

Modely systémov s diskretnými udalosťami v toolboxe

Stateflow

Úlohy

1. Zostavte matematické modely klopného obvodu RS a semaforu.
2. Navrhните simulačné modely klopného obvodu RS a semaforu v toolboxe Stateflow.
3. Vykonajte simulácie vytvorených simulačných modelov a prostredníctvom priebehov stavov overte ich správnosť.

Zostavenie matematických modelov klopného obvodu RS a semaforu

Klopný obvod RS

Klopný obvod pozostáva z dvoch vstupov - R a S , a dvoch výstupov - Q a jeho negácie $Q non$. Stačí uvažovať 1 výstup Q . Vstup S (set) reprezentuje vstup klopného obvodu, ktorý ho nastavuje do stavu logickej jednotky a R (reset) reprezentuje vstup, ktorý ho nastavuje do stavu logickej nuly.

Princíp činnosti klopného obvodu RS:

- ak je hodnota oboch vstupov R a S nulová, tak klopný obvod nemení svoj stav
- ak je hodnota nastavovacieho vstupu $S=1$ a hodnota nulovacieho vstupu $R=0$, klopný obvod prechádza do stavu $Q=1$ a v tomto stave ostáva aj po zmene hodnoty vstupu S ,
- ak je hodnota nulovacieho vstupu $R=1$ a hodnota nastavovacieho vstupu $S=0$, klopný obvod zmení svoj stav na stav $Q=0$ a v tomto stave ostáva aj v po zmene vstupu R ,
- ak $R=1$ a $S=1$, uvažujeme, že klopný obvod nemení svoj stav

Matematický model klopného obvodu sformulujeme vymenovaním množiny stavov, udalostí, určením počiatočného stavu systému a definovaním funkcií prechodov.

Množina stavov: $X = \{0,1\}$

Množina udalostí: $E = \{e_1, e_2, e_3, e_4\}$, kde $e_1 - R=0$ a $S=1$, $e_2 - R=1$ a $S=0$,

$e_3 - R=0$ a $S=0$, $e_4 - R=1$ a $S=1$.

Počiatočný stav: $x_0 = 0$

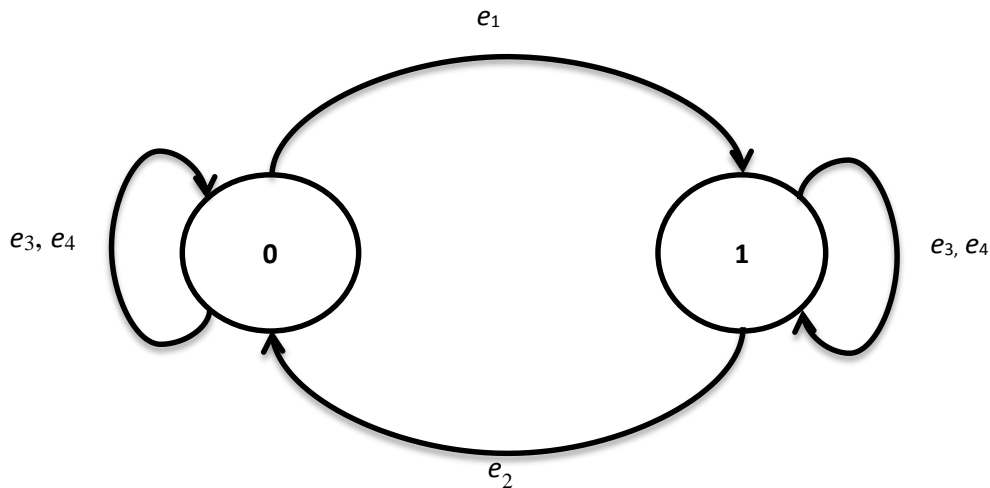
Funkcie prechodov: $f(0, e_1) = 1, f(0, e_2) = 0,$

$f(0, e_3) = 0, f(0, e_4) = 0,$

$$f(1, e_1) = 1, f(1, e_2) = 0,$$

$$f(1, e_3) = 1, f(1, e_4) = 1.$$

Následne si zakreslíme tento matematický model do stavového diagramu.



