

## I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

<b>Název práce:</b>	Implementace zpracování obrazu v systému UVDAR na FPGA
<b>Jméno autora:</b>	Bc. Vojtěch Vrba
<b>Typ práce:</b>	diplomová
<b>Fakulta/ústav:</b>	Fakulta elektrotechnická (FEL)
<b>Katedra/ústav:</b>	Katedra kybernetiky
<b>Oponent práce:</b>	Ing. Petr Čížek
<b>Pracoviště oponenta práce:</b>	Katedra počítačů

## II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

<b>Zadání</b>	průměrně náročné
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Úkolem studenta bylo prozkoumat možnost nasazení existujícího systému pro relativní lokalizaci dronů UVDAR na vybraném vestavném výpočetním prostředku založeném na technologii FPGA. Ačkoli samotný vývoj pro technologii FPGA je časově náročný a rozdílný od klasického programování pro výpočetní prostředky na bázi CPU, je zadání přímočaré díky existenci referenční implementace. Proto hodnotím zadání práce jako průměrně náročné.	

<b>Splnění zadání</b>	splněno s většími výhradami
<i>Posudte, 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>	
Zadáním práce bylo nasadit zcela, nebo alespoň částečně, existující systém UVDAR za použití výpočetního prostředku na bázi FPGA. Jednotlivé body zadání jsou:	
1) <i>Seznámit se se systémem UVDAR.</i> Systém UVDAR a jeho funkcionalita je v práci popsána a bod tedy považuji za splněný.	
2) <i>Na základě rešerše systému identifikujte části systému, které lze konsolidovat na samostatné zařízení/FPGA.</i> Práce obsahuje evaluaci paměťových a výpočetních náročností jednotlivých softwarových částí systému UVDAR a rešerši souvisejících hardwarově akcelerovaných implementací. Vhodnost jednotlivých částí systému pro implementaci na FPGA není argumentována explicitně, ale je zmiňována mimochodem. Expertní znalost domény je nutná k dovození vhodnosti akcelerovat danou část software na FPGA.	
3) <i>Navrhněte a implementujte vybrané části systému na vývojové desce FPGA.</i> Část systému věnující se detekci UV zdrojů je implementována v rámci FPGA. Vzhledem k vágnosti zadání lze bod považovat za splněný, nicméně v rámci práce chybí argumentace proč byl zvolen zrovna konkrétní subsystém. V rámci práce byly implementovány i další subsystémy, které ale nesouvisí s originálním systémem UVDAR. Jmenovitě vstupně-výstupnímu systému je věnována značná část práce (str. 43-56), stejně tak jako tvorbě dvou HW prototypů kamerového modulu (Kapitola 3.3 a Kapitola 5.4), které ale se zadáním práce vlastně nesouvisí. Respektive, nejsou nutné k naplnění zadání. Stejně tak práce obsahuje kapitolu výběru vývojové desky (Kapitola 3), která působí výplňově, protože není rešerší, ale pouze předkládá porovnání dvou vývojových desek dostupných na trhu, bez zjevné návaznosti na zbytek textu.	
4) <i>Proveďte komparativní analýzu a analýzu výkonu navrženého řešení ve srovnání s referenční implementací.</i> Práce neobsahuje jakoukoli analýzu navrženého řešení nebo argumentaci, proč tato nebyla provedena. Jediná analýza výkonu se týká vyvinutého kamerového modulu, který nesouvisí se software systémem UVDAR a který je navíc testován na nesouvisející vývojové desce.	

<b>Zvolený postup řešení</b>	nesprávný
<i>Posudte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Práce obecně odpovídá na otázku „jak?“, ale ne na otázku „proč?“. Poskytuje tedy implementační detaily, ale už ne argumentaci pro použití té které komponenty. Celá práce tak působí jako soubor nahodilých poznámek k danému tématu, a ne ucelené a promyšlené inženýrské dílo. Částečně za to může i vágnost zadání, které nespecifikuje konkrétní komponenty, které mají být implementovány. Díky chybějící argumentaci „proč?“ je potom bez expertní znalosti nemožné obhájit zvolený	

postup, protože neustále vyvstávají nové a nové otázky.

Z pohledu celkového postupu řešení považují za klíčovou větu (Sekce 5.1) „Ze začátku se vůbec nepočítalo s použitím Hard Processor System (HPS) v rámci projektu...“. HPS je klíčová komponenta dnešních FPGA a obecně návrhu systémů SoPC. Dokladem pochopení problematiky je v tomto směru schopnost dekomponovat složitý problém na části, které stojí za to paralelizovat a poběží na FPGA, a části, které poběží na CPU, neboť jsou natolik obecné, nebo složité, že investice do jejich paralelizace by byla neúnosná.

Vzhledem k tomu, že existuje referenční implementace systému UVDAR, je přímočarý postup benchmarkovat existující implementaci (ideálně na HPS vývojové desky) a následně části, které lze buď snadno přenést do FPGA, nebo představují úzké hrdlo implementace, paralelizovat. Od začátku tedy existuje funkční systém, který lze další paralelizací jen zlepšovat. Navíc není nutné paralelizovat celé funkční bloky systému, ale třeba jen subkomponenty (například jen maticové násobení). Zvlášť pak u natolik složitých komponent jako je komponenta 4D Houghova transformace systému UVDAR.

