

Možnosti spojenia stavebnice LEGO MINDSTORMS NXT a prostredí MATLAB / Simulink

Possibilities of reconnection of LEGO Mindstorm NXT robotics kit with the MATLAB/ Simulink environment.

Michal Kopček, UIAM MTF STU v Trnave

Andrej Strašifták, UIAM MTF STU v Trnave

Maximilián Strémy, UIAM MTF STU v Trnave

Abstract: In the article are mentioned possibilities of reconnection of LEGO Mindstorm NXT robotics kit with the modeling and simulation environment MATLAB Simulink. Robotics kit due to the equipment offers various possibilities for research, e.g. in robotics, signal processing and real-time evaluation of data from sensors, or orientation in space and trajectory optimization.

Key words: simulation, robot, real-time, MATLAB Simulink, LEGO Mindstorm

Abstrakt: Článok sa zaoberá možnosťami prepojenia robotického stavebnice LEGO Mindstorm NXT s modelovacím a simulačným prostredím MATLAB Simulink. Stavebnica, vzhľadom na vybavenie, ponúka rôzne možnosti výskumu, napr. v oblasti robotiky, spracovania signálov a vyhodnocovania údajov zo snímačov v reálnom čase, či orientácie v priestore a optimalizácie trajektórií.

Kľúčové slová: simulácia, robot, reálny čas, MATLAB Simulink, LEGO Mindstorm

1 LEGO MINDSTORMS NXT

Táto stavebnica je vhodná pre výučbu, vývoj a výskum v oblasti teórie riadenia a ponúka široké možnosti testovania existujúcich a vývoj nových algoritmov riadenia. Vďaka

množstvu dostupných dielcov je možné postaviť modely rôznych zariadení, od jednoduchých vozidiel, cez manipulátory až po roboty a komplexné výrobné linky. Stavebnica obsahuje množstvo rôznych snímačov, servopohony a programovateľnú „inteligentnú kocku“ (NXT Intelligent Brick) s viacerými možnosťami komunikácie. Vytvorené modely môžu byť riadené diaľkovo prostredníctvom rozhrania Bluetooth alebo USB, alebo môžu byť riadené autonómne prostredníctvom nahraného programu.



Obrázok 1: Model jednoduchého robota

1.1 Inteligentná kocka

Inteligentná kocka predstavuje „mozog“ zostavovaných modelov a jej parametre sú:

- 32-bitový mikroprocesor ARM7,
- pamäť 256 KB FLASH a 64 KB RAM,
- grafický LCD displej 100x64 px,
- reproduktor (2 – 16 kHz s 8-bitovým rozlíšením),
- 4 ovládacie tlačidlá,
- komunikačné rozhranie Bluetooth a port USB 2.0,
- 4 digitálne vstupy pre pripojenie snímačov,
- digitálne výstupy pre pripojenie servopohonov,

- napájanie pomocou 6 ks AA (1,5V) batérií, alebo lítiovým nabíjateľným akumulátorom. (1)



Obrázok 2: Detailný pohľad na inteligentnú kocku a servopohon. [1]

1.2 Snímače

Stavebnica ponúka tieto snímače:

- dotykový snímač,
- svetelný snímač,
- farebný snímač (rooznáva 6 farieb a intenzitu svetla),
- zvukový snímač (merací rozsah 3 – 6 kHz),
- ultrazvukový snímač (merací rozsah 0 – 255 cm),
- elektronický kompas,
- gyroskop,
- akcelerometer,
- snímač RFID.

Jeden port inteligentnej kocky navyše obsahuje rozšírenie v zmysle normy IEC 61158 umožňujúce pripojenie ďalších snímačov spĺňajúcich túto normu. (1)

1.3 Servopohon

Servopohon je zložený z jednosmerného motora, snímača otáčok a prevodovky. Umožňuje presné polohovanie motora v rozsahu 360° s presnosťou a krokom 1° a riadenie rýchlosti otáčania. Vďaka zabudovanému snímaču otáčok je možné navzájom synchronizovať viaceré servopohony. (1)

2 MATLAB/Simulink

MATLAB (MATrix LABoratory) je interaktívne prostredie pre vývoj algoritmov, analýzu a vizualizáciu dát a numerické výpočty. Prostredie MATLAB je rozšíriteľné o doplnujúce funkcie prostredníctvom prídavných modulov (toolbox), vďaka čomu je použiteľné v širokej škále aplikácií ako spracovanie signálov a obrazu, riadiace a komunikačné systémy, databázové systémy, testovanie a meranie, neurónové siete, optimalizácia a ďalšie.

