

SYNERGICKÝ EFEKT VE VÝUCE AUTOMATIZACE S VYUŽITÍM APLIKAČNÍCH KNIHOVEN MATLABU A SIMULINKU

Š.Ožana, M.Pieš

Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava

Abstract

Tento příspěvek má rešeršní charakter a zabývá se současnými přístupy ve výuce automatizačních předmětů na Katedře měřicí a řídicí techniky na Vysoké škole báňské - Technické univerzitě Ostrava s použitím prostředí Matlab&Simulink a jejich toolboxů a aplikačních knihoven. Analyzuje zázemí, které toto prostředí poskytuje pro výuku stěžejních předmětů katedry, a nastiňuje jednotný směr vývoje výuky a jeho "ustálený stav" především v praktické části (cvičení), kterého by se dosáhlo aplikováním předložené koncepce autorů, a to konkrétně v Laboratoři řídicích s regulačních systémů.

1 Laboratoř měřicích a regulačních systémů

V této laboratoři probíhá praktická část výuky automatizačních předmětů v bakalářských i magisterských studijních programech, konkrétně v předmětech Základy kybernetiky, Regulační systémy, Navrhování a realizace regulátorů a Prostředky řídicích systémů. Laboratoř je orientována na měření, řízení a vizualizaci v reálném čase v prostředích Matlab&Simulink a .NET (Microsoft Visual Studio/C#). Synergický efekt zde vzniká působením několika faktorů:

- Soustředění výuky nosných automatizačních předmětů do jedné laboratoře ⇒ využití společného HW a SW vybavení (kromě výuky PLC, která díky svému rozsahu využívá specializovanou laboratoř)
- Možnost propojení systému Matlab&Simulink s prostředím .NET, které je využíváno v předmětu Prostředky řídicích systémů, a ve kterém jsou zároveň podporovány stejné typy multifunkční karet, zejména od výrobců Humusoft a National Instruments
- Použití nových nástrojů pro fyzikální modelování ⇒ možnost návrhu řídicích algoritmů pro nové fyzikální modely, pro něž není k dispozici matematický popis nebo je velmi obtížný
- Toolboxy umožňující realizaci řídicích algoritmů z prostředí Matlab&Simulink na různých HW platformách (mikrokontroléry, FPGA, PC, embedded PC, průmyslové PC/PLC - např. modulární systém I-8000 s Matlab Runtime), přičemž základní blokové schéma zůstává stejné

2 Oblasti použití Matlab&Simulink ve výuce

Prostředí Matlab&Simulink bylo vždy používáno ve výuce na Katedře měřicí techniky, zejména pro výpočty v oblasti analýzy a syntézy regulačních obvodů (Control System Toolbox). S nástupem multifunkčních karet a toolboxů pro měření a řízení v reálném čase se však brzy stal nepostradatelnou názornou pomůckou při praktických ukázkách řízení reálných fyzikálních modelů. V předmětech Základy kybernetiky/Regulační systémy je prováděna analýza/syntéza regulačních obvodů se zaměřením na metody klasické PID regulace. V předmětu Navrhování a realizace regulátorů (NRR) jsou pak probírány a realizovány algoritmy založené na moderní teorii řízení (optimální regulátory, robustní řízení, adaptivní a prediktivní algoritmy).

Synergický efekt má tedy za důsledek zkvalitnění výuky díky skutečností, že existuje možnost využití návrhu regulačních obvodů provedených jednoduše a elegantně v prostředí Matlabu prostřednictvím nástroje MATLAB Builder NE (zkompilování do .NET objektů) do prostředí C#, ve kterém by byl samotný návrh velmi obtížný. V předmětech Regulační systémy a Základy kybernetiky pak může být pro samostatné projekty nabízena možnost realizace v prostředí C#. Studentům by tak bylo možné nabízet řízení složitějších fyzikálních modelů, jejichž dynamika by byla modelována s použitím nových nástrojů fyzikálního modelování.

3 Používané technologie a koncepce

Při řízení fyzikálních modelů určených pro výuku výše uvedených předmětů se kromě technologie .NET využívají především moderní přístupy a metody - MBD, Rapid Prototyping a HIL, které jsou doménou zejména systému Matlab&Simulink. Model Based Design (MBD) je metoda rychlého a efektivního návrhu dynamického systému, kdy středem návrhového procesu je model systému v prostředí Simulink, který je využíván od definice požadavků na finální zařízení, přes návrh dynamického systému, jeho implementaci na cílovou platformu a testování prototypu. Model systému je během vývoje průběžně zpřesňován a jeho kvalita je testována při simulacích. Za účelem implementace na dané platformě MBD nabízí automatické generování kódu z modelu v Simulinku a to včetně kódu pro systémy pracující v pevné řádové čarce nebo real-time systémy. Automatické generování kódu nejen zásadně zkracuje vývojový cyklus, ale také odstraňuje obvyklé a časté chyby vznikající při manuálním psaní programů. Na tomto místě si rovněž dovolíme citovat originální definice firmy Mathworks, viz [5]. Rapid Prototyping: "With Simulink, Stateflow, and Real-Time Workshop, you can develop simulation models and generate application code, then use xPC Target to run and test this software in real time on a PC connected to the physical hardware. Hardware-in-the-Loop Simulation: Through real-time simulation, you can test implemented embedded controllers when the physical system being controlled is unavailable or is too costly to use for testing."

