

# Možnosti řízení a vizualizace výukových fyzikálních modelů pomocí řídicího systému REX

Článek podává stručný přehled o způsobu řízení vybraných výukových fyzikálních modelů umístěných v laboratoři řídicích systémů na katedře kybernetiky a biomedicínského inženýrství VŠB-TU v Ostravě. Popisuje použití řídicího systému REX, vyvinutého firmou REX Controls, s. r. o., který je určen pro simulaci regulačních obvodů, řízení složitých dynamických procesů v reálném čase a jejich vizualizaci.

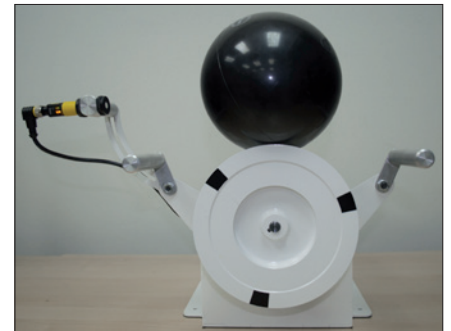
## Laboratoř řídicích systémů

Laboratoř řídicích systémů (EB306) nacházející se v prostorách nové budovy FEI VŠB-TUO je zaměřena na měření, řízení a vizualizaci řídicích algoritmů aplikovaných na fyzikálních výukových modelech. Laboratoř je primárně určena pro řízení výuku cvičení oborových předmětů katedry kybernetiky a biomedicínského inženýrství v bakalářském i navazujícím magisterském studiu, ale také je používána pro neřízenou výuku, tj. pro práci studentů na semestrálních projektech a bakalářských či diplomových pracích.



Obr. 1. Pohled do laboratoře řídicích systémů

rozšířeno vybavení laboratoře z hlediska počtu i kvality výukových modelů i řídicích systémů. V roce 2013 byla v rámci projektu FRVŠ 910/2013 Inovace laboratoří na katedře kybernetiky a biomedicínského inženýrství laboratoř



Obr. 4. Profesionální model míče na rotujícím válci od firmy REX Controls

nakloněné rovině, kulička na tyči, magnetická levitace, vzduchová levitace, model stejnosměrného motoru s brzdou, model tří nádrží, inverzní lineární kyvadlo, inverzní rotační kyvadlo a robotická ruka.

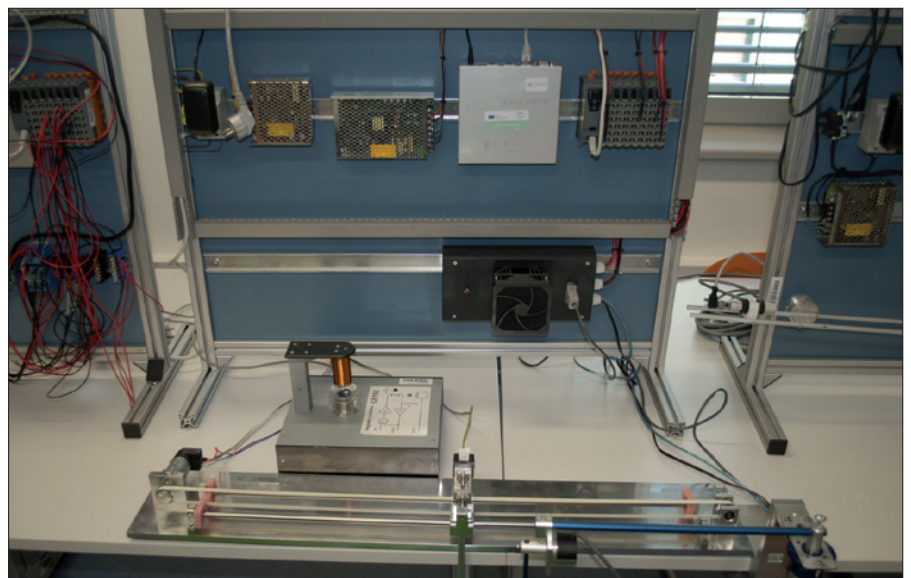
Rozvoj těchto laboratorních modelů je především zaměřen na sjednocení hardwarových a softwarových prostředků používaných k implementaci a vizualizaci řídicích algoritmů, čehož je dosaženo postupným zaváděním řídicího systému REX od firmy REX Controls ke všem výukovým modelům.



