

TESTING DEVICE FOR OPTICAL TRANSFER OF THE SOUND

David Zimniok

Střední průmyslová škola elektrotechnická Havířov (4), Informační technologie

E-mail: zimniokd@gmail.com

Supervised by: Ladislav Opiol

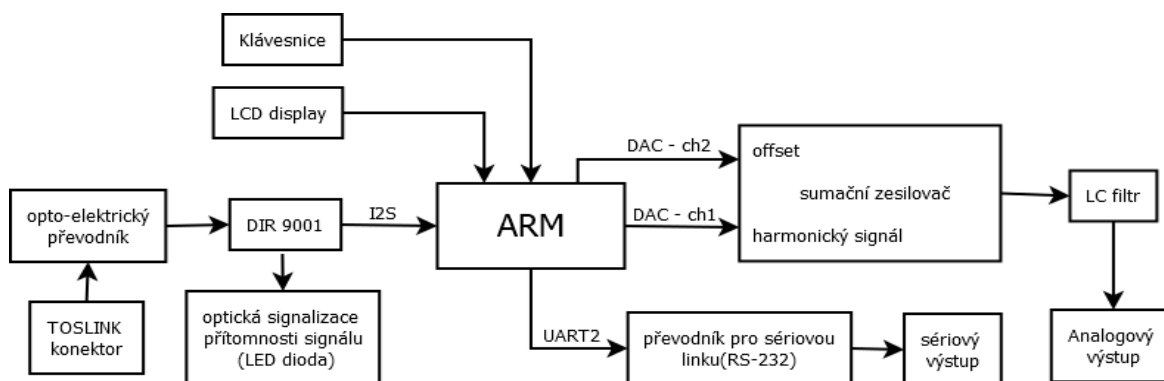
E-mail: opiol.spsehavirov@iskola.cz

Abstract: This paper deals with the design of an audio tester, focused on the conversion from an analogue signal to the digital signal going through Toslink cable. My design use ARM microcontroller, which generates the harmonic audio signal. This signal will go through a connected AD converter. The circuit receives this signal and microcontroller do FFT analysis. After testing frequencies among 20Hz and 20.000Hz, microcontroller puts all results of FFT analysis to one plot, represented by points. These points are sent by serial line to the computer.

Keywords: microcontroller, LCD display, ARM, AD converter, audio, signal processing, frequency response, TOSLINK cable, DIR 9001

1 ÚVOD

Cílem projektu je vytvořit zařízení, které umožní ukázat vliv vzorkovací frekvence na výstupní signál AD převodníku s TOSLINK výstupem, a také umožní naměřit jeho přenosovou charakteristiku. Zařízení má sloužit jako generátor, který je možno připojit k AD převodníku a následně na počítači zobrazit výsledky převodu. Projekt se skládá ze tří hlavních částí: mikroprocesoru ARM, který řídí a vyhodnocuje naměřená data; generátoru harmonického audio signálu a převodníku digitálního signálu na formát I2S. Pro převod digitálního signálu na signál ve formátu I2S je využit komerčně dostupný převodník firmy Texas Instruments DIR 9001. Výstupní signál je generován vestavěným DA převodníkem, a následně podpurnými analogovými obvody je odstraněn offset a je vyfiltrován. Schéma návrhu je uvedeno na Obrázku 1.



Obrázek 1: Grafické schéma zapojení zařízení pro testování digitálního přenosu audio signálu

Ovládání testeru probíhá přes připojenou klávesnici. Zařízení umožňuje proměření digitální části obvodu pomocí harmonického signálu a následné zobrazení pomocí open source programu Telemetry Viewer – grafická interpretace dat ze sériové linky (vliv vzorkovací frekvence na výsledný signál) a naměření frekvenční přenosové charakteristiky. Sériová linka slouží pouze pro příjem informací. Dále je možno využít obvod jako samostatný generátor harmonického signálu s frekvencí 1kHz a 10kHz.

