

Konstrukce impedančního analyzátoru pro výzkum v oblasti nízkých frekvencí

Bc. Jakub Nečásek, Ing. Pavel Márton Ph.D.

Abstrakt

Tento příspěvek je zaměřen na výzkum v oblasti aktivního tlumení vibrací a pojednává o konstrukci digitální části impedančního analyzátoru pro nízké frekvence. Tento modul analyzátoru má za úkol generovat měřicí šum, měřit odezvu, vypočítat pomocí FFT amplitudovou a fázovou charakteristiku a tím i výslednou impedanční charakteristiku. Konfigurace modulu a zobrazení výsledků probíhá pomocí PC.

Úvod

Výzkum a realizace tlumení vibrací/hluku je aktuálně rychle se rozvíjejícím oborem. Ať už z hlediska zlepšení životního prostředí – tedy odstranění hluku a otřesů na pracovišti, v domácnosti a dopravních prostředcích, zvýšení přesnosti a životnosti strojů, ale také pro kvalitnější stabilizaci optických soustav ve výzkumných aplikacích. Příkladem budiž okno, struktura velmi tenká a tedy náchylná k rozkmitání, nebo citlivý přístroj reagující na nízkofrekvenční vibrace přenášené vzduchem.

Ukazuje se, že velmi dobrých výsledků je možné dosáhnout při zapojení aktivního bočnicku, tzv. záporné impedance (NC), k piezoelektrickému aktuátoru. Teoretická analýza [1] ukazuje, že širokopásmového tlumení může být dosaženo velmi přesným naladěním impedance NC na impedanci piezoelektrického aktuátoru v širokém rozsahu frekvencí. Vzhledem k požadované přesnosti naladění NC, blízkosti pracovního bodu mezi stability a také velké citlivosti parametrů pizeokrystalu na vnější podmínky není možné takovéto měření provést pouze při zástavbě aktuátoru, ale musí se provádět pravidelně. Úkolem konstruovaného impedančního analyzátoru je tedy pravidelné měření impedanční charakteristiky aktuátoru a naměřené údaje předávat řídicí struktuře. Zároveň je také nutné brát v potaz to, že pro měření se aktuátor odpojuje od řídicího obvodu a tedy přestává zcela tlumit. Proti těmto požadavkům jdou vysoké nároky na přesnost měření a rozlišení ve frekvenční oblasti, které už z fyzikálního principu vyžaduje značné množství naměřených dat.

Experiment a metody

Digitální modul analyzátoru se skládá z mikropočítače architektury ARM [2], externí RAM pro naměřená data, paměti FLASH pro uložení budicího signálu a komunikačních rozhraní. Rozšíření stávající paměti mikropočítače bylo nutné z důvodu práce s velkými objemy dat. Při měření se ukládá 65536 hodnot napětí a proudu. Tyto jsou vyjádřeny pomocí datového typu „float“ o délce 32b. Ukládají se však prokládané nulovými hodnotami z důvodu použité transformace komplexních čísel opět do komplexních. Jedná se o implementaci rychlé Fourierovy transformace o délce 65536 bodů pomocí algoritmu Radix 2 (vykonávaný „in-place“) [3]. Dále je tedy nutné mít v paměti předpočítané „twiddle“ faktory. Také je potřeba místo pro mezivýsledky výpočtů a výslednou impedanční a fázovou charakteristiku bez smazání naměřených hodnot. Velikost přídavné paměti RAM je tedy 2 MB. Generování budicího šumu procesorem by bylo možné, avšak měření by nemuselo být opakovatelné. Z toho důvodu a také pro zrychlení programu se šum přehrává z paměti FLASH. Mikropočítač komunikuje s externími převodníky pomocí dvou rozhraní SPI. První je vyhrazeno jen pro účely komunikace s AD převodníky. Druhé zajišťuje posílání dat do DA převodníku a zároveň je na něm připojena paměť FLASH. Pro přepínání rozsahů pomocí bočníků a předřadníků, a odepínání vstupů při nečinnosti je vyhrazeno 12 optočlenů. Komunikace s PC probíhá přes galvanicky oddělený převodník UART na USB.