Obr. 2. Regulace modelu kuličky na tyči s využitím řídicího systému REX

V rámci bakalářského studia jde především o demonstraci základních pojmů z oblasti automatického řízení a analýzy systémů, v magisterském studiu je pozornost věnována hlavně syntéze a realizaci regulačních obvodů, a to jednak pomocí metod klasické syntézy (PID řízení) a jednak na základě metod založených na tzv. moderní teorii řízení (LQG, LQR, robustní řízení, adaptivní řízení, prediktivní řízení, časově a kvadraticky optimální řízení, fuzzy řízení, samonastavující se regulátory).

Laboratoř je trvale a systematicky rozvíjena, přičemž cílem je zkvalitnit výuku předmětů zaměřených na automatické řízení v praxi. V minulých několika letech bylo významně



Obr. 3. Regulační úlohy s modely inverzního lineárního kyvadla a magnetické levitace

vybavena novými osobními počítači pro řízení a vizualizaci úloh a také novým profesionálním výukovým modelem „míč na rotujícím válci“.

Kromě zmíněného modelu míče na rotujícím válci se v laboratoři dále nacházejí tyto poloprofesionální a profesionální výukové fyzikální modely: vrtulník, kulička na

## Řídicí systém REX

Řídicí systém REX, využívající vlastní rozsáhlé knihovny funkčních bloků, je určen pro navrhování a realizaci komplexních algoritmů automatického řízení. Jádrem tohoto systému běží v reálném čase na jednom

z mnoha podporovaných operačních systémů (např. Linux, Linux/Xenomai, Windows CE, Windows 7). Softwarové nástroje řídicího systému umožňují simulovat navržené algoritmy ještě před samotnou realizací. Rovněž jsou podporovány standardní možnosti komunikace (Ethernet Powerlink, Modbus TCP, CAN, RS-232 a další). Činnost navržených algoritmů může být vizualizována prostřednictvím OPC nebo HTML5, což podporuje myšlenku virtuální laboratoře, neboť reálné úlohy mohou být snadno ovládnány na dálku, např. prostřednictvím webového prohlížeče.

Hlavním přínosem tohoto systému je sjednocení přístupu v oblasti návrhu a realizace řídicích algoritmů, a především velmi dobrý poměr ceny a výkonu, přičemž demonstrační verze umožňuje (zejména studentům) se systémem REX pracovat po dobu dvou hodin zdarma. Po uplynutí této doby stačí restartovat jádro řídicího systému pro obnovu jeho činnosti. Vzhledem k nízkým cenám některých hardwarových platform podporovaných řídicím systémem REX (např. Raspberry Pi + Arduino) je celý systém finančně dobře dostupný.

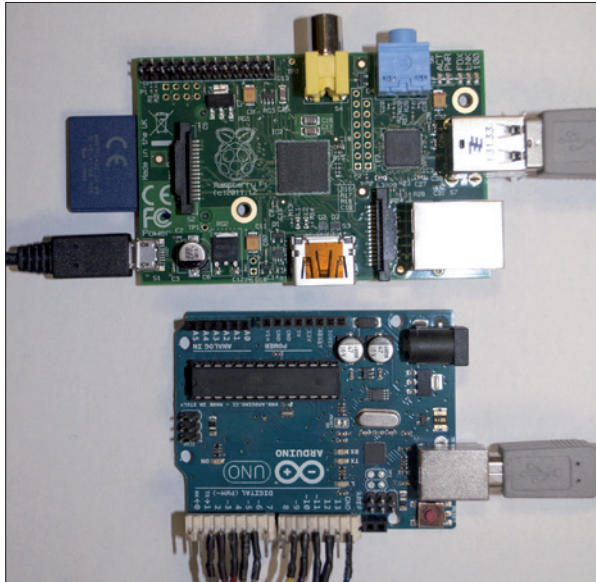
V laboratoři se aktuálně používají tyto hardwarové konfigurace pro řízení fyzikálních výukových modelů, společně zastřešené řídicím systémem REX:

- jednodeskové PC ALIX (od firmy PC Engines) + I/O moduly Bernecker & Rainer,
- programovatelný automat WinPAC-8000 (od firmy ICP DAS) + I/O moduly,
- jednodeskové PC ALIX + Arduino (Uno nebo Mega),
- Raspberry Pi + Arduino (Uno/Mega).