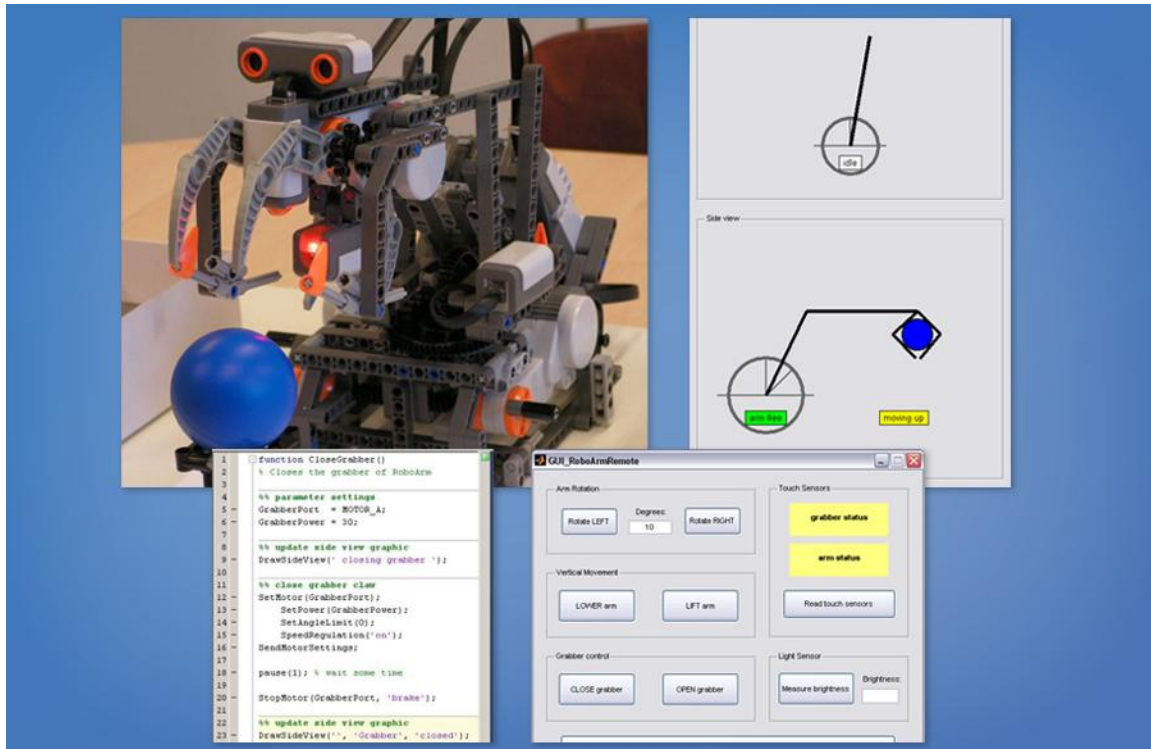
Simulink je prostredie pre multidoménovú simuláciu a návrh dynamických a vstavaných systémov. Poskytuje interaktívne grafické prostredie a sady prispôsobiteľných knižníc blokov, ktoré umožňujú navrhnúť, simulovať, implementovať a testovať rôzne časovo premenné systémy, vrátane komunikácie, riadenia, spracovania signálu, spracovania videa a spracovania obrazu. (3)

2.1 Spojenie LEGO a MATLAB/Simulink

Sú dostupné viaceré možnosti prepojenia systému LEGO MINDSTORMS a prostredí MATLAB/Simulink pomocou prídavných modulov. Prídavný modul RWTH Aachen MINDSTORMS NXT Toolbox beží priamo v prostredí MATLAB a umožňuje:

- okamžité programovanie bez potreby ďalších prídavných modulov,
- komunikáciu prostredníctvom Bluetooth alebo USB,
- interaktívny vývoj a ladenie aplikácií v prostredí MATLAB,
- analyzovať a vizualizovať dáta zo snímačov,
- vyvíjať vlastné používateľské rozhranie pre ovládanie modelu. (6)

Tento prídavný modul bol vyvinutý na univerzite v Aachene a ponúka niekoľko základných MATLAB funkcií pre komunikáciu so snímačmi a pohonmi a viaceré prídavné funkcie pre uľahčenie vývoja vlastných aplikácií. Možnosti, ktoré ponúka tento modul zachytáva nasledujúci obrázok (Obr.3).



