

DIGITAL AUDIO AMPLIFIER

Jakub Tiller

Bachelor Degree Programme (1), FEEC BUT

E-mail: xtille00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Jiří Dřínovský

E-mail: drino@feec.vutbr.cz

ABSTRACT

The subject of this paper is the class-D power audio amplifier. Their expansion is mainly caused by high efficiency and good audio parameters. The aim of this project is analysis of class-D amplifiers and measurement their audio parameters. In consequence, there is the design of class-D amplifier as laboratory equipment with possibility of digital gain controll.

1 ÚVOD

Tato práce se zabývá audio zesilovači pracujícími ve třídě D. Tyto zesilovače vynikají vysokou účinností a audio parametry srovnatelnými s ostatními třídami zesilovačů. Na základě předchozího rozboru funkce těchto zesilovačů byl navržen výkonový audio zesilovač pracující ve třídě D. Práce se dále zabývá možnostmi řízení zesílení těchto zesilovačů pomocí číslicových signálů. Těžištěm této práce je návrh výkonového audio zesilovače pracujícího ve třídě D pro účely měření jeho parametrů v laboratorní úloze předmětu Radioelektronická měření. Požadavkem byla hlavně možnost řízení tohoto zesilovače a změna zesílení pomocí PC. Dalším bodem je návrh automatizovaného měření parametrů tohoto zesilovače v prostředí VEE s využitím akviziční jednotky U2351.

2 ROZBOR

Audio zesilovače pracující ve třídě D pracují na odlišném principu ve srovnání s třídami A, B, i AB. Vstupní audio signál v pásmu 20 Hz až 20 kHz je modulován vhodnou modulací o mnohem vyšší frekvenci. Typicky bývá tato frekvence volena mezi 200 a 300 kHz. Mezi často používané modulace patří PWM modulace, $\Sigma - \Delta$ modulace a mnoho dalších často patentově chráněných modulačních technik. Tento modulovaný signál se přivádí na výkonové spínací tranzistory (nejčastěji MOSFET), které tento signál výkonově zesílí. Následuje výstupní filtr typu dolní propust, který má za úkol potlačit vysokofrekvenční složky obdélníkového výstupního signálu. Za tímto filtrem je již zesílený audio signál. Více podrobností o problematice zesilovačů pracujících ve třídě D je možné nalézt například v [1].

Z výše uvedeného vyplývá, že audio zesilovač pracující ve třídě D pracuje ve spínacím režimu, což zajišťuje nízké ztráty na výkonových tranzistorech. Uvedený fakt zajišťuje vysokou účinnost těchto zesilovačů a společně s tím jsou spojeny nízké nároky na odvod ztrátového výkonu

ve formě tepla z výkonových prvků. Proto zesilovače pracující ve třídě D vyžadují mnohem menší chladič, než zesilovače srovnatelného výkonu pracující v jiných třídách. Některé zesilovače pracující ve třídě D dokonce chladič vůbec nevyžadují.

2.1 NÁVRH A KONSTRUKCE ZESILOVAČE

Pro realizaci zesilovače byl vybrán integrovaný obvod TPA3122D2 [3]. Jde o stereofonní audio zesilovač pracující ve třídě D s výstupním výkonem přibližně 8 W na kanál při THD+N 1%. Hlavní předností tohoto obvodu je jeho větší pouzdro ve srovnání s jinými integrovanými obvody a tím nižší nároky na chlazení. Řízení zesílení tohoto integrovaného obvodu je zajištěno dvěma vývody, které reagují na přivedené logické úrovně a tím mění zesílení zesilovače ve 4 krocích. Celý návrh je koncipován jako přípravek pro měření v laboratořích předmětu Radioelektronická měření. Do návrhu je zakomponován i tvz. měřicí filtr, který má za úkol potlačit nedokonale odfiltrované vysokofrekvenční složky výstupního signálu. Tyto složky by jinak vnesly chybu do měření v případě použití audio analyzátorů často pracujících až do frekvencí 100 kHz. V tomto pásmu by se mohly vyskytovat nežádoucí složky spektra výstupního obdélníkového signálu. Celou situaci zhoršuje fakt, že namísto reproduktorů jsou zde zapojeny výkonové rezistory pro simulaci zátěže. Tyto rezistory ale narozdíl od reproduktorů nevykazují induktivní charakter, kterého se s výhodou používá pro další potlačení těchto vysokofrekvenčních složek. Celá konstrukce je zhotovena na jednovrstvé desce plošných spojů, která je umístěna v plastové krabičce s otvory pro snadnější odvod tepelné energie z výkonových rezistorů. S tímto přípravkem je možné měřit výstupní signál přímo na zátěži nebo po průchodu měřicím filtrem a to na jednom ze 2 kanálů. Zesílení je možné měnit ve 4 krocích pomocí digitálních vstupů na hodnoty 20 dB, 26 dB, 32 dB a 36 dB.

