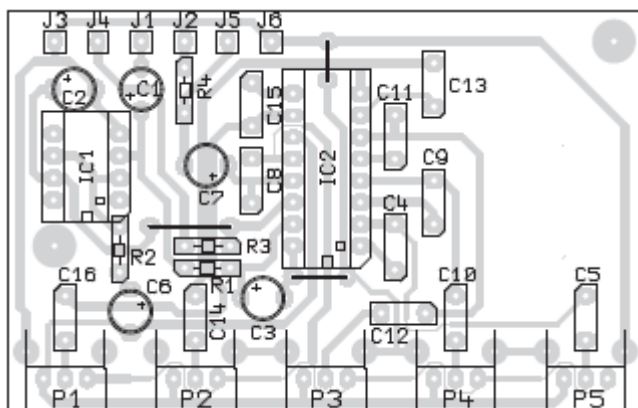
Rozměr desky 91,4 x 48,3 [mm], měřítko M1:1

A.5 Osazovací plán zesilovače a zdroje



Rozměr desky 71 x 45 [mm], měřítko M1:1

A.6 Osazovací plán grafického ekvalizéru



Rozměr desky 71 x 45 [mm], měřítko M1:1

B SEZNAM SOUČÁSTEK

B.1 Seznam součástek pro zesilovač a zdroj

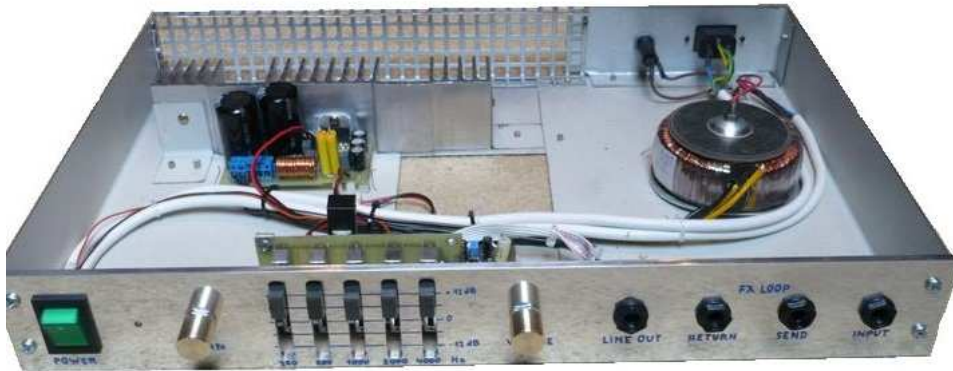
Označení	Hodnota	Pouzdro	Popis
C6	47p		Keramický kondenzátor
C2	220p		Keramický kondenzátor
C14,C15,C16	10n		Keramický kondenzátor
C3,C7,C9	100n	CF4	Svitkový kondenzátor
C10,C11	100n	CF4	Svitkový kondenzátor
C1,C17	1u	CF1	Svitkový kondenzátor
C4,C5,C8	100u/63V		Elektrolytický kondenzátor
C12,C13	4700u/63V		Elektrolytický kondenzátor
R7	2R2		Metalizovaný rezistor
R8	10R		Metalizovaný rezistor
R4	10R		Metalizovaný rezistor
R1,R3	1K		Metalizovaný rezistor
R9,R10	10K		Metalizovaný rezistor
R2,R5,R6	20k		Metalizovaný rezistor
D1		KBU8G	Usměrňovací můstek
IC1	LM3886		Integrovaný obvod
Cívka	0,63uH		1,2mm, průměr 10mm

B.2 Seznam součástek pro grafický ekvalizér

Označení	Hodnota	Pouzdro	Popis
C1,C6,C7	4,7u		Elektrolytický kondenzátor
C2,C3	47u		Elektrolytický kondenzátor
C8	100p		Keramický kondenzátor
C4	1,2n		Svitkový kondenzátor
C13	10n		Svitkový kondenzátor
C15	22n		Svitkový kondenzátor
C5	15n		Svitkový kondenzátor
C9	2,2n		Svitkový kondenzátor
C10	33n		Svitkový kondenzátor
C11	3,9n		Svitkový kondenzátor
C12	68n		Svitkový kondenzátor
C14	150n		Svitkový kondenzátor
C16	330n		Svitkový kondenzátor
R1,R4	47k		
R2	4,7k		
R3	100R		
P1až P5	100k/N		Lineární
IC1	TL071		
IC2	LA3600		

C FOTOGRAFIE BASSCOMBA

C.1 Fotografie zesilovače a korekčních obvodů



C.2 Fotografie basscomba po finální úpravě