2 GENERÁTOR HARMONICKÉHO SIGNÁLU

Pro generování signálu je využit 12-cti bitový převodník mikroprocesoru ARM. V rámci návrhu jsem testoval dvě možnosti generování. První možností bylo generování pomocí systému Direct Digital Synthesis, který se díky proměnnému počtu vzorků ukázal jako nevyhovující. Druhou možností, co jsem testoval, bylo generování konstantního počtu vzorků a měnění dělicího poměru frekvence pro generování. Celý proces, proto aby nezatěžoval procesor, využívá systému Direct Memory Access.

2.1 NASTAVENÍ VÝSTUPNÍ FREKVENCE

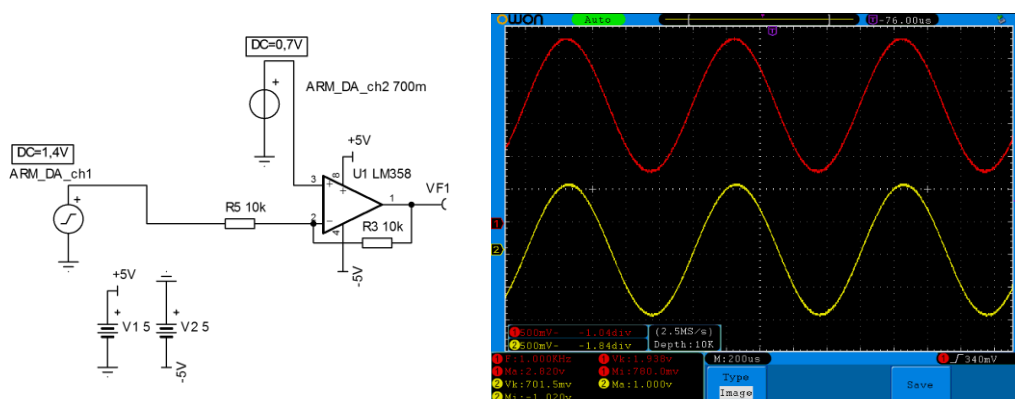
Jak jsem uvedl výše, k nastavení výstupní frekvence využívám děliče vstupní frekvence pro DA převodník. Dělicí poměr je pro každou frekvenci zvlášť vypočten dle rovnice 1.

$$PSC = \frac{\frac{f_{\text{mikroprocesoru}}}{\text{dělič pro sběrnici s DAC}}}{f_{\text{generovaného signálu}} \times \text{počet vzorků}} \quad (1)$$

Generuji 300 vzorků, a registr pro dělení frekvence na sběrnici s DAC je nastaven na hodnotu 2. Frekvence jádra mikroprocesoru je 84MHz. Generátor má generovat signály s frekvencemi pro audio pásma, čili od 20Hz do 20KHz.

2.2 ODSTRANĚNÍ OFFSETU

DA převodník je schopen generovat pouze kladné hodnoty. Z toho důvodu je k generovanému signálu přičten offset, který je třeba na výstupu DA převodníku odečíst. K odstranění stejnosměrné složky využívám operační zesilovač v součtovém zapojení. Na invertující vstup je přiveden harmonický signál a na neinvertující vstup hodnota offsetu. Viz Obrázek 2.

