

LABORATORY MODULE OF THE CLASS D AMPLIFIER WITH PWM MODULATION USED FOR AUDIO

Peter Barcík

Bachelor Degree Programme (3), FEEC BUT

E-mail: xbarci00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Tomáš Kratochvíl

E-mail: kratot@feec.vutbr.cz

ABSTRACT

This paper describes basic functional blocks of class D audio amplifier. In the paper there is also discussed block design of the amplifier module with PWM modulation demonstration. As this audio amplifier is going to be a laboratory module, it is necessary to divide design into individual functional blocks. Finally the paper describes design of an output LC filter.

1. ÚVOD

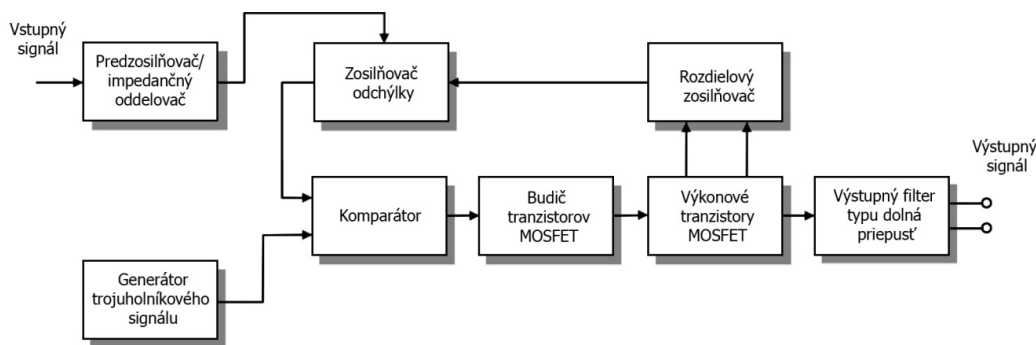
Základnou vlastnosťou zosilňovačov pracujúcich v triede D, je vysoká dosiahnuteľná účinnosť, ktorej hodnota je teoreticky až 90%. Použitie audio zosilňovačov v triede D v integrovanej podobe je výhodné prevažne v zariadeniach, ktoré sú napájané z batérie (notebooky, mobilné telefóny, ...). Cieľom projektu je návrh a realizácia laboratórneho modulu zosilňovača pracujúceho v triede D pre demonštráciu funkcie jednotlivých blokov zosilňovača študentom.

2. ROZBOR

Zosilňovač je v prevedení mono s výstupným výkonom 30 W do čisto ohmickej záťaže 4Ω . Keďže modul bude slúžiť ako laboratórny prípravok, bolo potrebné navrhnuť každý funkčný blok samostatne, čo nám umožňuje sledovať užitočný signál na meracích bodoch. Pri návrhu bol kladený dôraz na nízke skreslenie zosilneného signálu a vysokú účinnosť. Blokova schéma navrhnutého laboratórneho modulu zosilňovača v triede D s PWM moduláciou je uvedená na obrázku 1.

2.1. PREDZOSILŇOVAČ/ IMPEDANČNÝ ODDELOVAČ

Zosilnenie vstupného signálu nie je dôležité, preto tento blok plní funkciu impedančného oddelenia vstupných svoriek od pripojeného zariadenia. Aby nedošlo k znehodnoteniu vstupného signálu, bol v zapojení použitý nízkošumový operačný zosilňovač OPA 277 od firmy TEXAS Instruments. Tento operačný zosilňovač je zapojený ako napäťový sledovač so ziskom 1.



Obrázok 1: Bloková schéma navrhnutého zosilňovača pracujúceho v triede D

2.2. GENERÁTOR TROJUHLNÍKOVÉHO SIGNÁLU

Ako precízny generátor je použitý obvod MAX 038 od firmy MAXIM. Tento vysokofrekvenčný funkčný generátor umožňuje vytvárať sínusový, trojuholníkový alebo obdĺžnikový priebeh s nízkym skreslením. Rozsah frekvencie je (0,1 Hz – 20 MHz) s použitím minimálneho počtu externých súčiastok. Funkčný generátor je v module využívaný ako generátor trojuholníkového signálu so striedou 50 %.

2.3. KOMPARÁTOR

Impulzne šírková modulácia alebo PWM vzniká porovnaním vstupného audio signálu s trojuholníkovým signálom s vysokou frekvenciou. Podľa vzorkovacieho teorému má byť minimálne dvojnásobná ako je šírka audio frekvenčného pásma. Na komparátor vykonávajúci porovnávanie sú kladené nasledujúce požiadavky: minimálna doba oneskorenia signálu pri prechode komparátorom, symetrické napájanie proti zemi, vysoká rozlišovacia schopnosť. Uvedeným podmienkam vyhovuje integrovaný obvod MAX 913, ktorý patrí do skupiny ultra-rýchlych komparátorov.