Existují různé implementace SoPC systémů (jmenovitě HPS, nebo Soft Processor Systems) i metodiky pro návrh takových systémů a dekompozici problému. Nicméně, vágnost zadání v tomto směru umožňuje jakýkoli přístup, protože není definováno, jakým způsobem a co má být nasazeno na vývojové desce. V rámci práce potom jakýkoli popis, nebo argumentace metodiky práce chybí. Vzhledem k množství práce „okolo“, která nevede k cíli nasazení kompletního systému UVDAR v rámci SoPC architektury, považují postup řešení za nesprávný.

### Odborná úroveň

C - dobře

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

Student v rámci práce vyřešil mnoho problémů „okolo“, týkající se návrhu hardware kamerového modulu, kompilace vlastního linuxového jádra a nasazení softwarových prostředků na HPS systém, atd. Samotný VHDL kód FPGA implementace je na vysoké úrovni. Dokumentace technických detailů implementace v rámci práce je na dobré úrovni. Bohužel celkový formální dojem z práce sráží absence logických návazností v textu (viz níže). Obecně nemám pochyb, že student dosáhl schopnosti kreativně řešit problémy a je vidět, že práci věnoval velké množství úsilí.

Základním problémem práce je ale výše zmíněná dekompozice řešení a využití možností architektury SoPC. Například citované zdroje [17,28] (včetně zdroje [28] uvedeného v zadání práce) tuto dekompozici využívají. Proto hodnotím celkovou odbornou úroveň práce stupněm C - dobře.

### Formální a jazyková úroveň, rozsah práce

D - uspokojivě

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

Práce je psána v anglickém jazyce a její jazyková úroveň je na dobré úrovni. Práce ale není čtivá, protože čtenář není veden logickými návaznostmi (například nejdříve jsou popsány implementační detaily a až potom je prezentován přehled architektury). Vlivem toho působí kapitoly nahodile, některé kapitoly mají velmi spekulativní kontribuci ke splnění zadání (například Kapitola 3, Kapitola 4 až po implementaci FAST-like algoritmu, nebo Sekce 5.4). Práce odpovídá na otázku „jak?“, ale ne na otázku „proč?“. Matematická notace je vesměs v pořádku, místy chybí zavedení symbolů (například intenzita obrazových bodů  $I_{\{x,y\}}$ ). Počet gramatických chyb na text je adekvátní rozsahu práce. Až na Algorithm 1 jsou všechny tabulky i obrázky řádně referencovány.

### Výběr zdrojů, korektnost citací

B - velmi dobře

*Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posudte, 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.*

Text pracuje s aktuálními a relevantními zdroji. Citace jsou řádně používány. U citací [5] a [30] chybí bibliografické údaje - proto hodnotím B - velmi dobře.

### 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.*

Ačkoli je z textu patrné, že autor věnoval vypracování práce velké množství úsilí a vyřešil velké množství dílčích problémů, tak toto úsilí bylo rozprostřeno do směrů, které přímo nepřispívají k řešení dosažení cílů práce. Samotné vymezení cílů je potom problémem relativně vágního zadání práce. Text práce působí jako kompilát vzájemně nesouvisejících částí, u kterých je největší problém absence logické návaznosti a postupného budování znalosti o systému, včetně argumentace použití dílčích kroků. Práce se tak zaměřuje na detaily, ale schází jí větší obrázek a zasazení do kontextu. Díky tomu první čtení práce je velmi náročné a vyžaduje expertní znalost problematiky, aby bylo možné textu vůbec porozumět.

Díky vágnímu zadání není možné vydefinovat rozsah jeho splnění, kromě absence komparativní analýzy. Zvolený postup řešení není v práci dobře dokumentován. Student sice prezentuje jednotlivé komponenty systému UVDAR včetně rešerše literatury pro možnou inspiraci HW implementace dané komponenty, nicméně chybí argumentace rozhodnutí a dalšího postupu. Postup řešení lze tedy hodnotit v podstatě jen na základě věty (Sekce 5.1) „Ze začátku se vůbec nepočítalo s použitím Hard Processor System (HPS) v rámci projektu...“, která dává do souvislosti všechna ostatní rozhodnutí, z nichž minimálně část se jeví jako nevhodná. Hlavně z tohoto důvodu

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm

#### **Otázky k obhajobě:**

- 1) Na příkladu systému UVDAR a použité vývojové desce DE10-nano vysvětlete metodiku pro nasazení existující CPU implementace algoritmu a dekompozice úlohy pro využití principu návrhu System on a programmable chip (SoPC).
- 2) Vysvětlete jak funguje a proč se využívá mechanismus výběru maxima z vnitřku okolí FAST-like algoritmu (řádek 22 Algorithm 1).

Datum: 26.1.2023

Podpis: Petr Čížek