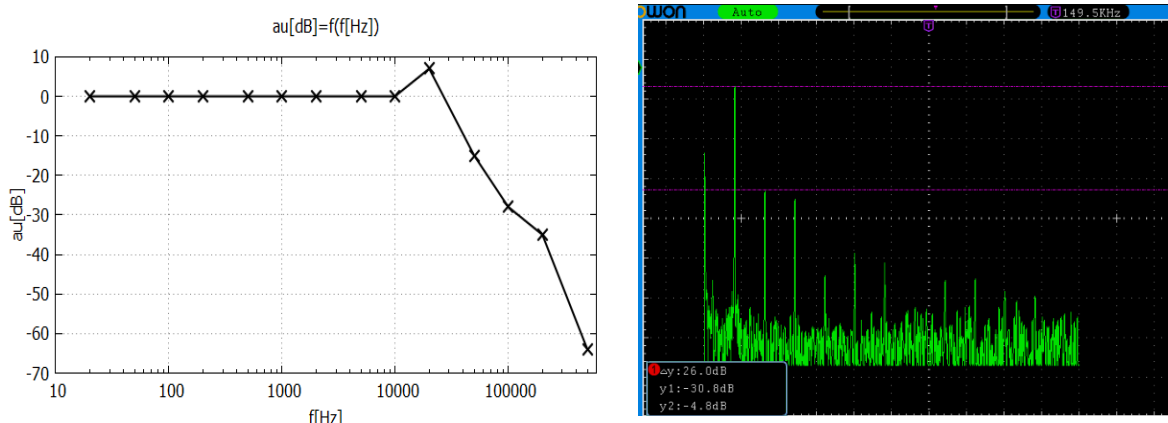


Obrázek 2: Schéma zapojení operačního zesilovače pro odstranění offsetu a měřené hodnoty za 2. - invertující zesilovačem

V návrhu je využit zesilovač LM358, který se ukázal být nevyhovující z důvodu velkého přechodového zkreslení. Nahradiť jsem ho zesilovačem LM833. Dále je ještě za zesilovač zařazen další, který má za úkol invertovat signál.

2.3 VÝSTUPNÍ FILTR

Z důvodu, že signál nemusí být ideální sinus, rozhodl jsem se dát před výstup rekonstrukční filtr. Jedná se LC článek. Filtr byl navržen tak, aby začal tlumit signál od 30KHz. Filtr byl změřen, a výsledek měření je uveden na Obrázku 3. Na téže obrázku – Fast Fourierova Transformace signálu za filtrem, je vidět zřejmý útlum mezi frekvencí 20KHz a dalšími superponovanými signály minimálně -30dB.



Obrázek 3: Naměřený útlum filtru, FFT analýza signálu (20KHz) za filtrem

2.4 DATA PRO GENEROVÁNÍ SIGNÁLU

Generována data počítám jako sinus pro 300 různých úhlů z periody. Do rovnice jsou přidány korekční parametry - pro korekci amplitudy tak, aby vždy signál za filtrem měl stejnou hodnotu efektivního napětí – v mém případě 700mV.

3 MĚŘENÍ A ÚPRAVA DIGITÁLNÍHO SIGNÁLU

Pro převod signálu využívám obvod DIR9001. K indikaci chyb obvod obsahuje port pro LED diodu. Pokud obvod nerozpozná platný formát signálu dle protokolu S/PDIF (ztráty na vedení, poškozené vedení), LED dioda se rozsvítí. Výhodou tohoto obvodu je, že dokáže sám detekovat vstupní frekvenci a pracovat s ní.

3.1 PROTOKOL I2S

Data jsou z obvodu do mikroprocesoru přenášena pomocí protokolu I2S. Tento protokol využívá 3 vodiče. V přenosu je určen master a slave. V mém případě je mikroprocesor master, proto generuje hodinový signál pro synchronizaci přenosu. Dále pomocí portu seriál data jsou vysílána data z převodníku na mikroprocesor. Jsou to 24-bitová data ve 32-bitovém formátu. Posledním portem je Word Select, který je vyslán převodníkem, a signalizuje vyslání dat pro levý nebo pro pravý kanál.

3.2 MĚŘENÍ VLIVU VZORKOVACÍ FREKVENCE NA VÝSTUPNÍ SIGNÁL

Pro toto měření, v nabídce jednodušeji nazváno osciloskop, je nutné připojit přípravek přes sériovou linku k počítači. Doporučuji využití open-source softwaru Telemetry Viewer, který slouží ke grafickému zobrazení dat vyslaných na sériový kanál.