Obr. 1 Stavový diagram klopného obvodu RS

Semafor

Semafor zobrazuje svetelné signály troch farieb - červenej, oranžovej a zelenej. Podľa toho, akú farbu semafor zobrazuje rozlišujeme štyri stavy:

- Stoj – ak svieti len červená, zakazuje prechod.
- Priprav – svieti červená aj oranžová naraz, vodič sa môže pripraviť na jazdu.
- Chod' – svieti len zelené svetlo, vodič môže pokračovať v jazde.
- Pozor – signál len s oranžovým svetlom, upozorňuje vodiča, že sa signál mení zo zelenej do červenej.

Okrem týchto štyroch stavov uvažujeme ešte dva ďalšie – vypnutý semafor a zapnutý. Medzi týmito dvoma stavmi prechádza semafor na základe stavu vypínača. Ak je semafor zapnutý, tak nadobúda vyššie vymenované stavy. Tie sa menia cyklicky v čase. V prípade, že je semafor vypnutý tak bliká iba oranžové svetlo.

Matematický model semaforu sformulujeme rovnako ako pri klopnom obvode RS.

Množina stavov: $X = \{\text{vypnutý}, \text{zapnutý}\}$

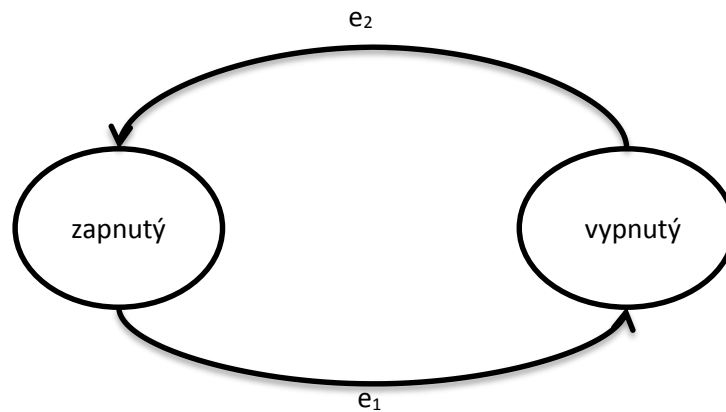
Množina udalostí: $E = \{e_1, e_2\}$, kde e_1 – vypínač = 1, e_2 – vypínač = 0,

Počiatočný stav: $x_0 = \text{vypnutý}$,

Funkcie prechodov: $f(\text{vypnutý}, e_1) = \text{zapnutý}$,

$f(\text{zapnutý}, e_2) = \text{vypnutý}$.

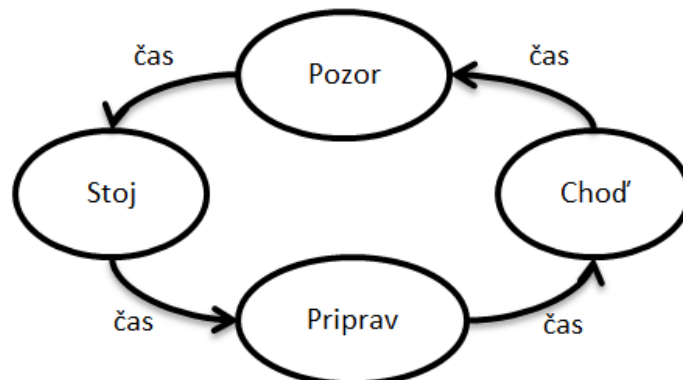
Tiež si tento model zakreslíme do stavového diagramu.



Obr. 2 Stavový diagram semaforu

V tomto príklade však uvažujeme ešte aj to, že ak je semafor zapnutý tak svetlá na ňom sa menia.

Túto situáciu si tiež opíšeme stavovým diagramom.

