

## I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

<b>Název práce:</b>	<b>Design and implementation of an iterative learning control system for a dynamic plotter</b>
<b>Jméno autora:</b>	<b>Bc. Marek Bečka</b>
<b>Typ práce:</b>	diplomová
<b>Fakulta/ústav:</b>	Fakulta elektrotechnická (FEL)
<b>Katedra/ústav:</b>	Kat. řídicí techniky
<b>Oponent práce:</b>	Ing. Michal Sojka, Ph.D.
<b>Pracoviště oponenta práce:</b>	ČVUT, CIIRC

## II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

<b>Zadání</b>	<b>náročnější</b>
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Zadání hodnotím jako náročnější, protože jeho záběr je od návrhu hardwarové architektury, před nízkouúrovňové programování v jazyku C až po návrh řídicích algoritmů v prostředí Matlab/Simulink. Zároveň student pracoval s experimentálními mechanickými komponentami vyvíjenými v pracovní skupině zadavatele a lze tak očekávat, že ne vše fungovalo bezchybně.	
<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>	
Zadání považuji za splněné. Některé části trpí různými nedostatky (např. nepoužití real-time OS při řízení), ale ty jsou v práci zdokumentovány a případní následovníci je tak budou moct odstranit.	
<b>Zvolený postup řešení</b>	<b>správný</b>
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Zvolený postup hodnotím jako správný. Řídicí algoritmy byly navrhovány a testovány jak pomocí simulace, tak se skutečným HW. Testování probíhalo vždy nejdříve na jednoduchých příkladech (např. signálech), kde byly dobře vidět různé vlastnosti navrhovaného řešení, a potom s komplexnějšími scénáři, kde si čtenář udělal celkovou představu o výsledné funkcionalitě.	
<b>Odborná úroveň</b>	<b>B - velmi dobře</b>
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Práce má velmi dobrou úroveň. Místy jsem ale postrádal systematický přístup. Např. konstanty regulátoru nebo parametry filtrů byly často zvoleny víceméně náhodně. To by samo o sobě nevadilo, ale očekával bych v práci nějaký rozbor dostupných možností s jejich výhodami a nevýhodami a na základě toho pak volbu dalšího postupu.	
<b>Formální a jazyková úroveň, rozsah práce</b>	<b>B - velmi dobře</b>
<i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i>	
Práce je psána anglicky a poměrně srozumitelně. Občas se tam vykytují drobné gramatické prohřešky, ale nic zásadního. Grafická úprava je dobrá (LaTeX), vytknul bych jen občasný „overfull hbox“ a používání spojovníku místo pomlčky.	
Výhrady mám ale ke struktuře práce. V úvodu chybí celkové blokové schema výsledného řešení – zapojení plotteru, motorů Beagle Bone Blue (BBB), řídicího počítače a jeho propojení na BBB. To by usnadnilo pochopení dalších částí. Srozumitelnosti nepřispívá ani to, že velká část kapitoly Hardware je ve skutečnosti o softwaru a autor se tam rovnou věnuje detailním informacím o tom, co je ve kterém souboru, aniž by dal čtenáři celkový obrázek, jak spolu jednotlivé části souvisí.	

**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. 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.*

Autor cituje převážně odborné články z oblasti teorie řízení. Očekával bych více literatury související s vlastní technickou realizací – např. dokumentace k použitým toolboxům prostředí Matlab/Simulink či k Beagle Bone Blue.

**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, 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.*

Autor zprovoznil netriviální kyberneticko-fyzické zařízení, navrhl pro něj řízení využívající metod ILC a  $H_\infty$  a vyhodnotil funčnost jak v simulacích tak při experimentech s fyzickým zařízením. Výsledky prokazují, funčnost výsledného řešení, ale i některé nedostatky. Autorovi se podařilo krásně demonstrovat potlačení repetitivního rušení a pozitivní je i schopnost naučit se nekauzální reakci na budoucí události. Na studenta mám následující otázky:

1. V práci uvádíte paralelní a sériové zapojení ILC, ale v praxi používáte sériové. Jsou tato zapojení teoreticky ekvivalentní (lze převést jedno na druhé), nebo jsou vlastnosti těchto zapojení jiné?
2. V kapitole 4 zmiňujete práci [3] o použití metod  $H_\infty$  pro návrh ILC řízení. Šlo by navrhnout ILC řízení těmito metodami v současném stavu realizace projektu, nebo je potřeba projekt nějak rozšířit (např. přidat měření dalších veličin)?
3. Na závěr práce uvádíte problém dlouhodobé nestability. Z obr. 5.7 se zdá, že nestabilita se projevuje jen na jedné části hvězdicového obrazce (vodorovný pohyb). Ostatní části regulátor sleduje dobře. Nemůže být problém spíše v implementační chybě např. při přechodu mezi jednotlivými iteracemi? Domnívám se, že kdyby byl ILC regulátor opravdu nestabilní, projevovalo by se to i v jiných částech obrazce.

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm B - velmi dobře.

Datum: 21.1.2022

Podpis: