

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Universal Flight Computer for a Student Rocket
Jméno autora:	Bc. Lukáš Mičan
Typ práce:	Diplomová práce
Fakulta/ústav:	Fakulta elektrotechnická
Katedra/ústav:	Katedra měření K13138
Oponent práce:	Ing. Jaroslav Laifr, Ph.D.
Pracoviště oponenta práce:	Astronomický ústav AV ČR, v.v.i., Boční II, 1401/1a, 14100, Praha 4

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	Střední složitost
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
<p>Zadání práce požaduje návrh, realizaci a testování palubního počítače s příslušnými senzory a výstupy pro aktuátory za účelem řízení a monitoringu letu až několikakilogramové balistické střely v rámci studentských raketových soutěží. Avšak nedefinuje, zda má student za úkol rovněž zpracovat/otestovat i řídicí software a uzavřít tak kompletní řídicí smyčky a algoritmy pro validaci, zda byl systém správně navržen (například se vzájemně neovlivňují jednotlivé elektronické a radiové části telemetrického a výkonového systému) a vstupní/výstupní sensorika a aktuátory tak vyhovují požadavkům letu. V případě, že zadání má být ryze hardwarového charakteru (realizace elektroniky s příslušnými dílčími testy bez algoritmického vybavení) hodnotím zadání jako středně složitě.</p>	

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>	
<p>Z předložené práce vyplývá, že zadání bylo po návrhové stránce a výběru komponent, včetně návrhu a kompletace reálného kusu splněno úplně. Z textu nepřímo vyplývá, že softwarová část nebyla do hloubky řešena nebo dokončena. Z inženýrského hlediska tedy nelze jednoznačně stanovit, zda kompletní systém vykazuje nebo může vykazovat plnou očekávanou funkci.</p>	

Zvolený postup řešení	Postup řešení - přiměřený
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
<p>Student ve své práci vycházel zejména z požadavků na jednotlivé funkce dané náplní práce palubního počítače potřebného pro aktivity v organizaci CTU Space Research na nosičích Illustria a Vanguard. Při výběru komponent zohledňuje metodou váhování jednotlivé parametry dostupných senzorů/komponent a vybírá nevhodnější pro dané účely. Ze systémového hlediska se jeví modularita systému poměrně nekoncepční (například je očekáváno, že aktuátory budou připojeny k až třem různým subsystémům/plošným spojům). Příliš se nezohledňuje nebo nediskutuje konvenční systémový návrh avioniky raketových nosičů, který se dělí na více standardizované subsystémy jako napájení, telemetrie, sensorika. Z práce je patrné, že systémový návrh byl do myšlenkového procesu vnesen požadavky již existujícího týmu a předchozích letových zkušeností na nižších verzích systémů. Diskuzi nebo rozbor vhodnosti systémového návrhu avioniky v práci postrádám. Dále je do hloubky řešena například výkonová bilance na standardním externím hodinovém krystalu komerčního mikrokontroléru, ale oproti tomu se práce nezabývá balancováním čtyř superkapacitorů zapojených sériově, se značnou kapacitou, jejichž průraz může mít v neočekávaném a ze schematu patrné nijak neřízeném/nemonitorovaném momentu katastrofální následky. Potřebnost superkapacitorů je diskutabilní právě kvůli stávajícímu systémovému návrhu. Systém by měl fungovat i bez nich.</p>	

Odborná úroveň	Středně vysoká
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
<p>Kladně hodnotím, že student ve své práci vhodně diskutuje celou řadu parametrů, jež je zapotřebí při návrhu schématu elektroniky i plošného spoje zohlednit, ale nevšímá si dalších zdánlivě skrytých detailů, které mohou silně ovlivnit funkčnost celku při přípravách na start i v samotném průběhu letu. Mezi ně jistě patří zohlednění filtrace napájecí sítě, uvážení impedančních parametrů filtračních kapacitorů při spínacích frekvencích vysoko nad 100 kHz, teplotní závislost tzv. leakage</p>	

current Schottky diod využitých jako ochran vstupů A/D převodníků. Dále není uvažován zemnicí diagram systému s rozměry několika metrů (zemnicí smyčky v celkovém systému při propojení všech modulů), vysoká akcelerace (zmněno až 6g při startu, neuvedeno zrychlení při přistání) a výběr miniaturních pouzder jednotlivých komponent, které mohou mít zásadní vliv na kvalitu pájených spojů u pouzder LGA nebo WQFN a komplexnějších. Práce dále nijak nediskutuje mechanické provedení výsledné montáže (návrh mechanického boxu, atp.) a lze tedy očekávat mnoho dílčích "překvapení" při provozu.

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce

Vynikající

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

Velmi kladně hodnotím publikování práce v anglickém jazyce. Odborný text i doplňující grafiku shledávám vynikající kvality.

Výběr zdrojů, korektnost citací

Vyhovující

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.

Zdroje uvedené v práci spatřuji citované vyhovujícím způsobem. Výhrady mám pouze k citování zdrojů z pramene Wikipedia, který dle mého názoru stále (r. 2024) není správné uvažovat ve vysokoškolské práci.

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.

V práci jsou některé zjevné nedostatky jako například využití diody D68 na výstupu spínaného měniče (zde by dioda mohla plnit ochrannou funkci při vývoji softwaru pouze mezi kapacitorem C25 a bankou superkapacitorů). Dále vnímám jako praktické riziko pro vývoj použití cínových propojek pro výběr napájení mezi větvemi 3.3V, 5V nebo dokonce 3.3V a 12V, které mohou představovat riziko propojení větví úplně mezi sebou (kovové piliny po obrábění nosného těla nosiče a pod.). Obecně ale považuji za správně navržené hardwarové řešení až takové, které nepředstavuje funkční/destruktivní riziko v případě softwarové chyby. Lze totiž očekávat "zamrznutí" chodu počítače například kondenzací vzdušné vlhkosti na pinech externího krystalu pracující s mikrowatty. Pro tyto účely také není v práci diskutována finalizace letového kusu (lakování, atd.) a nelze tak zhodnotit, zda byla uvažována a zohledněna. Upozorňuji, že z hlediska funkce je po dokončení kompletního zařízení možné ho uvažovat jako zboží tzv. "Dual Use" a jeho použití může být regulováno zejména při soutěžích mimo EU. Doporučuji celkový návrh včetně softwarového vybavení provozovat v neveřejném režimu, kterým se předejde zneužití.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení. Uvedte případné otázky, které by měl student zodpovědět při obhajobě závěrečné práce před komisí.

Student předloženému zadání vyhověl a předložil práci, která popisuje návrh a realizaci modulárního řešení palubního počítače a rozšiřující desky pro účely řízení letu balistické střely na studentských raketových soutěžích. Vzhledem k výše uvedenému si dovoluji předloženou závěrečnou práci hodnotit klasifikačním stupněm

B - Velmi dobře.

Otázky: V práci je využit komerční GPS modul pro účely řízení letu s integrovanou anténou. Z práce vyplývá, že modul je obdélníkového tvaru, aby mohl být vestavěn svisle do těla nosiče. Poté by anténa byla vystavena konstelaci pouze z jedné poloviny viditelné oblohy. Je možné modul namontovat s anténou kolmo na zenit přímo do hlavičky nosiče s tím, že se očekává vertikální let? Tím by se systém zároveň oddělil od nevyhnutelného rušení signálů systému. Jak zohledňujete, že použitý přijímač je schopen pracovat pouze do akcelerace 4g, zatímco očekávané zrychlení je až 6g a lze tedy očekávat výpadek dat v kritické motorické fázi letu?

Datum: 29. května 2024

Podpis: