

SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY
ÚSTAV AUTOMOBILOVEJ MECHATRONIKY

Návrh elektronických zariadení
Dokumentácia semestrálneho projektu
Vreckový, slúchadlový audio zosilňovač

Matej Hyčko
LS 2018/2019
3. Bc. AM-2

Úvod

Zosilňovače vo všeobecnosti patrili k jedným z prvých významných aktívnych elektronických obvodov a tvoria základ elektrickej telekomunikácie. Nízkofrekvenčné zosilňovače pre audio hrajú významnú úlohu v zariadeniach s ktorými sa bežne vo svojom každodennom živote stretávame. Rozhlasový prijímač ktorý počúvame pri raňajkách, autorádio ktoré máme zapnuté pri ceste do školy, televízor ktorý si pustíme po štúdiu doma, tieto všetky veci majú spoločnú jednu vec, obsahujú nízkofrekvenčné výkonové audio zosilňovače.

Typy audio zosilňovačov

V minulosti sa audio zosilňovače konštruovali za pomoci vákuových elektrónok, ktoré ale pracovali s vysokým napätím, čo nebolo vhodné na priame budenie elektro akustických meničov používaných v reproduktorech a obvod bolo potrebné na výstupe impedančne prispôbiť výstupným transformátorom. Navyše účinnosť takýchto zariadení bola len v jednotkách %.

S nástupom prvých polovodičov a tranzistorov bolo možné tieto zariadenia vyrobiť oveľa kompaktnejšie a s oveľa väčšou účinnosťou. Triedy tranzistorových zosilňovačov rozdeľujeme podľa zapojenia koncového stupňa :

- Trieda A – jeden tranzistor spracúva celú vlnu ako celok naraz vďaka umiestnenia kludového prúdu do stredu prevodovej charakteristiky. Je tak zabezpečené prenesenie signálu oboch polvln (celá perióda) s minimálnym skreslením. Preto ho často obľubujú "HiFi nadšenci". No z podstaty princípu vyplýva veľmi malá účinnosť, zhruba okolo 20%.
- Trieda B - tranzistor spracováva iba jednu polvlnu signálu. Nakoľko pracovný bod takéhoto tranzistora je nastavený tesne do bodu zániku kolektorového prúdu I_c . To znamená, že pre prenesenie oboch polvln je treba tranzistory dva, každý pre jednu polvlnu. Jeden pre kladnú, druhý pre zápornú. Z princípu však vyplýva zase určitá vada, a tou je skreslenie. Konkrétne prechodové, čo znamená že ak signál harmonického priebehu prechádza nulou, určitý čas sa tam zdrží kým zapracuje druhý z dvojice tranzistorov. A to je samozrejme nežiadúce, no na oplátku má takýto koncový stupeň relatívne vysokú účinnosť (až do 50% zhruba). Prakticky sa takýto koncový stupeň nepoužíva, používa sa iba v tzv. dvojčinnom zapojení.
- Trieda AB - je kompromisom medzi triedou A a triedou B, teda snahou je získať malé skreslenie a vysokú účinnosť. Podľa toho sa určuje aj nastavenie pracovného bodu tak aby obvodom tiekol iba malý, tzv. kludový kolektorový prúd. Táto trieda je tá najfrekvencovanejšia pri NF zosilňovačoch, v domácich audio zostavách.
- Trieda D: Jedná sa o tzv. digitálne zosilňovače a princíp ich funkcie je dosť zložitý. V skratke sa jedná o využitie tzv. pulzne-šírkovej modulácie (PWM), ktorá zabezpečí zmenou striedy digitálneho signálu. Tento signál samozrejme musíme získať diskretizáciou analógového signálu, teda prevedením analógovej formy signálu na formu digitálnu za pomoci AD prevodníkov. V poslednej dobe sa využívajú sigma-delta prevodníky a iné, ktoré majú kvalitnejšie parametre. Zosilňovač v takejto triede pracuje s konštantnou frekvenciou spínania a jeho účinnosť je veľmi vysoká (80%). To v praxi znamená, že je použitý ľahký spínaný zdroj a zosilňovač vyvíja menej stratového tepla → zosilňovače vysokých výkonov (4kW/kanál/20Ω) sú v štandardnom rakovom prevedení 2U (3U) a ich hmotnosť je až o 200% nižšia ako pri zosilňovači rovnakého výkonu. Cenou za takúto "dokonalosť" je však ich cena, ktorá sa šplhá rádovo v rozsahoch 1500-6000€ za kvalitný zosilňovač.

