

## Přesný inerciální navigační systém kategorie „Tactical grade“

Diplomová práce pana Bílýho se věnuje návrhu a realizaci SW pro dvouprocesorový modul inerciálního navigačního systému. Daný systém využívá mimo jiného vláknové gyroskopy a quartz akcelerometry s parametry spadajícími do kategorie „tactical grade“. Daná diplomová práce vycházela z projektového zadání a její cíle i tomuto faktu odpovídaly. Diplomant se aktivně podílel na řešení tohoto projektu a to i nad rámec svých povinností. K práci studenta nemám žádné výhrady, neboť ke všemu přistupoval zodpovědně a aktivně a skutečnost, že HW funguje a systém provádí požadované funkce, je jeho zásluhou. Práce studenta byla převážně implementačního charakteru, tj. zabýval se implementací dohodnutého postupu zpracování dat v uP, jejich synchronizaci a optimalizaci výpočtů z pohledu přesnosti a rychlosti. HW byl studentovi většinou dodán s tím, že se následně věnoval celému postupu jeho oživení, mnohdy i osazení. Student prováděl celou řadu experimentů na daném systému, které umožnily jeho verifikaci a kalibraci, což rovněž kladně hodnotím. Student se aktivně podílel i VaV činnosti v rámci skupiny NavLIS na katedře měření, což je rovněž patrné z 5 záznamů v komponentě VVVS a to:

- Roháč, J. - Šipoš, M. - Šimánek, J. - Papaj, J. - Bílý, M.: Navigační jednotka. [Funkční vzorek]. 2012.
- Šipoš, M. - Bílý, M. - Koudelka, L. - Šimánek, J. - Alam, M. - et al.: Development of Inertial Navigation Systems. In Proceedings of 2014 PEGASUS-AIAA Student Conference. Prague: CTU, 2014, ISBN 978-80-01-05459-8.
- Šipoš, M. - Nováček, P. - Bílý, M. - Šimánek, J. - Roháč, J.: Miniaturní Inerciální Navigační Systém. [Funkční vzorek]. 2014.
- Roháč, J. - Šipoš, M. - Šimánek, J. - Bílý, M.: Navigační jednotka pro radiolokační mapovací systém využívající tactical-grade technologii. [Funkční vzorek]. 2014.
- Bílý, M. - Alam, M.: Development of Inertial Navigation System Using Tactical Grade Sensors. In Proceedings of the 19th International Scientific Student Conference POSTER 2015. Praha: Czech Technical University in Prague, 2015, p. 1-5. ISBN 978-80-01-05499-4.

I když hardwarové celky byly studentovi ve většině případů dodány, jeho prací bylo je oživit a zajistit patřičnou funkcionalitu a v tomto bodě, podle mého, plně splnil zadání. Dle dodaného kódu rozšířeného Kalmanova filtru psaného v Matlabu vytvořil SW modul pro uP, který danou funkci umožňuje provádět v reálném čase a poskytuje tak na výstupu systému odhadnuté hodnoty navigačních dat s frekvencí 100 Hz tak, jak bylo požadováno. Sběr a předzpracování inerciálních dat je prováděno s frekvencí 1 kHz.

Za studentem je patrný velký kus odvedené práce a to nejenom z pohledu této diplomové práce. Bohužel však její písemná část je někdy nejasná a to z důvodu neúplně šťastného popisu problému. Po ústní konzultaci se studentem jsem však zjistil, že dané věci rozumí. V diplomové práci mi však chybí zhodnocení studentovi práce a to:

1. rozbor, jak bylo nakládáno s rozlišením čísel při výpočtu EKF,
2. srovnání přesnosti výsledku EKF implementovaného do uP a z Matlabu,
3. shrnutí jak se podařilo implementaci zoptimalizovat z pohledu přesnosti a rychlosti výpočtu.

Nicméně, bych chtěl na závěr zkonstatovat, že p. Bílý patřil jednoznačně mezi skupinu velmi schopných studentů, a tak bez ohledu na výtky k písemnému projevu jsem se studentovou prací spokojen. Velmi si cením jeho kladného přístupu k činnostem, které v rámci diplomové práce a daného projektu vykonával.

Diplomovou práci pana Bc. Bílýho doporučuji k obhajobě a, i když za odvedenou práci bych nejraději studentovi udělil A (výborně), musím přihlédnout i k písemnému projevu a z tohoto důvodu navrhuji práci klasifikovat dle ECTS stupněm

**B** (velmi dobře).

Chtěl bych však státní komisi požádat o zvážení váhy písemného projevu a odvedené práce a na základě průběhu obhajob o případné zvážení navrhnout danou práci na cenu děkana FEL.

V Praze 27.5.2015

Doc. Ing. Jan Roháč, Ph.D.

## POSUDEK OPONENTA

**Jméno, tituly a pracoviště oponenta:** Ivan Míča, Ing. Ph.D., Honeywell, spol. s r. o. Tuřanka 100, 627 00 Brno

**Název práce:** Přesný inerciální navigační systém kategorie „Tactical grade“

**Jméno uchazeče:** Marek Bílý

|                                     |  |   |  |
|-------------------------------------|--|---|--|
| <b>Náročnost tématu:</b>            | <input type="checkbox"/> příliš vysoká<br><input checked="" type="checkbox"/> vysoká<br><input type="checkbox"/> průměrná  | <b>Zvolené metody řešení</b>                          | <input checked="" type="checkbox"/> vhodné<br><input type="checkbox"/> částečně vhodné<br><input type="checkbox"/> nevhodné                                    |
| <b>Postup řešení:</b>               | <input checked="" type="checkbox"/> vynikající<br><input type="checkbox"/> správný<br><input type="checkbox"/> částečně vhodný<br><input type="checkbox"/> nesprávný | <b>Veškeré použité prameny jsou korektně citovány</b> | <input type="checkbox"/> ano<br><input checked="" type="checkbox"/> částečně<br><input type="checkbox"/> <b>ne, práce vykazuje známky plagiátorství</b>        |
| <b>Jazyková a textová úprava:</b>   | <input checked="" type="checkbox"/> výborná<br><input type="checkbox"/> dobrá<br><input type="checkbox"/> dostatečná<br><input type="checkbox"/> nedostatečná        | <b>Grafická úprava:</b>                               | <input type="checkbox"/> výborná<br><input checked="" type="checkbox"/> dobrá<br><input type="checkbox"/> dostatečná<br><input type="checkbox"/> nedostatečná  |
| <b>Uchazeč splnil zadání práce:</b> | <input checked="" type="checkbox"/> úplně<br><input type="checkbox"/> částečně<br><input type="checkbox"/> nesplnil  | <b>Odborná úroveň:</b>                                | <input type="checkbox"/> výborná<br><input checked="" type="checkbox"/> velmi dobrá<br><input type="checkbox"/> dobrá<br><input type="checkbox"/> nedostatečná |

**Dosažené výsledky, přínos a praktická využitelnost práce\*:** Diplomant splnil náročné zadání, prokázal schopnost navrhnout a na velmi dobré úrovni implementovat prakticky využitelný SW pro inerciální navigační systém řízený mikrokontrolérem STM32F405RG. Hlavním přínosem práce je vytvořený SW.

**Připomínky k práci\*:** *K praktické části:* Je patrná snaha o kvalitní dokumentaci s využitím generátoru Doxygen, dokumentace však není dokončena – často chybí popisy funkčních parametrů i vysvětlení funkcí a struktur, což ztěžuje orientaci v kódu a jeho následnou údržbu, případně rozšíření. V kódech se mísí české komentáře s anglickými, což rovněž působí nedotaženým dojmem.

*K textové části a grafické úpravě:* Přejaté obrázky by měly obsahovat citaci přímo v popisu. Dále bych vytkl používání desetinných teček namísto čárek a opět mísení českých popisů grafů s anglickými popisy. Popisy tabulek by měly být umístěny nahoře.

**Otázky na uchazeče\*:** Proč ve struktuře matrix definujete kromě členů ‚values‘, ‚rows‘, ‚columns‘ navíc ještě ‚from‘ a ‚to‘ – co Vás vedlo k zavedení tohoto rozšíření a jaké je jeho praktické využití?

Proč jste proměnnou ‚SPI1\_data\_dont\_care\_flag‘ definoval jako ‚volatile‘?

Z jakého důvodu jste zavedl tak velké množství globálních proměnných? Neuvažoval jste o řešení s explicitním předáváním dat?

|                           |  |   |   |  |  |
|---------------------------|--|---|---|--|--|
| <b>Klasifikace práce:</b> | <input checked="" type="checkbox"/> <b>A</b> výborně | <input type="checkbox"/> <b>B</b> velmi dobře   | <input type="checkbox"/> <b>C</b> dobře | <input type="checkbox"/> <b>D</b> uspokojivě | <input type="checkbox"/> <b>E</b> dostatečně |
|                           | <input type="checkbox"/> <b>F</b> nedostatečně       | <b>Doporučení k obhajobě:</b><br><input checked="" type="checkbox"/> doporučuji <input type="checkbox"/> nedoporučuji |   |  |  |

**Datum:** 27.5.2015

**Podpis:** .....

\* ) V případě nedostatku místa použijte druhou stranu.