Z hlediska toolboxů pro řízení v reálném čase je využíván Real Time Toolbox, Real Time Windows Target a xPC Target. C-kód je pro dané platformy tvořen nástrojem Real Time Workshop. Kromě standartních grafických výstupů je možno využít také 3D vizualizaci s pomocí nástroje Virtual Reality Toolbox (při použití Real Time Toolboxu). Nástroj xPC Target zase nabízí kromě možnosti ovládání modelu prostřednictvím komunikačního kabelu i možnost zobrazení průběhů a vzdálené interaktivní ovládání modelu ve webovém prohlížeči, což je ideální pomůckou při výuce větší skupiny studentů. Webová stránka je přitom tvořena automaticky, výchozím podkladem je pouze schéma obvodu v Simulinku.

Nepostradatelnou pomůckou při návrhu řídicích algoritmů jsou nástroje fyzikálního modelování, zejména Simscape, SimMechanics, SimHydraulics a SimElectronics, které umožňují modelovat dynamiku složitých mechanických, hydraulických a elektronických soustav.

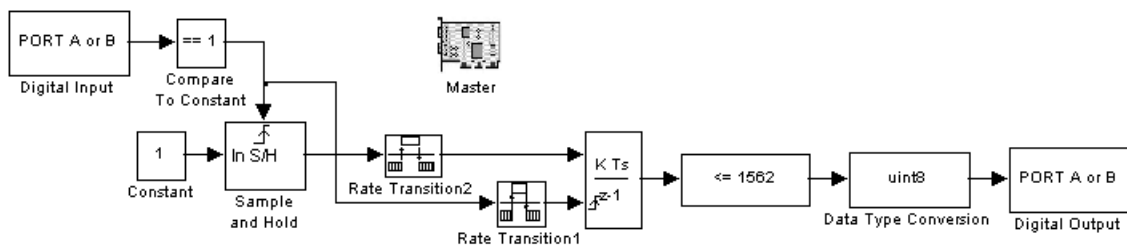
Jsou testovány produkty třetích stran pro adaptivní, samonastavující se a LQ algoritmy, jmenovitě RexLib a STC Toolbox, viz [1] a [2]. Tyto knihovny jsou kompatibilní s nástrojem Real Time Workshop, mohou být tedy použity pro realizaci vestavěných systémů na PC platformě nebo na níže zmíněné modulární jednotce IPC DAS I-8000.

4 Návrh a realizace vestavěných systémů pro řízení fyzikálních modelů

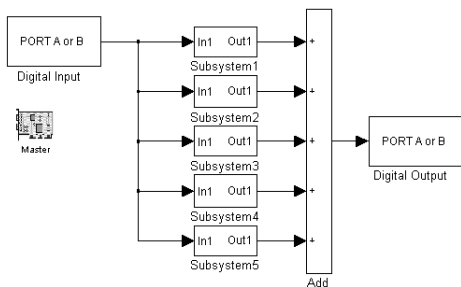
V Laboratoři měřicích a regulačních systémů se nachází fyzikální modely, z nichž některé jsou v profesionálním originálním provedení, dodané firmou Humusoft, s.r.o.: helikoptéra, kulička na ploše a magnetická levitace, viz [4]. Pro tyto modely existuje originální dokumentace a schémata regulačních obvodů pro Simulink, Real-Time Toolbox a Real Time Windows Target.

Kromě již dodaných PID, případně LQ algoritmů, jsou navrhovány další, zejména robustní a prediktivní algoritmy řízení v rámci předmětu NRR a také v rámci semestrálních projektů a diplomových prací. Pro tyto modely se předpokládá také modifikace pro nástroj xPC Target, který byl zatím odzkoušen na modelu magnetické levitace. Další modely jsou poloprofesionální. Klasickou úlohou je řízení výtahu, kde se nabízí řízení pomocí nástroje Stateflow, jenž je plně integrován do prostředí Simulinku. Kromě již funkční implementace na PC platformě se předpokládá realizace na mikrokontrolérech HC12 firmy Freescale a na řídicích jednotkách IPC DAS řady I-8000 (I-8438/8838), které umožňují elegantní realizaci i složitějších algoritmů, přičemž jejich funkce, výkon a robustnost jsou velmi podobné jako u PLC. Stejně modifikace se připravují i pro ostatní fyzikální modely: kulička na tyči, vzduchová levitace, řízení otáček stejnosměrného motoru, soustava tří nádrží a inverzní kyvadlo.

