

RIADENIE MODELU UDALOSTNÉHO SYSTÉMU S VYUŽITÍM STATEFLOW A REALTIME TOOLBOXU

Ing. Kristijan Kopčok

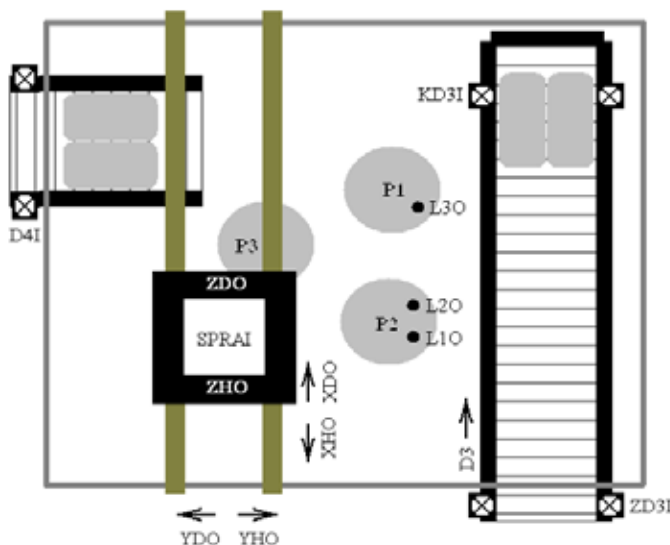
Príspevok sa zaoberá riadením modelu portálového robota zo stavebnice FISCHERTECHNIK. Ide o model pružného výrobného systému, ktorý je iba časťou rozsiahlejšej stavebnice používanej na Katedre ASR FEI STU v Bratislave. Riadenie modelu v reálnom čase bolo realizované v prostredí Matlab s využitím Stateflow a Real Time toolboxu. V prvej časti príspevku je uvedený popis riadeného modelu a v druhej časti postup pri návrhu riadenia.

Popis modelu výrobnjej linky

Ako model výrobnjej linky bol použitý stavebnicový model FISCHERTECHNIK skladajúci sa z nasledovných častí:

- dva dopravníkové pásy D3 a D4
- tri optické závory ZD3I, KD3I, D4I, ktoré slúžia ako snímače prítomnosti páru dielcov na daných pozíciách v priestore výrobnjej linky
- tri pracovné miesta P1 – P3 s indikáciou činnosti pomocou LED diód L1O, L2O a L3O
- portálový žeriav s možnosťou pohybu v troch osiach X, Y, Z s pomocou motorov
- indukčné inkrementálne snímače ISXI, ISYI, ISZI. Tieto snímače dávajú polohu žeriavu vo vzťahu k všetkým trom osiam.
- mechanické koncové snímače polohy pre všetky 3 osi žeriavu XDI, XHI, YDI, YHI, ZDI, ZHI
- dva elektromagnety umiestnené na zvislom ramene žeriavu, ktoré slúžia na uchopenie prenášaných dielcov
- mechanický kontakt SPRAI snímajúci prítomnosť dielcov na elektromagnete.

Na Obr. 1 je znázornená schéma modelu výrobnjej linky s umiestnením jednotlivých prvkov.



Obrázok 5.1 Schéma modelu výrobnjej linky s portálovým robotom

Popis technologického procesu

Model pružného výrobného systému sa skladá z dvoch dopravníkov, troch obrábacích strojov a žeriavu. Prvým dopravníkom sa neopracované dielce dostanú na miesto odkiaľ ich žeriav preniesie na jedno z pracovných miest. Na pracovných miestach P1 a P2 sa vykonáva rovnaká operácia. Ak sú obe pracovné miesta voľné, žeriav prioritne preniesie dielce na pracovné miesto P1. Po ukončení prvej pracovnej operácie žeriav preniesie čiastočne opracované dielce na pracovné miesto P3 a po ukončení aj druhej pracovnej operácie na dopravník D4, ktorým opracované dielce dostanú mimo výrobného systému. Presun z pracovného miesta P3 ma vyššiu prioritu ako presun dielcov z miest P1 a P2, ale aj ako presun z dopravníka D3 na P1 resp. P2.

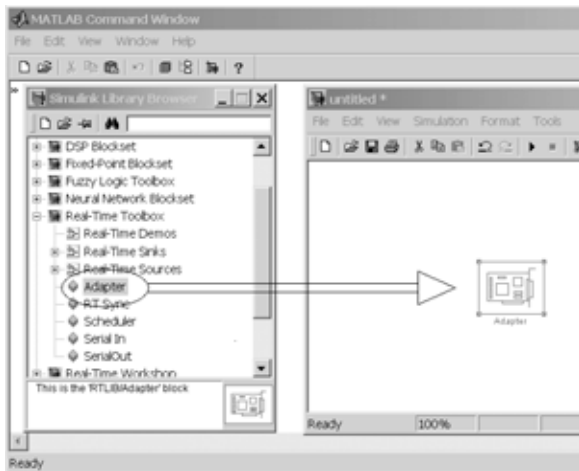
Pri počiatocnom spustení alebo reštartovaní technológie sa model a premenné riadiaceho programu inicializujú nastavením žeriavu do polohy (0, 0, 0). Táto pozícia znamená, že žeriav bude umiestnený na dolnom doraze osí X a Y a na hornom doraze osi Z. Dopravníkový pás D3 sa nepohybuje. Po umiestnení spárovaných dielcov na začiatok dopravníka D3 ich snímač ZD3I zaregistruje, dopravníkový pás D3 sa začne pohybovať a dopraví dielce ku snímaču KD3I. Žeriav dvojicu dielcov následne preniesie na pracovné miesto P1, pokiaľ je však obsadené, žeriav preniesie dielce na miesto P2. V prípade, že sú obe pracovné miesta obsadené, žeriav nesmie prenášať dielce z pásu D3. Po uplynutí času potrebného na technologickú operáciu na pracovnom mieste P1, resp. P2 žeriav preniesie dielce na pracovné miesto P3 a potom ich po ukončení aj tejto technologickej operácie ďalej preniesie na dopravníkový pás D4.

Real Time Toolbox (RTT)

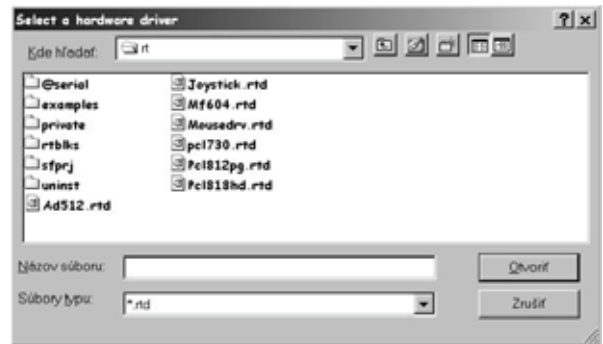
Na prepojenie modelu s počítačom bola použitá vstupno/výstupná karta PCL-730 firmy Advantech a špeciálna knižnica Real Time Toolbox, vyrobená firmou Humusoft. Karta PCL – 730 ponúka 32 izolovaných digitálnych vstupno/výstupných kanálov (16 vstupných a 16 výstupných) a 32 TTL digitálnych vstupno/výstupných kanálov (16 vstupných a 16 výstupných). PCL – 730 obsahuje aj jeden PC vektor prerušenia s prepínačom pre výber IRQ. PCL – 730 je interná karta pre ISA slot. Real Time Toolbox je knižnica, ktorá slúži na komunikáciu so vstupno/výstupnými kartami a je integrovaná do prostredia programov Matlab a Simulink. Všetky príkazy RTT môžeme písať do príkazového riadku programu Matlab, alebo v grafickej verzii ich môžeme využiť v programe Simulink. Pri riadení modelu bola využitá grafická forma niektorých príkazov.

Adapter

Blok *Adapter* slúži pre nastavenie ovládača vstupno/výstupnej karty. Po spustení programov Matlab a Simulink z okna Simulink Library Browser preniesieme blok *Adapter* do okna Simulinku. Výsledkom bude okno z Obr. 2. Dvojklepnutím prvýkrát na objekt *Adapter* v okne Simulink-u sa otvorí ponuka pre nahranie ovládača k vybranej karte (Obr. 3).

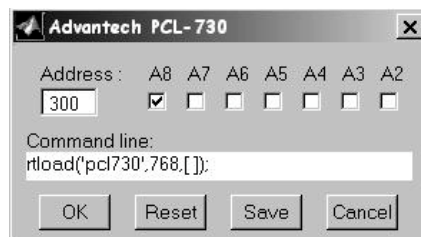


Obr. 2 Vytvorenie bloku *Adapter* v programe Simulink



Obr. 3 Výber ovládača vstupno/výstupnej karty

Po otvorení ovládača vstupno/výstupnej karty (v tomto prípade pcl730.rtd) sa automaticky otvorí okno pre nastavenie parametrov ovládača (Obr. 4). V tomto okne sa nastaví adresa registra periférneho zariadenia. Po nastavení adresy je blok *Adapter* pripravený.



Obr. 4 Nastavenie parametrov ovládača

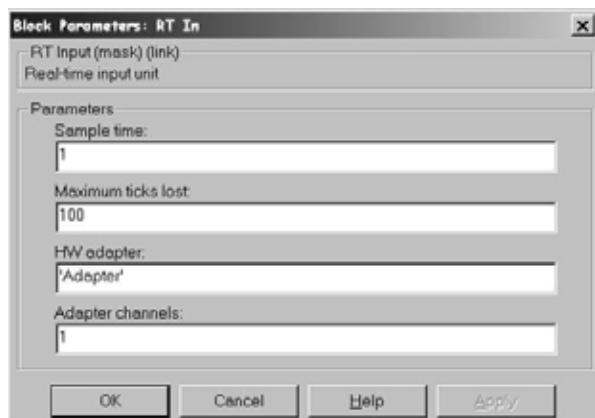
RT In

Blok *RT In* sa používa na získanie vstupných údajov zo vstupno/výstupnej karty v reálnom čase. Po vložení bloku *RT In* do okna programu Simulink a následnom dvojklepnutí sa otvorí okno pre nastavenie bloku (Obr. 5). V danom okne sa zadávajú štyri parametre:

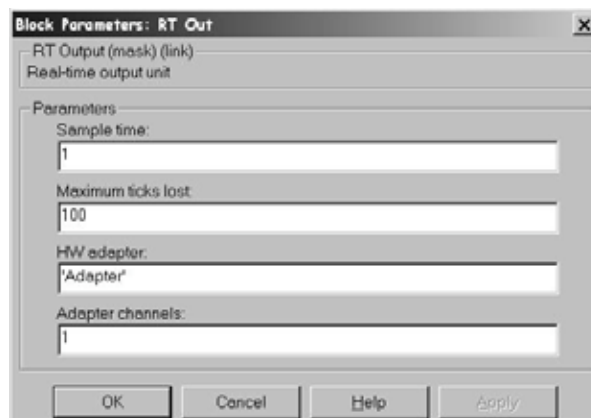
- **Sample time** - perióda vzorkovania
- **Maximum ticks lost** - maximálny počet nespracovaných vzoriek
- **HW Adapter** - meno *Adapter* bloku
- **Adapter channels** - číslo kanála

RT Out

Blok *RT Out* sa používa na posielanie výstupných údajov do vstupno/výstupnej karty v reálnom čase. Po vložení bloku *RT Out* do okna programu Simulink a následnom dvojklepnutí sa otvorí okno (Obr. 6), v ktorom sa nastavujú parametre podobne ako pri príkaze *RT In*.



Obr. 5 Nastavenie parametrov *RT In* bloku



Obr. 6 Nastavenie parametrov *RT Out* bloku

Návrh riadenia

Pri návrhu riadenia v Stateflow najprv treba navrhnuť základnú schému pre program Simulink. Vstupné a výstupné premenné do Stateflow diagramu sú znázornené v Tab. 1.

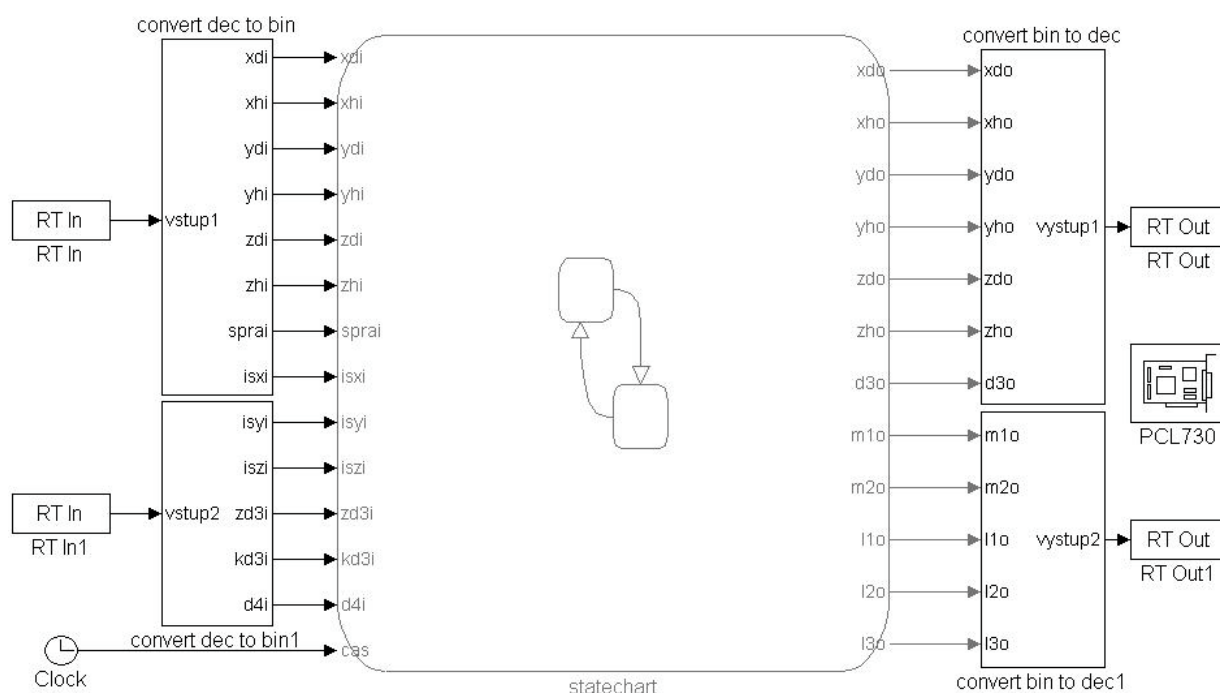
Tab. 1 Popis vstupov a výstupov do Stateflow diagramu

Skratka	Popis vstupu resp. výstupu
xdi	Doraz v osi X – žeriav v dolnej polohe
xhi	Doraz v osi X – žeriav v hornej polohe
ydi	Doraz v osi Y – žeriav v dolnej polohe
yhi	Doraz v osi Y – žeriav v hornej polohe
zdi	Doraz v osi Z – žeriav v dolnej polohe
zhi	Doraz v osi Z – žeriav v hornej polohe
sprai	Spínač na ramene žeriavu – spodná poloha ramena
isxi	Signál z inkrementálneho snímača polohy v osi X
isyi	Signál z inkrementálneho snímača polohy v osi Y
iszi	Signál z inkrementálneho snímača polohy v osi Z
zd3i	Optický snímač prítomnosti dielca na začiatku dopravníka D3
kd3i	Optický snímač prítomnosti dielca na konci dopravníka D3
d4i	Optický snímač prítomnosti dielca na začiatku dopravníka D4
cas	Reálny čas
xdo	Riadenie motora žeriavu pre pohyb v osi X smerom k začiatku
xho	Riadenie motora žeriavu pre pohyb v osi X smerom od začiatku
ydo	Riadenie motora žeriavu pre pohyb v osi Y smerom k začiatku
yho	Riadenie motora žeriavu pre pohyb v osi Y smerom od začiatku
zdo	Riadenie motora žeriavu pre pohyb v osi Z smerom k začiatku

