

## I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

<b>Název práce:</b>	<b>Digitální vzorkovací osciloskop s mikrořadičem pro výukové účely</b>
<b>Jméno autora:</b>	<b>Bc. Tadeáš Pilař</b>
<b>Typ práce:</b>	diplomová
<b>Fakulta/ústav:</b>	Fakulta elektrotechnická (FEL)
<b>Katedra/ústav:</b>	Katedra měření
<b>Oponent práce:</b>	Ing. Tomáš Dresler
<b>Pracoviště oponenta práce:</b>	STMicroelectronics Design and Application s.r.o.

## II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

<b>Zadání</b>	<b>průměrně náročné</b>
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Účelem práce je vyvinout aplikaci digitálního vzorkovacího osciloskopu se vzorkováním v ekvivalentním čase na platformě Nucleo-F303RE, použité ve výuce na Katedře měření, a testovacího generátoru pro změření vlastností osciloskopu.	

<b>Splnění zadání</b>	<b>splněno</b>
<i>Posuďte, zda předložená závěrečná práce splňuje zadání. V komentáři případně uveďte body zadání, které nebyly zcela splněny, nebo zda je práce oproti zadání rozšířena. Nebylo-li zadání zcela splněno, pokuste se posoudit závažnost, dopady a případně i příčiny jednotlivých nedostatků.</i>	
Práce diskutuje možnosti vzorkování vstupního signálu na frekvencích větších než polovina maximální kontinuální vzorkovací rychlosti vnitřních AD převodníků, dále možnosti generování testovacích signálů ve studentské laboratoři nebo domácích podmínkách a jejich vzájemné omezení (např. synchronicitu signálu generovaného stejným mikroprocesorem). Zároveň diskutuje omezení dané SW a HW implementací na mikroprocesoru (pokles měřeného signálu dle vstupní frekvence) a navrhuje levné možnosti zlepšení měření (operační sledovač).	

<b>Zvolení postup řešení</b>	<b>správný</b>
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Pan Pilař vhodně využil dostupné periferie (4 AD převodníky pro vzorkování až 4 signálů nebo referenčního napětí, časovače pro synchronizaci měření i odměru vstupní frekvence signálu). Měření vstupní frekvence signálu je založeno na tom, že se nejprve vzorkuje vstupní signál „naslepo“, ze vzorků se vypočte střední hodnota a ta se použije jako referenční pro komparátor. Ve druhém kroku se komparátor použije pro detekci průchodu střední hodnotou a tímto způsobem se pomocí navázaných čítačů změří nominální frekvence signálu. Tato metoda je na zvoleném HW nejlepší možná, ale nezohledňuje možné zákmity signálu, které mohou přesáhnout vypočtenou rozhodovací úroveň a interpretaci signálu tak změnit. Řešení vstupních obvodů odpovídá požadované jednoduchosti pro výuku a použití studenty mimo laboratoře, nezohledňuje však možnosti frekvenční a napěťové kompenzace – např. sledovač s NPN tranzistorem lze dostavit několika rezistory k měření signálů kladné i záporné polarity, takže omezení na 0,7V není nutné. Zapojení s operačním zesilovačem nezohledňuje rozdíly klidových proudů ani frekvenční kompenzaci, jako sledovač je použito učebnicové zapojení. Pro ultrarychlé signály by bylo možné zmínit zesilovače s proudovou zpětnou vazbou apod., problematika zde je velmi široká. Kladně hodnotím přiložený projekt krytu pro Nucleo, který umožňuje připojení pouze k využitelným signálům desky plošných spojů a omezuje tak možnost poškození mikrokontroléru nebo PC.	

**Odborná úroveň**

**B - velmi dobře**

*Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.*

Pan Pilař prokázal velmi dobrou znalost měření na AD převodnicích, implementaci celého řetězu měření a zpracování signálů na mikroprocesoru i volbu frameworku pro přenos a zobrazení dat na PC. Výsledný produkt je praktický a použitelný, aplikace ve Windows ale měla náhodnou tendenci přerušit spojení a zamrznout. Generování výstupního signálu je řešeno jako PWM výstup časovače s omezením na volbu výstupní frekvence dle použitého dělicího faktoru. Pro lineární volbu výstupní frekvence lze zkusit princip přímé číslicové syntézy a její dopad na fázovou čistotu signálu. Práce neřeší rušivé faktory ani jejich praktické omezení (např. návrh anti-aliasing filtru nebo horní propusti kvůli překlopení nízkých kmitočtů do měřeného pásma), i když je autorovi známa maximální použitelná frekvence signálu.

**Formální a jazyková úroveň, rozsah práce**

**B - velmi dobře**

*Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.*

Práce je formálně i stylisticky v pořádku, výklad je doplněn vhodnými blokovými diagramy, schémata a grafy ze změřených dat. Rozsah práce je střední, některé kapitoly by si zasloužily rozšířit o detailnější popis (např. u ekvivalentního vzorkování by pomohlo matematické vyjádření pro demonstraci překlopení frekvence i časového spektra, popř. matematické vyjádření poklesu amplitudy signálu v závislosti na čase vzorkování a konečném čase nabíjení Cs, kvantitativní vliv jitteru oscilátoru a PLL na zobrazení signálu).

**Výběr zdrojů, korektnost citací**

**A - výborně**

*Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posuďte, zda student využil všechny relevantní zdroje. Ověřte, zda jsou všechny převzaté prvky řádně odlišeny od vlastních výsledků a úvah, zda nedošlo k porušení citační etiky a zda jsou bibliografické citace úplné a v souladu s citačními zvyklostmi a normami.*

Práce cituje 14 zdrojů, jejich použití vhodně doplňuje postup diplomové práce a dodává dostatek podnětů pro praktickou realizaci.

**Další komentáře a hodnocení**

*Vyjádřete se k úrovni dosažených hlavních výsledků závěrečné práce, např. k úrovni teoretických výsledků, nebo k úrovni a funkčnosti technického nebo programového vytvořeného řešení, publikačním výstupům, experimentální zručnosti apod.*

Pan Pilař demonstroval funkční aplikaci dle požadavků zadání. Práce rozšíří možnosti dalších studentů na Katedře měření o měření signálů na mnohem vyšších frekvencích než bylo doposud možné za dostupnou cenu.

**III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE**

*Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení. Uveďte případné otázky, které by měl student zodpovědět při obhajobě závěrečné práce před komisí.*

Vzhledem k praktickému zadání práce hodnotím její realizaci stupněm **výborně**. Jako další etapu bych doporučil i teoretické rozvedení principů měření, aby si budoucí studenti mohli spojit vzorkovací teorém s praktickým využitím a znalostí omezení použitých měřicích metod.

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **A - výborně**.

Datum: 3.6.2020

Podpis: