

Posudek vedoucího bakalářské práce

Student: Martin Prudek

Název: Řízení bezkartáčových motorů s deskou Raspberry Pi a Linuxem

Zadání práce bylo motivované zájmem ověřit stav a kombinaci několika námi sledovaných a vyvíjených technologií. Jedná se především o jádro operačního systému Linux upravené pro aplikace řízení v reálném čase. Katedra řídicí techniky je akademickým členem organizace OSADL, která vývoj této varianty jádra koordinuje. Testováním vlastností takto upraveného jádra se naše skupina zabývala od jeho počátečních verzí a některé testy a i úpravy byly navrženy i na základě kontraktů zadaných našimi průmyslovými partnery. Přesto nízkourovňové testy nevedou k získání ucelené představy o úskalích a použitelnosti technologie při jejím použití v reálné řídicí aplikaci. Řízení servopohonů je vhodná aplikace pro prověření přesnosti časování v oblasti od 1 do 10 kHz. Touto technologií se dlouhodobě zabývám především ve firmě PiKRON, ale naše algoritmy a technologie jsou používány i v rámci university (výukové aplikace, prezentace a roboty).

Procesorová deska Raspberry Pi byla vybrána proto, že je rozšířená mezi studenty, často je využívána v amatérských konstrukcích a i na školách, přitom je relativně levná a použitelná pro výuku. Výkonový hardware byl navržený kolegou z firmy na zakázku pro projekt řízení motorů s využitím sběrnice Profinet z FPGA Altera připravovaným na Katedře řídicí techniky. Kromě vlastního výkonového stupně byl navržený i interface s menším FPGA pro alternativní připojení hardware k počítačům třídy Raspberry Pi.

Úkolem studenta bylo vybrat interface a navrhnout protokol pro propojení motorové periferie s procesorem na počítači Raspberry Pi, provést logický návrh odpovídajícího interface a periferií pro FPGA obvod a dále implementovat řídicí algoritmus pro otestování celého systému.

Student si projekt vybral na základě svého vlastního zájmu o aplikace operačního systému Linux v oblasti řízení a konečný výběr platformy Raspberry Pi byl ovlivněn i jeho zájmem a předchozími zkušenostmi s tímto hardwarem. S variantou jádra upravenou pro přesné časování se ze své iniciativy začal seznamovat s velkým předstihem. Po dokončení specifikace zadání začal studovat nástroje pro návrh a konfiguraci použitého FPGA a průběžně informoval o postupu návrhu a zapracovával podněty, dodané příklady a rady.

Studentem navržená FPGA periferie integruje zpracování vstupu inkrementálního čidla, implementuje filtr pro digitální integraci (filtraci) převodníků proudu a generátory pulzně šířkové modulace. Navrženo bylo propojení s procesorovým systémem a implementované algoritmy pro otestování řízení třífázového synchronního motoru s permanentními magnety. Návrh je dokumentovaný v textu práce včetně teoretického rozboru návrhu kompletního vektorového řízení v rotorových souřadnicích D-Q. Výsledek práce je solidním základem pro další navazující experimenty. Některé z nich již byly provedené – portace knihovny PPMC a použití periferie z řídicího algoritmu v prostředí Simulink přeloženého generátorem Linux ERT. Tyto navazující projekty mohou být použité ve výuce. Je však potřeba je postupně zdokumentovat.

Práce ověřila, že i při použití SPI komunikace v časově kritické smyčce je počítač Raspberry Pi schopen vykonávat spolehlivě regulační smyčku na frekvenci 500 Hz. Frekvence 1 kHz je již na hranici schopností/dosažitelných latencí aktuální verze RT-preempt jádra Linux-3.18.

Student splnil zadání a zpracování textu je jak po grafické, tak po obsahové stránce na vysoké úrovni. Práci doporučuji k obhajobě a hodnotím stupněm **výborně (A)**.

V Praze, dne 7.6.2015

Ing. Pavel Píša, Ph.D.
Katedra řídicí techniky
Fakulta elektrotechnická
České vysoké učení technické