Tab. 1 Popis vstupov a výstupov do Stateflow diagramu

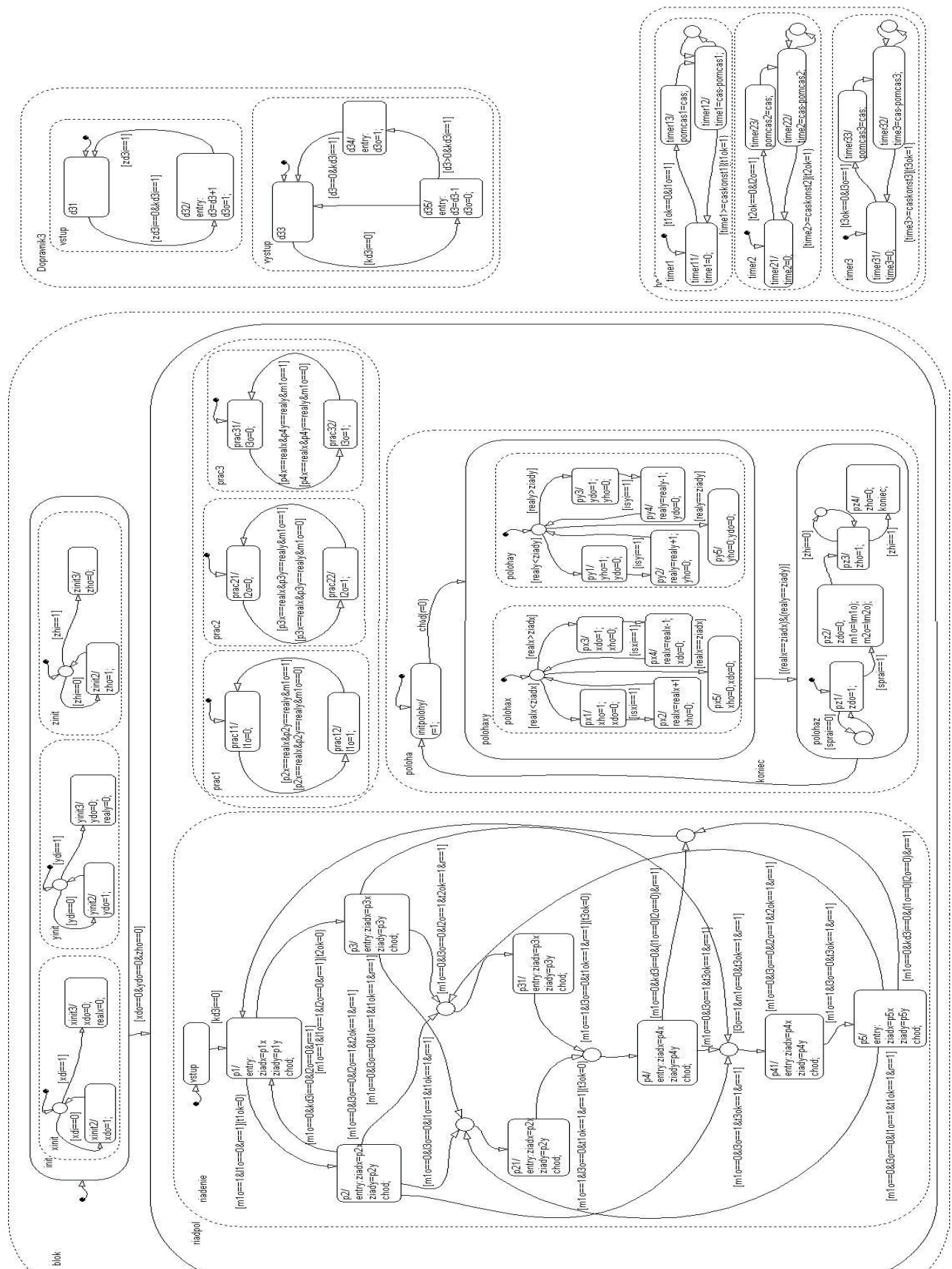
Skratka	Popis vstupu resp. výstupu
zho	Riadenie motora žeriavu pre pohyb v osi Z smerom od začiatku
d3o	Riadenie motora dopravníka D3
m1o	Riadenie elektromagnetu 1 na ramene žeriavu
m2o	Riadenie elektromagnetu 2 na ramene žeriavu
l1o	Indikácia prebiehajúcej technologickej operácie na pracovnom mieste 1
l2o	Indikácia prebiehajúcej technologickej operácie na pracovnom mieste 2
l3o	Indikácia prebiehajúcej technologickej operácie na pracovnom mieste 3

Schéma v programe Simulink je znázornená na Obr. 7. Využitie sú dva bloky typu *RT In* na získanie vstupných informácií z modelu, dva bloky typu *RT Out* na vysielanie akčných zásahov do modelu, Stateflow diagram a štyri bloky, ktoré prevádzajú čísla v desiatkovej sústave do binárnych čísiel resp. binárne čísla do čísiel desiatkovej sústavy.