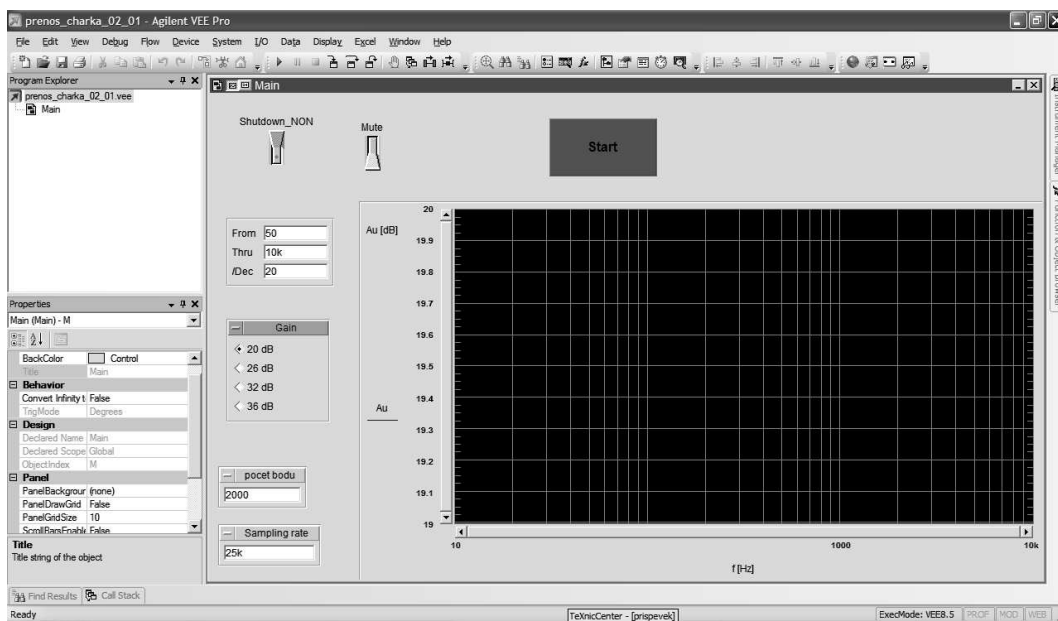
2.2 NÁVRH AUTOMATIZOVANÉHO MĚŘENÍ

Automatizovaná měření bylo navrženo v prostředí VEE Pro od firmy Agilent. Toto prostředí je vytvořeno pro rychlou a snadnou tvorbu automatizovaných měření. Měřicí přístroje mohou komunikovat s VEE Pro prostřednictvím sběrnic GPIB, USB, RS-232 nebo LAN. V mém případě jsou měření navržena s využitím akvizitní jednotky U2351 vyráběné firmou Agilent. Jedná se multifunkční zařízení. Mezi základní technické údaje patří až 16 analogových vstupů vzorkovaných 250 kSa/s, 2 analogové výstupní kanály s maximální četností obnovy 1 MSa/s, číselný 24 bitový programovatelný vstup/výstup, digitální čítač, analogové a digitální spouštění. Programování této jednotky se provádí pomocí jazyka SCPI (Standard Commands for Programmable Instruments), který byl vyvinut pro testovací a měřicí přístroje. SCPI příkazy jsou založeny na hierarchické struktuře:

```
SOURce
  :VOLTage
    [:LEVel] <value>, <ch_list>
    [:LEVel]? <ch_list>
```

SOURce je kořenový příkaz, příkaz VOLTage je příkaz druhé úrovně a LEVel je příkaz třetí úrovně. Dvojtečka (:) je oddělovač mezi úrovněmi příkazů, jak je naznačeno v příkladu výše. Zdrojový kód je možné psát zkráceným zápisem příkazů, pro lepší přehlednost a kratší kód. Veškeré potřebné příkazy jsou přehledně uvedeny v [2].

Příklad již navrženého měření přenosové charakteristiky je znázorněn na obr. 1. S pomocí akviziční jednotky je generován nízkofrekvenční vstupní analogový signál pro zesilovač, měřen signál výstupní a současně je zesilovač touto jednotkou řízen pomocí digitálních výstupů.



Obrázek 1: Automatizované měření přenosové charakteristiky

3 ZÁVĚR

Po návrhu a konstrukci zesilovače byla ověřena jeho funkčnost a možnost číslicového řízení jeho zesílení. Nyní jsou navrženy automatizované úlohy pro měření přenosové modulové frekvenční charakteristiky, měření spektra výstupního signálu, závislost účinnosti na výstupním výkonu a měření přeslechů. Práce bude pokračovat návrhem měření THD+N v závislosti na frekvenci a návrhem laboratorní úlohy pro předmět Radioelektronická měření.

4 PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou bych rád poděkoval vedoucímu své bakalářské práce Ing. Jiřímu Dřínovskému, Ph.D. za cenné rady a odbornou pomoc při řešení práce.

REFERENCE

- [1] Štál, P.: Výkonové audio zesilovače pracující ve třídě D, Praha, BEN - technická literatura 2008, ISBN 978-80-7300-230-5
- [2] Agilent technologies *Agilent U2300A Series Multifunction USB Data Acquisition* [online]. 2006-2009 [cit. 2010-2-22]
Dostupné z URL: <http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/U2351-90202.pdf>.
- [3] Texas Instruments Incorporated *TPA3122D2 datasheet* [online]. 2004 [cit. 2010-2-22]
Dostupné z URL: <http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/tpa3122d2.pdf>.