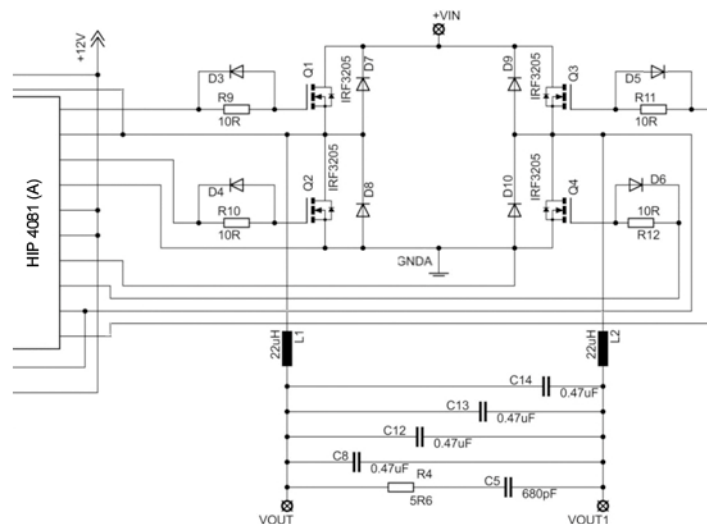
2.4. BUDIČ VÝKONOVÝCH MOSFET TRANZISTOROV

Ako budič výkonových MOSFET tranzistorov bol vybratý integrovaný budič HIP 4081(A) vyrábaný firmou Intersil. Tento obvod riadi spínací proces štyroch MOSFET tranzistorov s indukovaným kanálom typu N, zapojených do plného mosta. Pracuje pri napätí výkonovej zbernice 22 V. Integrovaný budič obsahuje ochrany, ktoré zabránia zničeniu koncového výkonového stupňa. Pri poklese napätia na napájacej svorke pod 8,25 V dôjde k rozopnutiu MOSFET tranzistorov. Vďaka nábojovej pumpe je obvod schopný riadiť MOSFET tranzistory aj pri veľmi pomalých spínacích procesoch. Pomocou pripojených trimrov je možné individuálne nastaviť oneskorenie zopnutia tranzistorov v oboch vetvách.

2.5. VÝKONOVÉ TRANZISTORY MOSFET A VÝSTUPNÝ FILTER TYPU DOLNÁ PRIEPUSŤ

Výkonové tranzistory MOSFET s indukovaným kanálom typu N sú zapojené do plného mosta vid'. Obrázok 2. Toto zapojenie bolo zvolené z hľadiska výhod ktoré poskytuje. Hlavnou výhodou je odstránenie tzv. "buss pumping" efektu a odstránenie problémov s jednosmernou zložkou napätia na výstupe zosilňovača. Nevýhodou je použitie až štyroch tranzistorov na jeden audio kanál a zložitejší návrh výstupného rekonštrukčného filtra. Výkonový stupeň je napájaný z jednosmerného zdroja jednej polarizácie. Výstupné napätie nie je možné odoberať voči potenciálu zeme, ale zo svoriek označených ako VÝSTUP.

V rámci riešenia študentského projektu bol navrhnutý výstupný filter typu dolná priepusť 2. rádu s Butterworthovou aproximáciou, je tvorený cievkami L1, L2 navinutými na toroidnom železoprachovom jadre T37-26, s hodnotou 22 μH . Kondenzátor C s hodnotou 1,18 μF je v schéme nahradený paralelným zapojením štyroch fóliových kondenzátorov s polyesterovým dielektrikom s hodnotou 0,47 μF . Lomová frekvencia pre pokles amplitúdovej charakteristiky o 3 dB je nastavená na 25kHz.



Obrázok 2: Mostíkové zapojenie koncového stupňa

2.6. SPÄTNÁ VÄZBA

Spätná väzba sa pri zosilňovačoch využíva k linearizácii prenosovej charakteristiky a k zaisteniu konštantného zisku v požadovanom frekvenčnom pásme. Spätnoväzobná slučka sa skladá z rozdielového zosilňovača, vstupného filtra a zo zosilňovača odchýlky.

3. ZÁVER

Meranie na navrhnutom laboratórnom module oboznámi študentov so základnými funkčnými blokmi, ktoré sú súčasťou zosilňovačov v integrovanej podobe. Tento projekt je zároveň mojou bakalárskou prácou a bude pokračovať fyzickým zhotovením modulu a následným experimentálnym meraním. V tejto chvíli je dokončený podrobný obvodočný návrh modulu zosilňovača a pripravená DPS k osadeniu súčiastok.

POĎAKOVANIE

Tento príspevok vznikol za podpory výskumného zámeru MSM0021630513 a projektu FRVŠ 622/2009 „Inovace laboratorní výuky předmětu Nízkofrekvenční elektronika“

LITERATÚRA

- [1] Štál, P. *Výkonové audio zesilovače pracující ve třídě D základní principy a konstrukce zesilovače*, Praha, BEN technická literatura 2008, 200s, ISBN 978-80-7300-230-5
- [2] Kotisa, Z. *NF Zesilovače – 3.díl tranzistorové výkonové zesilovače*, Praha, BEN technická literatura 2003, 93s, ISBN 80-7300-065-2