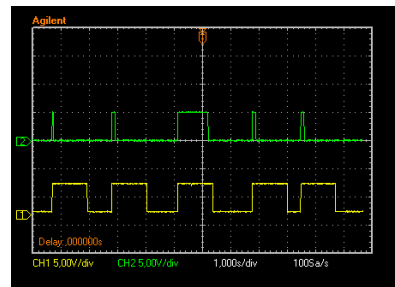
5 Ukázky částí návrhů vestavěných systémů



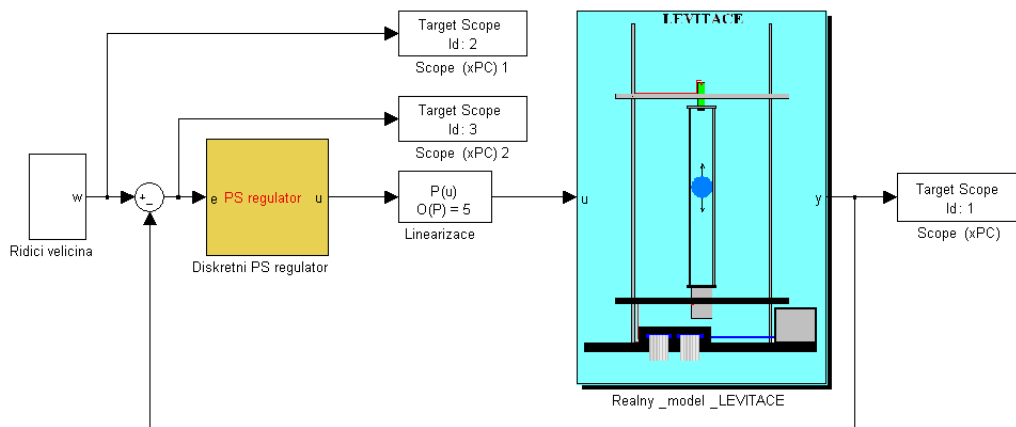
Obr. 1: Ukázka jednoduchého návrhu embedded systému s mikrokontrolérem HC12