Obr. 7 Schéma v prostredí Simulink

Stateflow diagram (Obr. 8) pozostáva z troch základných paralelných superstavov **hodiny**, **dopravník3** a **blok**. Superstav **hodiny** slúži ako časovač pre technologické operácie na troch pracovných miestach. Superstav **dopravník3** riadi činnosť dopravníka D3 v závislosti od prichádzajúcich dielcov. V poslednom superstave **blok** sa nachádzajú XOR stavy **init** a **riadpol**. Systém prejde najprv do stavu **init**, kde sa inicializuje model, to znamená, nastavenie žeriavu do polohy (0, 0, 0). Po nastavení žeriavu systém vstúpi do stavu **riadpol**, v ktorom sa vykonáva samotné riadenie žeriavu. Toto riadenie sa vykonáva pomocou paralelných stavov **riadenie** a **poloha**. Stav **poloha** zabezpečuje nastavenie žeriavu na žiadanú hodnotu polohy spolu so spracovaním informácií zo snímačov polohy a výpočtom aktuálnej polohy. Stav **riadenie** sleduje postup výrobného procesu a v závislosti od neho určuje žiadané hodnoty súradníc X, Y a Z pre polohu žeriavu. Ďalším paralelným stavom ku dvojici stavov **riadenie** a **poloha** je stav **pracovisko**, ktorý zabezpečuje indikáciu technologickej operácie.



Obr. 8. Stateflow diagram pre riadenie modelu

Záver

Pri riadení modelu portálového robota sme využili na prepojenie riadiaceho počítača s modelom špeciálnu knižnicu Real Time Toolbox a vstupno/výstupnú kartu PCL – 730. Pri perióde vzorkovania 0.016 sekundy sme použili nasledovnú počítačovú zostavu:

- procesor: Intel Celeron 800 Mhz
- pamäť: 64 MB
- grafická karta: 8 MB
- pevný disk: 2 GB
- v/v karta: Advantech PCL - 730
- Operačný systém: Windows 98
- Programy: Matlab R11 (Verzia 5.3)
Real Time Toolbox (Verzia 3.0)

Daná počítačová zostava nestihla spracovať frekvenciu impulzov z indukčných snímačov na motoroch. Z toho dôvodu sme predĺžili periódu vzoriek tak, že sme po každom odčítaní impulzu vypli a následne zapli motor.

Zistili sme, že Stateflow je vhodným prostriedkom na simuláciu diskretných udalostných systémov, ale nie je vhodný na riadenie systémov, ktoré vyžadujú rýchlosť spracovania informácie. Východiskom z tejto situácie je kompilovanie navrhnutého diagramu do zdrojového kódu a následné prenesenie výsledného programu na riadiaci počítač, ktorý sa bude zaoberať iba riadením daného procesu. Je vylúčené riadiť diskretné procesy v reálnom čase pod operačným systémom Windows 98 bez odstránenia periférnych zariadení, ktoré môžu ovplyvniť chod v reálnom čase (napr. myš, klávesnica).

Literatúra:

- [1] M. Huba, B. Hruz, J. Klimes, J. Flochová, I.-K. Kopčok, I. Oravec: Modelovanie a simulácia. Univerzita Mateja Bela, Banská Bystrica, 2001.
- [2] B. Hruz, L. Mrafko: Modelovanie a riadenie diskretných udalostných systémov. STU Bratislava, 2003.
- [3] Harel, D. : Statecharts – A visual formalism for complex systems. Science of Computer Programming 8 , North – Holland , 1997.
- [4] The MathWorks, Inc.: Stateflow user's guide.
- [5] The MathWorks, Inc.: Matlab – The language of technical computing.
- [6] The MathWorks, Inc.: Simulink – Dynamic System Simulation for Matlab.

Kontakt

Ing. Kristijan Kopčok: kopcok@pobox.sk