V dnešnej dobe je trend integrácie veľmi žiadaná vlastnosť, a preto sa stále viac a viac uplatňujú zosilňovače, ktoré majú v jednom čipe integrovaný takmer celý zosilňovač, stačí už

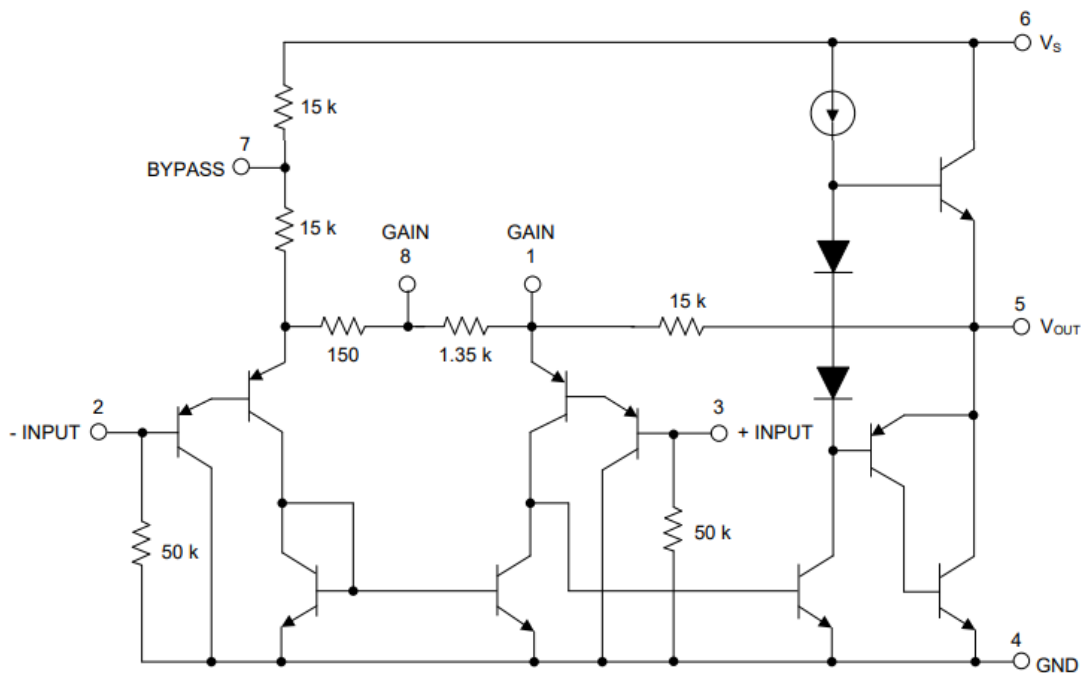
len pripojiť veľké pasívne prvky obvodu. A integrovaný obvod pripevniť na chladič. Takéto prevedenie zosilňovača som si vybral aj ja na spracovanie ako semestrálny projekt.

Princíp činnosti a parametre:

Hlavnou súčasťou obvodu je integrovaný obvod – nízkonapäťový výkonný zosilňovač.

Obvod má nasledovné parametre:

- Max. výstupný výkon: 2x700mW (pri záťaži 8Ω a skreslení 10% THD)
- Celkové harmonické skreslenie (THD): 0.2% (pri P=125mW, f=1kHz, RL=8Ω)
- Zosilnenie: nastaviteľné: 20-200
- Kludový prútok: 8mA

