

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

| | |
|------------------------------------|--|
| Název práce: | Zařízení pro ruční navádění průmyslového robota |
| Jméno autora: | Serhii Voronov |
| Typ práce: | bakalářská |
| Fakulta/ústav: | Fakulta elektrotechnická (FEL) |
| Katedra/ústav: | Katedra řídicí techniky |
| Vedoucí práce: | Ing. Pavel Burget, PhD. |
| Pracoviště vedoucího práce: | Český institut informatiky, robotiky a kybernetiky |

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

| | |
|---|--------------------------|
| Zadání | mimořádně náročné |
| <i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i> | |
| Zadání je mimořádně náročné především kvůli rozsahu a také kvůli hloubce, do které byl pan Serhii Voronov nucen jít v některých oblastech, jako je například návrh a realizace procesorové desky s displejem, kamerou a 5G modemem tak, aby se vešla do omezeného prostoru madla na koncovém efektoru robota. | |

| | |
|--|----------------|
| Splnění zadání | splněno |
| <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> | |
| Zadání bylo splněno bez výhrad. | |

| | |
|--|--------------------|
| Aktivita a samostatnost při zpracování práce | A - výborně |
| <i>Posuďte, zda byl student během řešení aktivní, zda dodržoval dohodnuté termíny, jestli své řešení průběžně konzultoval a zda byl na konzultace dostatečně připraven. Posuďte schopnost studenta samostatně tvůrčí práce.</i> | |
| Pan Voronov byl velmi aktivní během celé práce, přicházel s řadou nápadů, které přidávaly do zadání další složitost, ale na druhou stranu směřovaly k tomu, aby na konci vznikl výsledek, který je velmi neobvyklý svým rozsahem a stupněm dotazování. Velmi oceňuji aktivitu pana Voronova a jeho snahu o dosažení kvalitního výsledku. | |

| | |
|---|--------------------|
| Odborná úroveň | A - výborně |
| <i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i> | |
| Práce je mimořádná nejen svým rozsahem, ale i kvalitou provedení realizovaného zařízení. Pan Voronov nejdříve otestoval prototyp na vývojové desce, kde odladil propojení jednotlivých komponent a vytvořil softwarové komponenty jako například Profinet IO Device, komunikaci s 5G modemem, integraci kamery apod. Deska plošných spojů, kterou po ověření prototypu navrhnul, zadal do výroby a následně zprovoznil, je velmi povedené dílo. Jeho návrhu se věnoval s velkou pečlivostí několik týdnů, přičemž o kvalitě návrhu vypovídá i to, že po oživení deska fungovala téměř na poprvé. Rovněž oceňuji, jak pan Voronov řešil samotné nasazení zařízení na robota. Nespokojil se s tím, že vytvořené zařízení zapojí k řídicímu systému robota, ale chtěl co nejvíce zdůraznit užitečnost ručního navádění na reálné aplikaci. Proto navrhnul a naprogramoval modul pro sběr a zpracování obrazu z kamery, aby usnadnil navádění koncového efektoru nad požadovaný díl, což původně v zadání nebylo. Poté, co se ukázalo, že výpočetní výkon procesorové desky nestačí na analýzu obrazu, převedl zpracování obrazu na server s grafickým výpočetním jádrem, k čemuž úspěšně využil právě 5G komunikaci. | |

| | |
|---|--------------------|
| Formální a jazyková úroveň, rozsah práce | A - výborně |
| <i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i> | |
| Práce je kvalitně a přehledně zpracována v dostatečném rozsahu. Angličtina je na dobré úrovni. | |

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.

Použité zdroje jsou v práci dobře uvedeny a citovány.

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.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ A NÁVRH KLASIFIKACE

Jedná se o výjimečnou práci jednak, co se týká šíře záběru, ale také co se týká pracovního nasazení, samostatnosti a vlastní iniciativy pan Voronova, aby dosáhnul co nejlepšího výsledku, který bude prakticky uplatnitelný. To se mu podařilo beze zbytku. Vytvořené zařízení bylo úspěšně nasazeno na robotu v Testbedu pro Průmysl 4.0 a úspěšně provozováno při několika příležitostech. Za zmínku rovněž stojí, že pan Voronov ještě v rámci bakalářské práce navrhnul, jak zařízení v další verzi zmenšit a navíc vylepšit, aby se dosáhlo lepších parametrů přenosu na 5G síti.