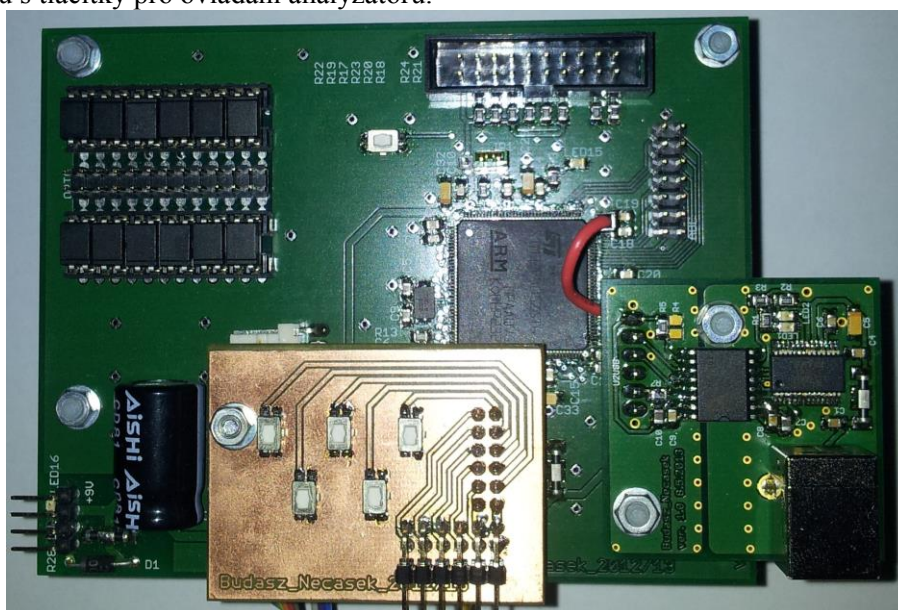
Rozšířený Abstrakt

Pro ověření správné funkce digitálního modulu, jsem vytvořil program v prostředí MATLAB. Tento generuje šum v časové oblasti, který poté převádí do frekvenční oblasti. Zde probíhá oříznutí bílého šumu na zvolený frekvenční rozsah. Po zpětném převodu do časové oblasti přichází na řadu simulovaný průchod volitelnou součástí. Takto vygenerovaná data se následně pošlou pomocí virtuálního sériového portu do digitálního modulu, kde proběhne výpočet impedance. Výsledná charakteristika se poté posílá zpátky do počítače k vykreslení.

Výsledky a diskuze

Délka výpočtu je přibližně 2.5 s. Toto zahrnuje 2 výpočty FFT o délce 65536, přeskupení výsledku pomocí bit-reverse algoritmu, výpočet absolutních hodnot a fází obou spekter, dělení absolutních hodnot pro impedanční charakteristiku a odečtení fází pro fázovou. Výsledná impedanční charakteristika se zcela shoduje s teorií, a proto ji zde neuvádím.

Na obr. 1 je vidět digitální modul osazený komunikační deskou s převodníkem UART na USB a také deskou s tlačítky pro ovládání analyzátoru.



Obrázek 1. Foto digitálního modulu impedančního analyzátoru

Závěr

Hotový digitální modul je možné připojit k modulu s externími převodníky a modulu analogové části úpravy signálu. Po drobné úpravě firmware pro obsluhu konkrétních AD a DA převodníků bude možné přistoupit k základním měřením.

Jako možné rozšíření se vzhledem k hotovému modulu nabízí doplnění funkcí například o automatické přepínání rozsahu, obsluhu připojeného displeje nebo přímou komunikaci s řídicím obvodem tlumení.

Reference

- [1] SLUKA, Tomáš. *NOISE AND VIBRATION CONTROL USING PIEZOELECTRIC ELEMENTS SHUNTED BY A NEGATIVE CAPACITOR*. Liberec, 2007. Disertační práce. Technická univerzita v Liberci. Vedoucí práce Doc. Ing. Pavel Mokrý Ph.D.
- [2] STMICROELECTRONICS. *STM32F405xx & STM32F407xx*. Rev 3. 2012. Dostupné z: <http://www.st.com/st-web-ui/static/active/en/resource/technical/document/datasheet/DM00037051.pdf>
- [3] HAYES, Monson H. *Theory and Problems of Digital Signal Processing*. New York: McGraw-Hill, 1999, 262 - 267. ISBN 0-07-027389-8.