

# DIGITÁLNÍ AUDIO ZESILOVAČ

**Ondřej Honel**

Secondary School Degree (4), SPŠ Sokolská 1, Brno  
E-mail: Bodom.Child@seznam.cz

Supervised by: Miroslav Burda, Jiří Dřínovský  
E-mail: burda@spssbrno.cz, drino@feec.vutbr.cz

## ABSTRACT

This paper deals with the design of digital audio amplifier in the D class. The amplifier will be used in the laboratory exercise at the Department of Radio Electronics at Brno University of Technology. The design has been done in harmony with laboratory requirements. The realized amplifier can be fully controlled by the multifunction data acquisition unit. The functionality of realized amplifier was tested by measuring their features. The gain, harmonic distortion, output noise signal and signal to noise ratio were measured and the data obtained by these measurements refers about the accurate design of the amplifier.

## 1. ÚVOD

Oblast digitální audiotechniky je dnes velmi dynamicky se rozvíjející oblastí s širokým spektrem použitelnosti. Velmi perspektivní oblastí je zejména oblast digitálních audiozesilovačů, které pracují v různých třídách s různou účinností. Zesilovače pracující ve třídě D jsou jedny z nejpoužívanějších typů digitálních zesilovačů. Jejich hlavní výhodou je vysoká účinnost až 80 %, snadné obvodové zapojení, které vyžaduje minimum externích prvků a v neposlední řadě pak velmi nízká cena. Jejich obvodové řešení je v současné době minimalizováno do malých integrovaných obvodů s velkým výstupním výkonem. Z těchto důvodů a za jisté i mnoha dalších se s nimi můžeme dnes setkat téměř v jakémkoliv zařízení od MP3 přehrávačů přes mobilní telefony až po moderní LCD televizory. Obvykle se tyto malé integrované obvody vyznačují výstupním výkonem v řádu jednotek až desítek [W] a možností vlastního řízení zisku v několika krocích [1].

Cílem vlastní práce, která je zařazena do programu Středoškolské odborné činnosti, je návrh a realizace jednoduchého digitálního audio zesilovače s možností nastavování stupně zesílení signálu. Vlastní audio zesilovač je koncipován takovým způsobem, aby jej bylo možné použít jako laboratorní přípravek pro studenty, kteří budou navštěvovat odborný předmět Radioelektronická měření, na Ústavu radioelektroniky na FEKT VUT v Brně. Zesilovač bude ovládán a proměřován pomocí audio analyzátoru nebo datové akviziční jednotky primárně určené pro sběr dat. Tato jednotka bude nejenom ovládat zesílení zesilovače, ale také bude generovat testovací vstupní signály pro zesilovač. Pro snímání výstupních signálů z audio zesilovače bude využito A/D převodníku akviziční jednotky. Takto získaná data budou použita pro analyzování přenosové charakteristiky realizovaného zesilovače, dále pro určení harmonického zkreslení THD metodou THD +

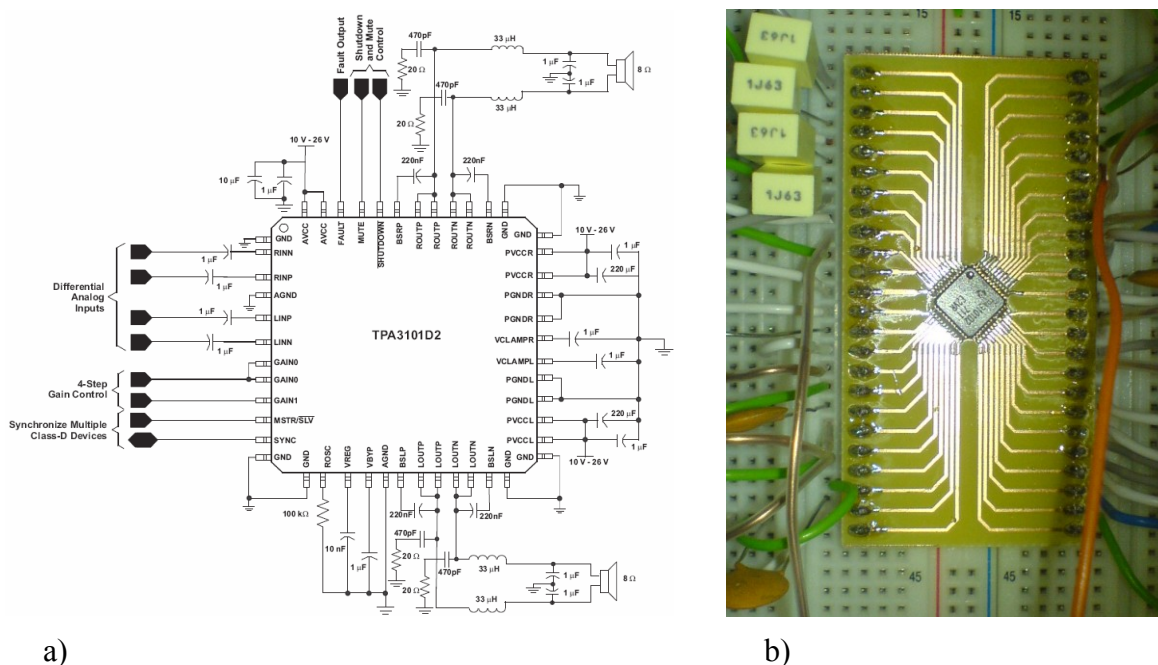
SINAD a např. měření odstupe signálu od šumu S/N. Ovládání audio zesilovače bude realizováno pomocí osobního počítače a ovládacího programu, který bude vytvořen v grafickém vývojovém prostředí VEE Pro firmy ©Agilent Technologies.