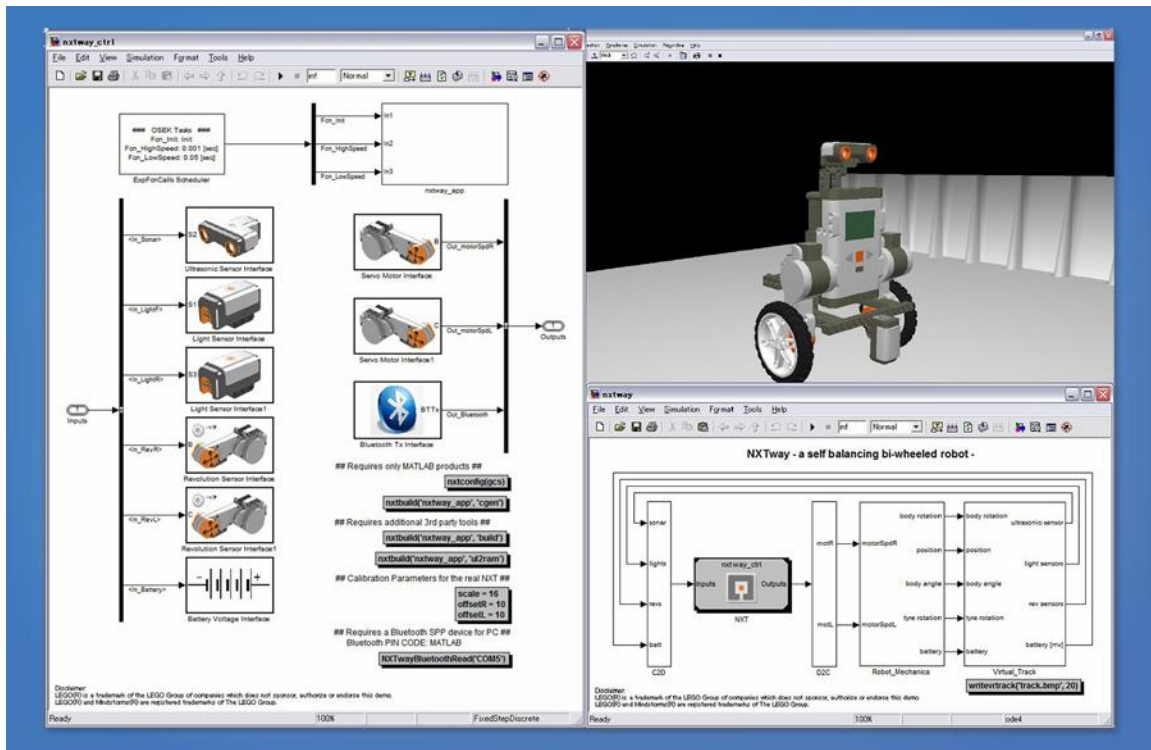
Obrázok 3: Jednoduchý manipulátor LEGO (vľavo hore) určený na zdvíhanie loptičiek, s príslušným zdrojovým kódom (vľavo dole) a MATLAB GUI (vpravo hore a dole). (6)

V prostredí Simulink je možné použiť knižnicu blokov Embedded Coder Robot (ECRobot) Target, ktorá obsahuje bloky pre pripojenie štandardných LEGO snímačov a pohonov. Pomocou MATLAB prostredia je možné vykonať aj vizualizáciu údajov. (7) Vytváranú aplikáciu je možné simulovať a vizualizovať na počítači a následne po jej doladení môže byť takto vytvorený Simulink-ový model skompilovaný a nahratý do inteligentnej kocky LEGO MINDSTORMS NXT, kde následne autonómne beží. Použitie knižnice ECRobot target umožňuje:

- vytvárať vlastné algoritmy pomocou štandardných pracovných postupov pre Model-Based Design,
- rozdeliť model na sústavu a regulátor,
- modelovať, vizualizovať a testovať dynamiku sústavy pomocou 3D animácie,
- zoznámiť sa s problematikou návrhu vstavaných systémov,

- vyhnúť sa obmedzeniam spôsobeným dosahom Bluetooth alebo dĺžkou USB kábla, pretože program je spustený priamo v inteligentnej kocke,
- programovať snímače a pohony pre koordinovanú prácu v reálnom čase. (5)

Príklad aplikácie vytvorenej v prostredí Simulink pomocou knižnice ECRobot target je zobrazený na obr. 4. Jedná sa model vozidla Segway, ktorý rieši problém stabilizácie inverzného kyvadla v jeho nestabilnej polohe prostredníctvom gyroskopu.



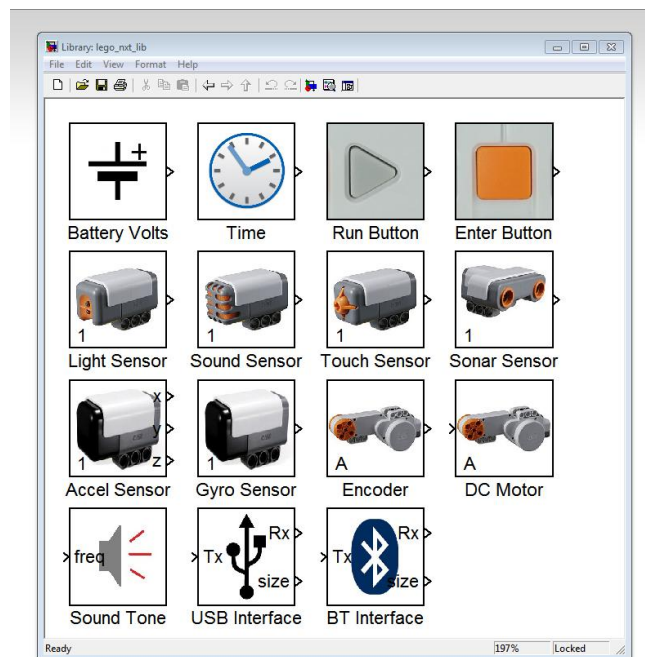
Obrázok 4: Simulink-ový model vozidla Segway. Vľavo: Model regulátora.

