

Oponentský posudek bakalářské práce

Vyčítání, řízení a zpracování signálů z diodového pole spektrofotometru

vypracované studentem Janem Novotným, FEL ČVUT, 2015

Zadání práce bylo splněno. Student prokázal velmi dobrou orientaci a schopnost použít elektronické součástky analogové i digitální, rovněž pak uspokojivou schopnost tvořit syntetický hardware v hradlovém poli. Většina práce je velmi pěkně zpracovanou dokumentací tématu, úroveň detailů a obsažnost technického popisu je příkladná. Formální stránku kazí jen místy vliv spěchu (chybějící mezery), věcné stránce pak chybí pečlivější prezentace měřených dat. Z celkového hlediska mi přístup k řešení i jeho popis připadá dobrý, následují připomínky k několika konkrétním bodům.

V odd. 3.2.1. je řečeno, že výstup temných pixelů je výrobcem poskytnut proto, aby bylo možno odečíst napěťové špičky, osobně jsem spíše toho názoru, že jde o kompenzaci temného proudu. V odd. 4.1. je uvedeno, že šum lze snížit průměrováním úměrně $\propto 1/\sqrt{N}$ za předpokladu normality šumu; to není postačující podmínka, důležité je, aby šum byl nekorelovaný.

V odd. 4.1. mi citelně chybí, a pro obě zmiňované aplikace přístroje to může být podstatné, rozbor samotného Poissonovského (jinak též výstřelového, fotonového či kvantového) šumu, tvořeného statistikou vlastního měřeného signálu (dále viz doplňující otázku č. 2). Počítejme nejprve, že úroveň signálu se bude blížit mezi saturace pixelu; 1 pixel pojme $Q = 19 \times 10^{-12}$ C, tedy $N = Q/q \approx 1.3 \times 10^8$ elektronů. Poměr signál/šum (SNR) u Poissonovského signálu je roven \sqrt{N} a z toho hrubým přiblížením $\log_2 \text{SNR} \approx 13.5$ bit. Při téměř plných pixelech je tedy úroveň bytostně přítomného šumu světla samotného taková, že nemá smyslu A/D převodník o více než 14 bitech. Při málo zaplněných pixelech je SNR ještě horší; měl by stačit též A/D převodník se sníženým rozsahem. Diskutabilní situací, kdy by vícebitový převod našel uplatnění, by bylo střídání saturovaných a velmi prázdných pixelů. Obecně mám za to (přínejmenším v chromatografické aplikaci to platí), že je třeba se snažit o dostatečně velkou expozici pixelů. V opačném případě je totiž výhodnější užít snímač typu APS (CMOS) s integrovaným A/D převodníkem.

V odd. 7.1., obr. 17a se mi nedaří spatřit odkazovaných 50Hz. Odd. 7.4. se jmenuje “ověření rozlišení”, ale rolišení nikterak neověřuje, pouze hodnotí absolutní ofset několika vlnových délek a to ještě s pomocí zdroje, jehož vlastní rozptyl je o 1..2 řády horší, než ověřovaná vlastnost (dále viz doplňující otázku č. 3). V odd. 7.5. řečené “hodnoty regrese”, tedy patrně koeficienty přímk, nemohou nikterak posloužit pro posouzení linearity, jak je chybně uvedeno; pro posouzení linearity by bylo třeba ukázat poměr reziduí vůči rozsahu či typické úrovni signálu.

Pokud jde o zdrojové kódy přiložené k práci, poněkud mě zamrzelo, že student při syntéze hardware v hradlovém poli patrně příliš nepřemýšlí o tom, jaký obvod z psaných konstrukcí vzniká a počíná si spíše jako při psaní softwaru, nadto nepřilíš efektivního (viz doplňující otázku č. 1). Jelikož student dle práce působí dojmem člověka, který danými prostředky dokáže plnit skutečná zadání ve výzkumu a průmyslu, rád bych mu doporučil, ať si před další tvorbou v FPGA nastuduje digitální návrh a ať se pokaždé poučí ze schemat FPGA maker (netlistu), jak syntéza subsystémů dopadla.

Doplňující otázky:

1. V kódu `lx_adc_if.vhd` jste použil konstrukci (a) `if rst_i='1' then ... received <= (others => '0')` a dále (b) `received(active_bit_r) <= SDI`; vysvětlete, proč je (a) zbytečné, dále, jaká obvodová struktura vznikne použitím (b) a nakonec, jak by bylo lepší vyčítání SDI řešit, tj. jaký obvod má správně vzniknout a jak to v HDL napsat.
2. Vysvětlete, proč SNR Poissonovského signálu je rovno \sqrt{N} ; popište na příkladu, jak se projeví v praxi výstřelový šum; př.: na jednu dlaždici nasněžilo odpoledne v průměru 23.4 vloček sněhu, jaké budou konkrétní počty vloček na více dlaždicích a jejich rozptyl? Je tento model věrohodný pro světlo z laseru, žárovky, Slunce?

3. Kalibraci ofsetu a rozlišení spektrometru pomocí LED zdrojů provést úspěšně nelze; uveďte jiný zdroj světla, dostupný v spotřebitelské obchodní síti v řádu stovek až tisíc Kč, který by poskytl dostatečně přesné a úzkopásmové signály pro danou úlohu.

I přes uvedené výhrady hodnotím kladně celkový výsledek práce a prokázanou schopnost studenta řešit skutečné úlohy netriviální instrumentace, proto práci hodnotím stupněm C, 75bodů.

V Táboře dne 17. června 2015

Marek Peca