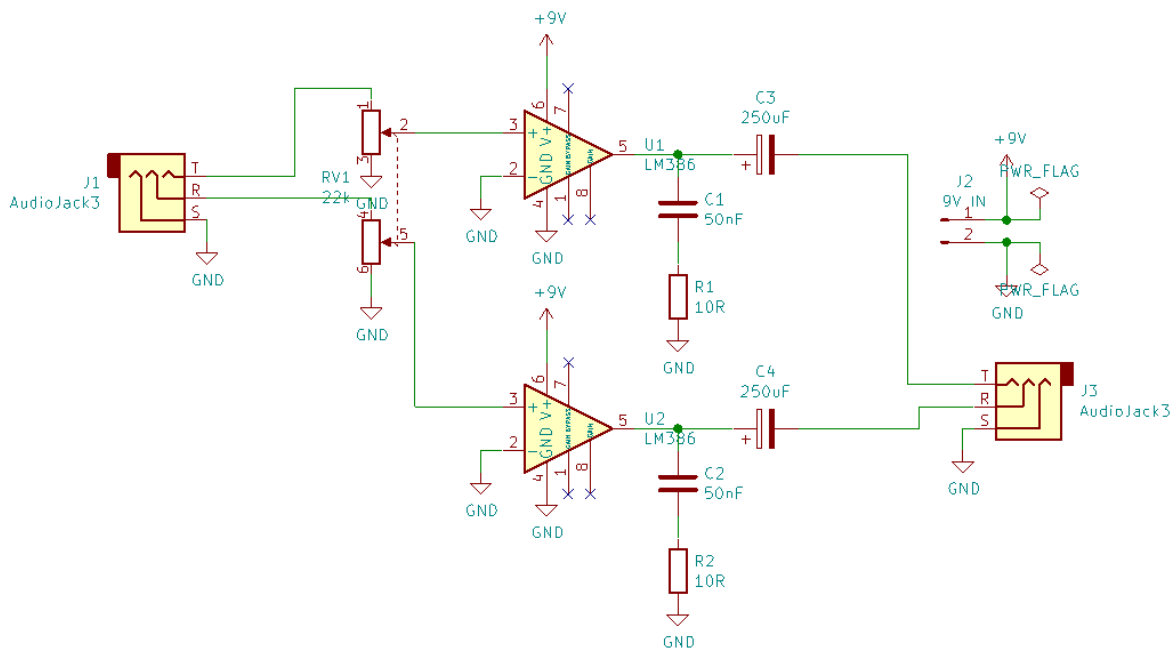


Obr. 1 Vnútorná schéma integrovaného obvodu

Na obrázku 1 môžeme vidieť vnútorné zapojenie integrovaného obvodu, pričom si môžeme všimnúť, že rezistory s hodnotou 15k pri pine 7 v pomere s rezistormi 150Ω a 1,35kΩ pri pine 1-8 určujú zisk/zosilnenie obvodu (pozri rovnicu 1). medzi pin 1 a 8 môžeme pripojiť rezistor, ktorý nám zvýši zosilnenie, poprípade ich môžeme spojiť a tým získame zosilnenie 200.

$$\text{Gain} = \frac{15k \cdot 2}{R_A \cdot R_B} \quad (1)$$

Zosilňovač má koncový stupeň zapojený ako zosilňovače triedy AB. Na vstupnú stranu privádzame signál s vhodnou amplitúdou.



Obr. 2 Schéma zapojenia obvodu

Na obrázku 2 je vidieť schému zapojenia. Môžeme si všimnúť, že obvody sú 2, pretože chceme zosilňovať 2 kanály (ľavý a pravý), aby sme mali stereo zvuk. Konektor J1 je vstupný TRS 3,5mm audio konektor do ktorého pripájame audio signál. Dvojité logaritmický potenciometer (RV1), zapojený ako variabilný napät'ový delič slúži na reguláciu hlasitosti. Kondenzátory C3 a C4 slúžia na oddelenie DC zložky výstupného signálu, keďže nemáme symetrické napájanie, výstupný striedavý signál sa nebude pohybovať okolo nuly, ale bude posunutý o polovicu napájacieho napätia. Jednosmernú zložku je pre elektroakustické meniče nežiadúca a preto ju musíme oddeliť kondenzátormi. Výpočet hodnoty sa realizuje rovnako ako pre horno-priepustný RC filter: zo vzťahu 2 odvodíme vzťah 3 a vypočítame potrebnú kapacitu kondenzátorov pre záťaž 32Ω a frekvenciu 20Hz.

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

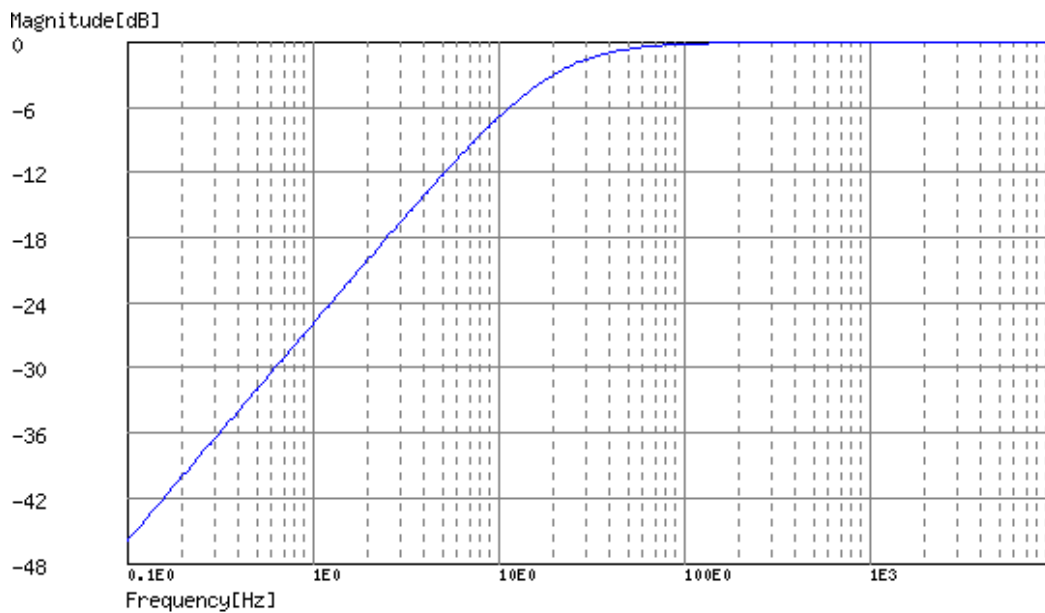
(2)

$$C = \frac{1}{2\pi R f_c} = \frac{1}{2\pi \cdot 32 \cdot 20} = 248,68\mu F$$

(3)

Kapacitu výstupných kondenzátorov sme určili na $250\mu F$. Frekvenčný prenos môžeme vidieť na obrázku 3.

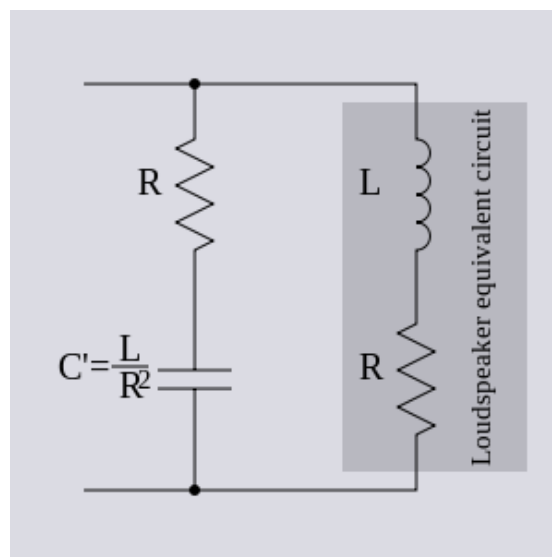
BodeDiagram



(c)okawa-denshi.jp

Obr. 3 Bodeho diagram výstupu

Prvky C1 a R1 resp. C2 a R2 tvoria takzvaný Boucherottov člen. Slúži na potlačenie vysokofrekvenčných oscilácií, ktoré môžu nastať pri náraste impedancie záťaže vplyvom vysokých frekvencií. Ekvivalentná schéma elektroakustického meniča je sériové RL obvod a so zvyšujúcou sa frekvenciou cievka zvyšuje svoju impedanciu.



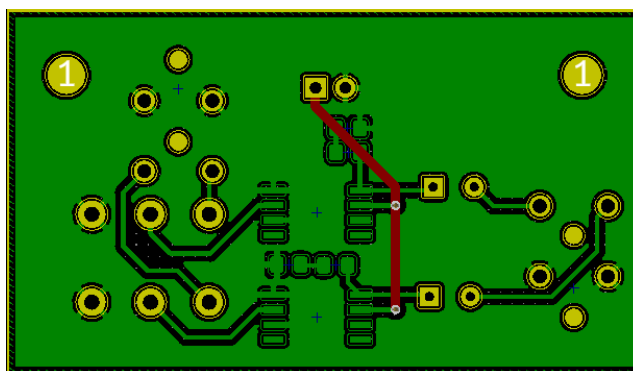
Obr. 4 Boucherottov člen a náhradná schéma reproduktora

Ako výstupný konektor (J3) sme použili opäť TRS 3,5mm audio konektor. Obvod napájame z 9V batérie, ktorá svojim vybíjacím prúdom postačuje na funkciu obvodu. Celkové rozmery dosky sú 54x30 mm. Všetky použité súčiastky môžeme vidieť v tabuľke 1.

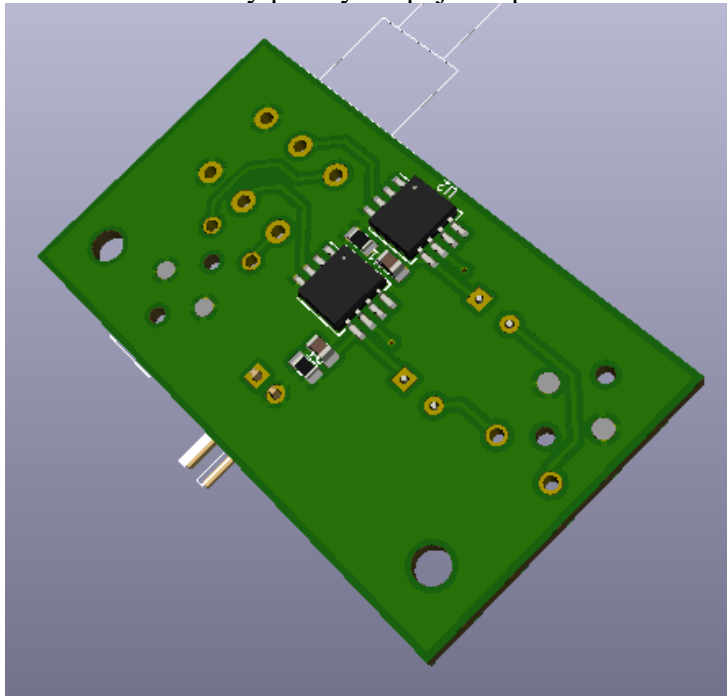
Označenie	Hodnota	Púzdro
-----------	---------	--------

C1	50nF	SMD 0805
C2	50nF	SMD 0805
C3	250uF	Radial D8mm P3.5mm
C4	250uF	Radial D8mm P3.5mm
J1	AudioJack3	Jack 3.5mm
J2	9V IN	2.54mm Pin Header
J3	AudioJack3	Jack 3.5mm
R1	10R	SMD 0805
R2	10R	SMD 0805
RV1	22k	PC-16 Dual-Horizontal
U1	LM386	SO-8
U2	LM386	SO-8

Tabuľka 1 Zoznam súčiastok



Obr. 5 Návrh dosky plošných spojov v prostredí KiCAD



Obr. 6 Doska plošných spojov v 3D zobrazení v prostredí KiCad

Záver:

Podarilo sa nám navrhnuť, osadiť a oživiť dvoj kanálový sluchátkový zosilňovač napájaný 9V batériou. Pri návrhu dosky sme zle odčítali zapojenie konektora TRS a pri jeho kreslení sme prehodil poradie pinov, takže ľavý kanál a GND boli prehodené. Chybu sme pri konštrukcii vyriešili umiesteným konektora na krátke vodiče, ktoré sme zapojili správne do otvorov pre piny konektora. Ďalšia chyba sa prejavila osciláciou výstupu, nakoľko sme nepoužili stabilizačný/filtračný kondenzátor na doske a spoliehali sme sa, že 9V batéria je dostatočne tvrdý zdroj a k rozkmitaniu obvodu nedôjde. Problém sme odstránili priletovaním 10uF kondenzátora k napájacíemu konektoru. Obvod po týchto opravách fungoval správne.