Vytvořené zařízení je velmi zdařilé a celkový výsledek výrazně převyšuje kvalitu běžných bakalářských prací. Proto navrhuji tuto práci na cenu děkana za nejlepší bakalářskou práci.

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

Datum: 8.6.2022

Podpis:

Posudek oponenta na bakalářskou práci „Device for hand guiding of an industrial robot“ studenta Serhiie Voronova

Bakalářská práce je věnována popisu designu a implementace zařízení pro ruční navádění průmyslového robota. Toto zařízení má díky integrované kameře a ethernetovému profinet připojení schopnost navádět robota pomocí informací získaných zpracováním obrazu; a díky integrovanému 5G modemu připojenému do SA sítě využít externí výpočetní kapacity, například té grafické pro zpracování neuronové sítě. Práce je napsaná v anglickém jazyce.

Práce je členěna do sedmi logických celků. Po stručném úvodu práce začíná popisem architektury projektu a podrobným designem hlavní komponenty rozšíření, PCB desky, zakončené i jejím otestováním. V dalších dvou kapitolách jsou prezentovány použité komunikace, profinet a 5G; v obou případech je komunikace nejdříve představena a poté popsáno její nasazení a konfigurace. Pátá kapitola obsahuje několik podúkolů zpracování obrazu získané z kamery - detekci objektů pomocí konvoluční neuronové sítě, přepočítání nalezené pozice do reálných souřadnic pomocí ArUco tagů a vyčlenění výpočtu neuronové sítě přes 5G na vzdáleném počítači. Poslední kapitola shrnuje práci robota a celá práce je zakončena závěrem a seznamem použité literatury.

Svým rozsahem použitých technologií se tato práce po obsahové stránce řadí jistě k nadprůměrným bakalářským pracím. Zadání student zcela naplnil, navíc je zřejmé, že si musel tvůrčím způsobem poradit s řadou nepříjemných okolností nad rámec očekávaného - nedostatku vhodných komponent na trhu, nedokonalostí použitého softwaru, a především neplánovaného použití detekce objektů pomocí neuronové sítě, což muselo vést k nepříjemně výraznému navýšení úsilí v pokročilé fázi projektu. Pozitivně hodnotím i přiznané konzultace a spolupráce se svými kolegy, což jen pěstuje ve studentovi potřebné měkké dovednosti.

Kvalita práce po formální stránce odpovídá mé úvaze z předchozího odstavce - kapitoly o PCB desce, profinetu a Delta robotu jsou pěkně a podrobně napsané (se slušnou úrovní angličtiny), hojně citované a ilustrované, a dá se zde najít jen několik drobných formálních chyb (např. nesladěnost v používání velkých a malých písmen), typografických chyb (např. interpunkce v seznamech, nadbytečné bílé znaky) nebo neobratných vyjádření. Naopak na kapitole o zpracování obrazu je dle mne patrné, že je psána na poslední chvíli a potřebovala by ještě trochu péče.

Mám ještě několik konkrétních připomínek:

1. Jaký je vztah “profinet_in” a “profinet_out” k ilustračnímu obrázku 3.2?
2. Na začátku páté kapitoly (nebo v úvodu) mi chybí přehledné představení úlohy, na kterém je demonstrována funkčnost zařízení a v čem přesněji spočívá pomoc vizuálního zpracování kamery k navedení robota.
3. Nebylo mi jasné, co z kapitoly 6 o Delta robotovi je popis vlastní práce a co jen přejatá část z literatury nebo od spolupracujícího kolegy. Pak by také dle mého názoru práci prospělo, pokud by tato kapitola byla buď dříve (v případě vlastní práce) nebo v dodatku (v případě přejaté práce), protože kapitola 5 o zpracování obrazu se mi zdála tím vyvrcholením práce a třeba část 5.6 mi přijde dílčím závěrem, který touto strukturou trochu zapadl.

Práce bohatě splňuje požadavky kladené na bakalářskou práci a doporučuji, aby na základě obhajoby byla práce hodnocena známkou „výborně“ nebo „velmi dobře“.