## 2. ROZBOR A REALIZACE

Po důkladné analýze problematiky, jsem se rozhodl pro realizaci digitálního audio zesilovače pomocí obvodu TPA3101D2 firmy Texas Instruments [2]. Původně jsem uvažoval o použití obvodu AD1992 od firmy Analog Device [3]. Tento obvod je však dodáván pouze v pouzdře APCZ, které je značně miniaturizováno a po analýze možností výroby desky plošného spoje bylo od realizace pomocí tohoto obvodu upuštěno.

Zvolený digitální audio zesilovač TPA3101D2 je stereofonní s maximálním výstupním výkonem  $2 \times 10 \text{ W}$ . Zesilovač pracuje s napájecím napětím v rozsahu od 10 – 26 V. Tento integrovaný obvod dále obsahuje ochranu proti přehřátí a zkratu výstupního obvodu. Po zkratování výstupu zesilovače je zesilovač samočinně odpojen a tento stav je signalizován pomocí TTL logických signálů ostatním obvodům. Obvod může také spolupracovat s jinými audio zesilovači stejné třídy. Zesilovač lze tedy provozovat ve dvou režimech – Master nebo Slave. V režimu Master je tento zesilovač řídicí a generuje tak základní řídicí signál pro ostatní audio zesilovače (hodinový signál). Tímto způsobem lze navrhnout vícekanálový zesilovač. Obvod TPA3101D2 je dodáván v pouzdře HTQFP ve 48 pinovém uspořádání vstupů a výstupů.

Při realizaci samotného obvodu jsem vyšel ze zapojení, které výrobce doporučuje v katalogovém listu integrovaného obvodu [3]. Použité zapojení je zobrazeno na obrázku 1a. Nejprve jsem si připravil pro integrovaný obvod redukci pro možnost



**Obrázek 1:** Základní zapojení obvodu TPA3101D2 a); ukázka realizované redukce pro integrovaný obvod TDA3101D2 b).

připojení do kontaktního nepájivého pole za účelem prověření funkčnosti obvodu a odladění samotného zapojení před realizací finální desky plošného spoje. Navržené redukce je zobrazena na obrázku 1b. Při realizaci na kontaktním nepájivém poli jsem vyzkoušel základní nastavení ovládacích signálů, přičemž jsem zjistil, že jako řídicí signál pro zapnutí celého audio zesilovače nelze použít výstup VREG, tak jak je doporučováno výrobcem. Vstup pro zapnutí zřejmě příliš zatěžuje tento výstup. Proto je řídicí signál odvozen přímo od napájecího napětí pomocí odporového děliče. Toto řešení však není příliš vhodné, protože při změně napájecího napětí by se mohlo neúnosně zvýšit napětí řídicí. V konečné verzi zde zřejmě použiji jednoduchý stabilizátor napětí.

Na kontaktním nepájivém poli jsem odzkoušel základní vlastnosti navrhovaného zesilovače. Zesilovač byl odzkoušen v kmitočtovém rozsahu 20 Hz až 20 kHz pro dva stupně zesílení. Na první stupeň ze 4 možných dosahoval zesilovač průměrného zisku 20 dB a na třetí stupeň zisku 32 dB.

### 3. ZÁVĚR

V současné době je koncepce zesilovače vyzkoušena a ověřena na kontaktním nepájivém poli. Dále je navrhována deska plošných spojů v návrhovém prostředí Eagle. A současně je realizován návrh jednotlivých ovládacích programů pro akviziční jednotu. Tyto programy budou použity na měření harmonického zkreslení zesilovače, jeho přenosové charakteristiky a také na měření odstupu užitečného signálu od šumu. Všechny tyto ovládací programy jsou tvořeny v grafickém programovém prostředí VEE Pro od firmy © Agilent Technologies. Protože ještě není vytvořena finální verze zesilovače, jsou ovládací a měřicí programy zkoušeny na zesilovači, který je sestaven v nepájivém poli. Z dosud naměřených výsledků (zejména zisku zesilovače) je zřejmé, že je celý obvod správně navržen, protože dosahuje výrobcem garantovaných hodnot.

### PODĚKOVÁNÍ

Tento příspěvek vznikl za podpory projektu „Digitální audiozesilovač“ SOČ 2009, SX9080043 zajišťovaný nadačním fondem SOPHIA za finanční podpory organizace Jihomoravské centrum pro mezinárodní mobilitu. Dále bych chtěl poděkovat vedoucím středoškolské práce Ing. Jiřímu Dřínovskému, Ph.D. a Mgr. Miroslavu Burdovi za jejich účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování této práce.

### LITERATURA

- [1] Štál, P.: *Výkonové audio zesilovače pracující ve třídě D - základní principy a konstrukce*, Praha, BEN - technická literatura 2008, ISBN 978-80-7300-230-5.
- [2] Texas Instruments: *TPA3101D2 - 10-W Stereo Class-D Audio Power Amplifier*, [on-line], data sheet [citováno dne 26-2-2009], dostupné na [www: <http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/tpa3101d2.pdf>](http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/tpa3101d2.pdf).
- [3] Analog Devices: *AD1992: Class-D Audio Power Amplifier – 2 × 10W*, [on-line], data sheet [citováno dne 26-2-2009], dostupné na [www: <http://www.analog.com/static/imported-files/application\\_notes/AD\\_1992.pdf>](http://www.analog.com/static/imported-files/application_notes/AD_1992.pdf).