Obr. 2: Rozříšení na více vstupů

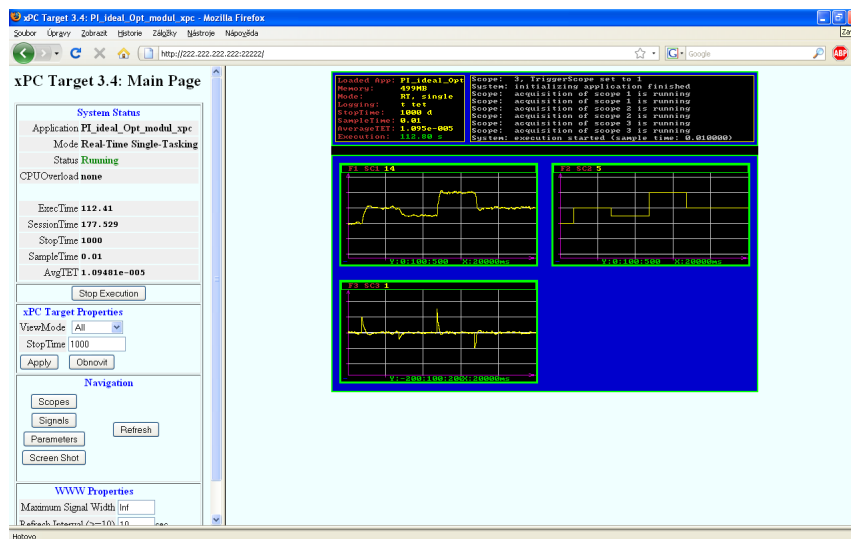


Obr. 3: Ověření průběhů na osciloskopu

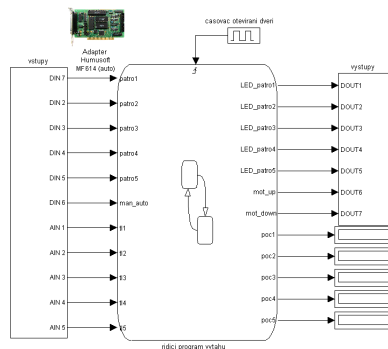


Obr. 4: Návrh embedded systému pro řízení vzduchové levitace na PC platformě

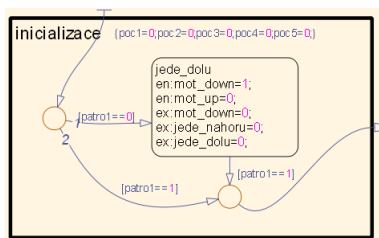
Na obr. 1 je jednoduchá ukázka návrhu s toolboxem Embedded Target for Motorola HC12. Ilustruje způsob práce s fyzickými vstupy a výstupy mikrokontroléru. Uvedená část schématu vykonává to, že z definovaného digitálního vstupu mikrokontroléru HC12 přečte jeho logickou úroveň, která odpovídá stisku tlačítka a na digitální výstup zapíše obdélníkový puls o délce 1 sekunda. Regulační schéma je zkompileováno a automaticky nahráno do prostředí Code Warrior a spuštěno na mikrokontroléru. Obr.2 ukazuje elegantní způsob rozšíření pro více vstupů/výstupů. Správná funkce navrženého embedded systému je ověřena osciloskopem, viz obr. 3. Na obr. 4 je zobrazen regulační obvod pro řízení fyzikálního modelu vzduchové levitace, verze pro xPC Target. Řídicí algoritmy mohou být vykonávány v módu DOS Loader (bootování aplikace z média), kdy se po nabofování spustí real-time kernel aplikace xPC Target a poté je model spuštěn a ovládán pomocí komunikačního kabelu (po odpojení komunikace model samozřejmě pokračuje v činnosti). V tomto módu může být model rovněž ovládán prostřednictvím webového prohlížeče, viz obr. 5. Jinou možností je mód Stand-alone, kdy je na vývojovém počítači vytvořen bootovací real-time kernel včetně zkompileované formy výchozího schématu. Po nabofování (například z pevného disku) stolního nebo průmyslového počítače se aplikace spouští automaticky sama. Na obr. 6-8 jsou ukázky práce s nástrojem Stateflow pro modelování systémů s diskretními událostmi, a to pro řízení fyzikálního modelu výtahu. Pro všechny fyzikální modely popsané v tomto příspěvku je v plánu také varianta pro výše uvedenou modulární jednotku I-8000, viz [3].



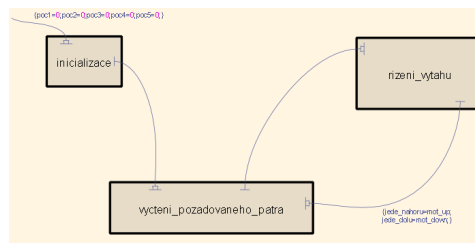
Obr. 5: Řízení vzduchové levitace přes webové rozhraní: Průběhy žádané a skutečné výšky levitujícího míčku. V levé části je možno měnit parametry modelu za běhu.



Obr. 6: Návrh embedded systému pro řízení výtahu: hlavní schéma



Obr. 7: Ukázka subsystému ve Stateflow



Obr. 8: Ukázka subsystému ve Stateflow

6 Závěr

Navrhovaná koncepce pro výuku praktické části automatizačních předmětů zmíněná v abstraktu příspěvku spočívá v těchto bodech:

- vytvoření jednotného systému dokumentace a SW pro fyzikální modely
- vytvoření alternativ schémat regulačních obvodů pro různé HW platformy
- koncepce jednotného systému HW propojení I/O signálů s měřicí kartou, mikrokontrolérem nebo jednotkou I-8000
- posílení vazby na .NET technologii
- širší aplikace moderních metod (MBD, HIL) a nástrojů fyzikálního modelování

Celkovým efektem je posílení vazby mezi teoretickými poznatky z oblasti teorie dynamických systémů a jejich aplikací na fyzikálních modelech. Koncepce bude použitelná při analýze i syntéze regulačních obvodů. Dalším výstupem bude například snadné ověření stability systémů, diskretizace modelů, linearizace nelineárních systémů v pracovním bodě (oblasti), posouzení říditelnosti a pozorovatelnosti.

Tento příspěvek vznikl za podpory interního grantu VŠB-TUO, IGA BI4558021/2101.

References

- [1] <http://www.rexcontrols.cz>
- [2] <http://www.utb.cz/stctool/>
- [3] http://www.elcomgroup.cz/ipc/download/icpdas/datasheet/icpcon_3.pdf
- [4] <http://www.humusoft.cz>
- [5] <http://www.mathworks.com>

Ing. Štěpán Ožana, Ph.D.
stepan.ozana@vsb.cz

Ing. Martin Pieš
martin.pies@vsb.cz