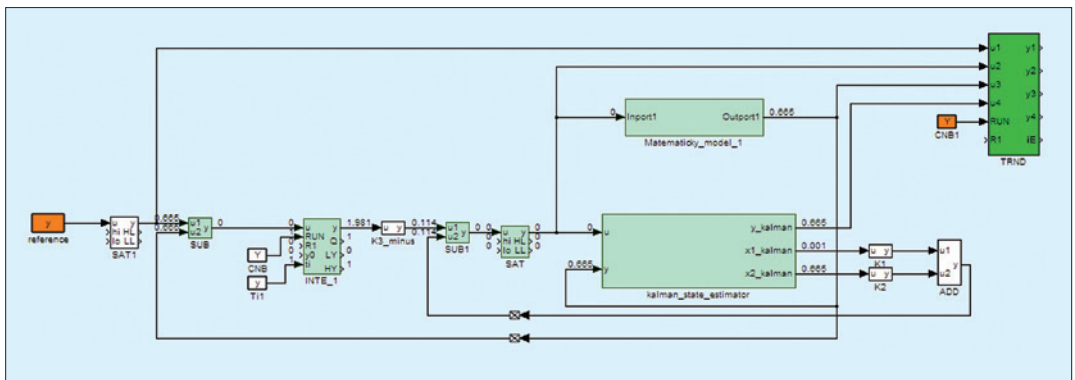
Na obr. 1 je pohled do laboratoře řídicích systémů, obr. 2 a obr. 3 znázorňují vybrané modely vzniklé v období 2010 až 2013 v rámci řešení bakalářských a diplomových prací. Na obr. 2 je sestava řídicího počítače ALIX 2D13 s běžící linuxovou runtime verzí řídicího systému REX, využívající Arduino Uno jako vzdálené I/O periferie, přičemž komunikace mezi těmito komponentami probíhá prostřednictvím sériového rozhraní RS-232. V levé části obr. 3 je znázorněno řízení modelu lineárního inverzního kyvadla s použitím kompaktního řídicího au-

tomatu WinPAC-8000 vybaveného runtime verzí řídicího systému REX pod operačním systémem Windows CE. Pro některé další modely v laboratoři je použita konfigurace s jednodeskovým počítačem ALIX 2D13 s běžící linuxovou runtime verzí řídicího systému REX, využívající vstupně výstupní moduly Bernecker & Rainer řady X20,

realizována v podobě webových stránek, takže koncovému uživateli stačí k zobrazení jen webový prohlížeč. Vizualizace může obsahovat standardní grafické prvky podobné jako v prostředí SCADA/HMI a také grafické průběhy vybraných veličin. Reálný proces může být řízen prostřednictvím interaktivních prvků na webové stránce, která zobrazuje součásti blokového řídicího schématu vizuálně stejného jako v návrhovém prostředí řídicího systému, přičemž tento typ vizualizace je v nové verzi řídicího systému generován plně automaticky (obr. 6). U těchto prvků lze po rozkliknutí měnit jejich parametry. Tato vizualizace je také schopna v reálném čase zobrazovat aktuální hodnoty veličin na vstupech a výstupech jednotlivých bloků.



Obr. 5. Ukázka platformy Raspberry Pi + Arduino Uno + řídicí systém REX k řízení modelu vrtulníku



Obr. 6. Ukázka vizualizace na webu pomocí HTML5

s nimiž komunikuje prostřednictvím protokolu Ethernet Powerlink.

Na obr. 4 je zobrazen profesionální model míče na rotujícím válci, dodaný v roce 2013 na zakázku firmou REX Controls. Na obr. 5 je ukázána jedna z levně dostupných platform (Raspberry Pi + Arduino Uno) použitá k řízení některých laboratorních modelů.

Řídicí systém REX umožňuje elegantní vizualizaci řídicích procesů pomocí jazyka HTML5. Primární výhodou tohoto řešení je skutečnost, že na rozdíl od vizualizace prostřednictvím protokolu OPC není nutné použít další počítač vybavený serverem OPC. Při použití HTML5 je využíván webový server httpd, který může běžet na stejném řídicím počítači, kde běží i jádro řídicího systému REX. V tomto případě je vizualizace

Pro představu o činnosti řídicího systému je zde uveden odkaz na videoukázku znázorňující řízení a výšvih lineárního inverzního kyvadla, kterou lze zobrazit prostřednictvím odkazu [www.youtube.com/watch?v=rOt1FiJNVjA](http://www.youtube.com/watch?v=rOt1FiJNVjA), a také ukázku řízení modelu míče na rotujícím válci, viz [www.youtube.com/watch?v=f2TezPul1eQ](http://www.youtube.com/watch?v=f2TezPul1eQ)

### Poděkování

Tento článek vznikl za podpory projektu SP2015/154 „Vývoj algoritmů a systémů pro řídicí, monitorovací a bezpečnostní aplikace“ VŠB-TU v Ostravě.

Ing. Štěpán Ožana, Ph.D.,  
FEI VŠB-TU v Ostravě