Principem měření je zobrazit výstup AD převodníku (měřeno na 52 frekvencích v intervalu 20Hz až 20kHz), kde při vyšších frekvencích signálu a nejčastějších vzorkovacích frekvencích (44,1kHz, 44kHz) dochází ke zkreslení. Sice zařízení neumožní porovnat 2 převodníky, ale vycházím z toho, že na vstup byl vyslán harmonický signál, který bychom měli zpět přijmout. Na sériovou linku je vyslán přijatý digitální signál.

3.3 MĚŘENÍ FREKVENČNÍ PŘENOSOVÉ CHARAKTERISTIKY

Cílem měření je vyslání 52 harmonických signálů s různou frekvencí, pro které je následně spočtena efektivní hodnota. Beru v úvahu, že na vstup převodníku byl přiveden vždy identický signál (viz 2.4), a proto počítám přenos jako $a_u = 20 \times \text{LOG}(V_{RMS})$.

Výsledek tohoto měření je vyslán na sériový kanál. Následně je možno tato data interpretovat v tabulkovém procesoru. Data je vhodné vložit do grafu tak, aby na ose x byla frekvence a na ose y přenos. Vznikne tak křivka ukazující závislost zesílení/útlumu na frekvenci.

4 OSTATNÍ PERIFERIE A MIKROPROCESOR AMR

K řízení celého měření je přidána maticová klávesnice a 20 znakový, 4 řádkový alfanumerický LCD displej. Pro spojení s počítačem je také použit obvod MAX232, který převádí sériová data z mikroprocesoru na napěťové úrovně definované normou pro RS232.

4.1 MIKROPROCESOR ARM

Jedná se o architekturu, ze které jsem vybral konkrétní procesor, a to STM32F407VG. Z důvodu jednoduchosti programování a nízké ceny jsem zvolil variantu, kde tento procesor je propojen s dalšími perifériemi, jako například: zesilovač, tlačítka, takže není nutné zajišťovat podpůrné obvody pro procesor (generátor hodinových pulzů, stabilizátor napájení), označenou jako STM32F407Discovery.

5 VÝSLEDNÉ ZAPOJENÍ

Vzhledem k tomu, že projekt je teprve ve fázi odlaďování, a že nemám k dispozici žádné podobné zařízení, které by sloužilo jako referenční přístroj ke kalibraci, ani více AD převodníků, nevytvářel jsem vlastní tištěný plošný spoj a projekt je vytvořen na univerzálních pájecích plošných spojích. Toto může například ovlivnit generované signály, protože není možné na tomto typu desek projekt sestavit tak, aby nedocházelo k rušení například z napájecích větví.



Obrázek 4: Výsledné zapojení, nabídka na LCD displeji

6 ZÁVĚR

Výsledkem tohoto projektu je z části automatizovaný tester AD převodníků určených pro audio. Toto zařízení bude možno použít pro otestování kvality převodu signálu, vlivu vzorkovací frekvence na přenášenou frekvenci ale také jako generátor harmonického signálu s frekvencí 1KHz a 10KHz. Dalším možným použitím je například výuka vzorkování signálu, kdy tento převodník demonstruje například na 48KHz a signálu 20KHz splnění Schanon-Kotělnikova teorému, ale signál je značně deformován.

REFERENCE

- [1] Reference manual STM32F407 [online]. February 2019 [cit. 2020-03-14]. RM0090 Rev 18 Dostupné online na: https://www.st.com/content/ccc/resource/technical/document/reference_manual/3d/6d/5a/66/b4/99/40/d4/DM00031020.pdf/files/DM00031020.pdf/jcr:content/translations/en.DM00031020.pdf
- [2] Katalogový list DIR 9001 [online]. May 2015 [cit. 2020-03-14]. SLES198A Rev 1 Dostupné online na: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/dir9001.pdf>