Vpravo dole: Model regulátora a sústavy. Vpravo hore: 3D animácia modelu vo virtuálnej realite. (5)

Ďalšou platformou pre spojenie stavebnice LEGO MINDSTORMS NXT a prostredia Simulink je knižnica Villanova University LEGO Real Time Target (VU-LRT), ktorá umožňuje vyvíjať autonómne aplikácie bez nutnosti poznať problematiku návrhu vstavaných systémov. Knižnica obsahuje Simulink-ové bloky pre pripojenie štandardných snímačov a servopohonov LEGO MINDSTORMS NXT dovoľujúce vyvíjať vlastné algoritmy riadenia. Vďaka svojej jednoduchosti je vhodná najmä pre

študentov a začiatočníkov, ktorý sa chce oboznámiť s problematikou spätnoväzobného riadenia a návrhu vstavaných systémov. Tento nástroj umožňuje:

- priblížiť problematiku robotiky a digitálneho riadenia,
- vytvoriť učebné osnovy praktických projektových kurzov pre študentov s využitím interaktívnych modelov,
- vyhnúť sa obmedzeniam spôsobeným dosahom Bluetooth alebo dĺžkou USB kábla, pretože program je spustený priamo v inteligentnej kocke,
- programovať snímače a pohony pre koordinovanú prácu v reálnom čase. (4)



Obrázok 5: Knižnica Villanova University LEGO Real Time target (VU-LRT) (4)

3 Záver

V príspevku sú analyzované a zhodnotené možnosti prepojenie robotickej stavebnice LEGO Mindstorm s modelovacím a simulačným nástrojom Matlab Simlink s využitím prídavných modulov, blokov, resp. knižníc. Ich využitie je do značnej miery závislé od aplikácie a oblasti výskumu.

4 Zoznam bibliografických odkazov

- (1) LEGO® MINDSTORMS® NXT 2.0 [online]. [cit. 2012-01-30]. Dostupné na internete <http://mindstorms.lego.com/>
- (2) LEGO MINDSTORMS NXT Software for MATLAB and Simulink [online]. [cit. 2012-01-30]. Dostupné na internete: <http://www.mathworks.com/academia/lego-mindstorms-nxt-software/>
- (3) MathWorks – MATLAB and Simulink for Technical Computing [online]. [cit. 2012-01-30]. Dostupné na internete: <<http://www.mathworks.com/>>
- (4) Villanova University LEGO Real Time Target (VU-LRT) [online]. [cit. 2012-01-30]. Dostupné na internete: <http://www.mathworks.com/academia/lego-mindstorms-nxt-software/legomindstorms-vulrt.html>
- (5) Embedded Coder Robot (ECRobot) Target [online]. [cit. 2012-01-30]. Dostupné na internete: <http://www.mathworks.com/academia/lego-mindstorms-nxt-software/legomindstorms-simulink.html>
- (6) MATLAB Support for LEGO MINDSTORMS NXT Robots [online]. [cit. 2012-01-30]. Dostupné na internete: <http://www.mathworks.com/academia/lego-mindstorms-nxt-software/legomindstorms-matlab.html?sec=resources>
- (7) Robert Halenár, Andrej Trnka, Marek Šimon: Visualisation and representation of system characteristic curves in Matlab environment. In: Management of Production Systems with Support of Information Technologies and Control Engineering : Proceedings. - Nitra : Department of Machines and Production Systems Slovak University of Agriculture in Nitra, 2006. ISBN 80-8069-743-4.

5 Adresa autorov:

Maximilián Strémy, Ing. PhD.
UIAM MTF STU v Trnave
Hajdoczyho 1
91701 Trnava
maximilian.stremy@stuba.sk

Andrej Strašífták, Ing.
UIAM MTF STU v Trnave
Hajdoczyho 1
91701 Trnava
andrej.strasiftak@stuba.sk

Michal Kopček, Ing. PhD.
UIAM MTF STU v Trnave
Hajdoczyho 1
91701 Trnava
michal.kopcek@stuba.sk