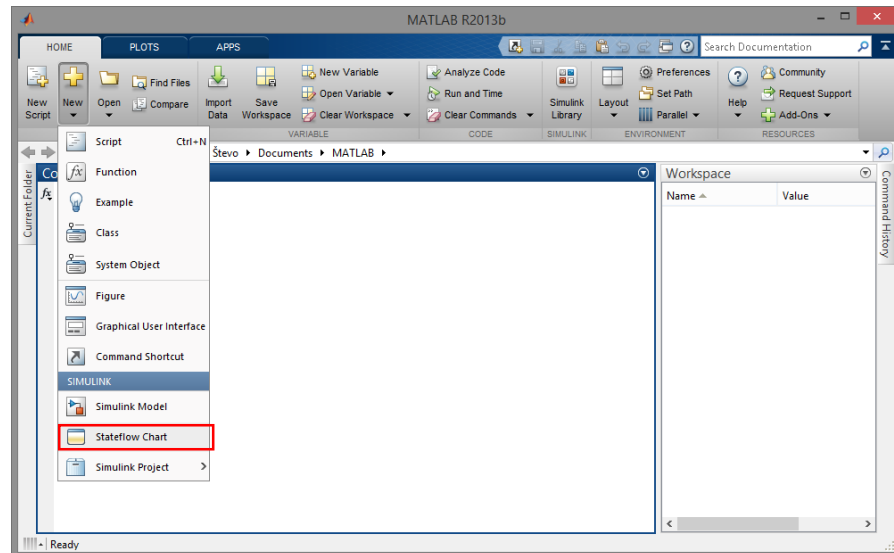


Obr. 3 Stavový diagram zapnutého semaforu

Navrhните simulačné modely klopného obvodu RS a semaforu v toolboxe Stateflow

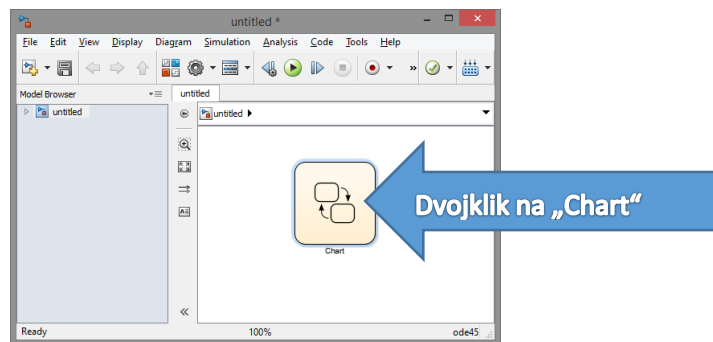
Návod na vytvorenie simulačného modelu v toolboxe Stateflow

Krok 1 - vytvoríme si nový Stateflow „chart“ v Matlabe, buď ako je znázornené na Obr. 4, alebo príkazom **sfnew** zadaným do príkazového riadku Matlabu



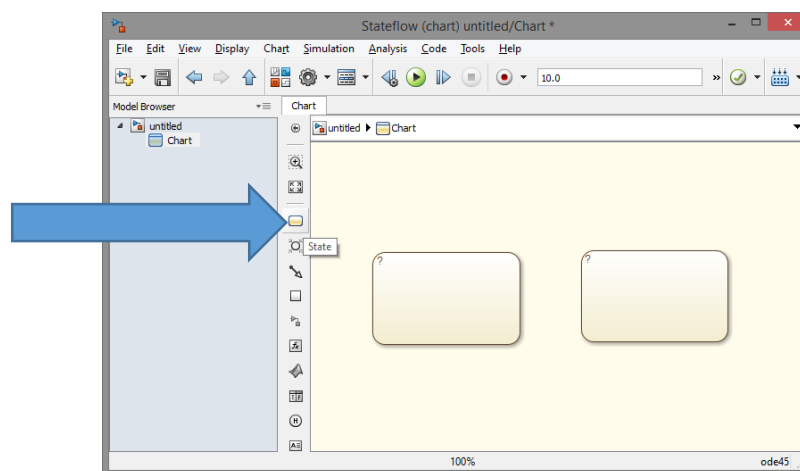
Obr. 4 Otvorenie nového Stateflow "chartu"

Krok 2 – ak sa otvorí model v Simulinku otvoríme „Chart“



Obr. 5 Model v Simulinku

Krok 3 – na základe stavového diagramu a matematického modelu systému vytvoríme toľko stavov koľko potrebujeme, stavy reprezentujú funkčné bloky na Obr. 6.



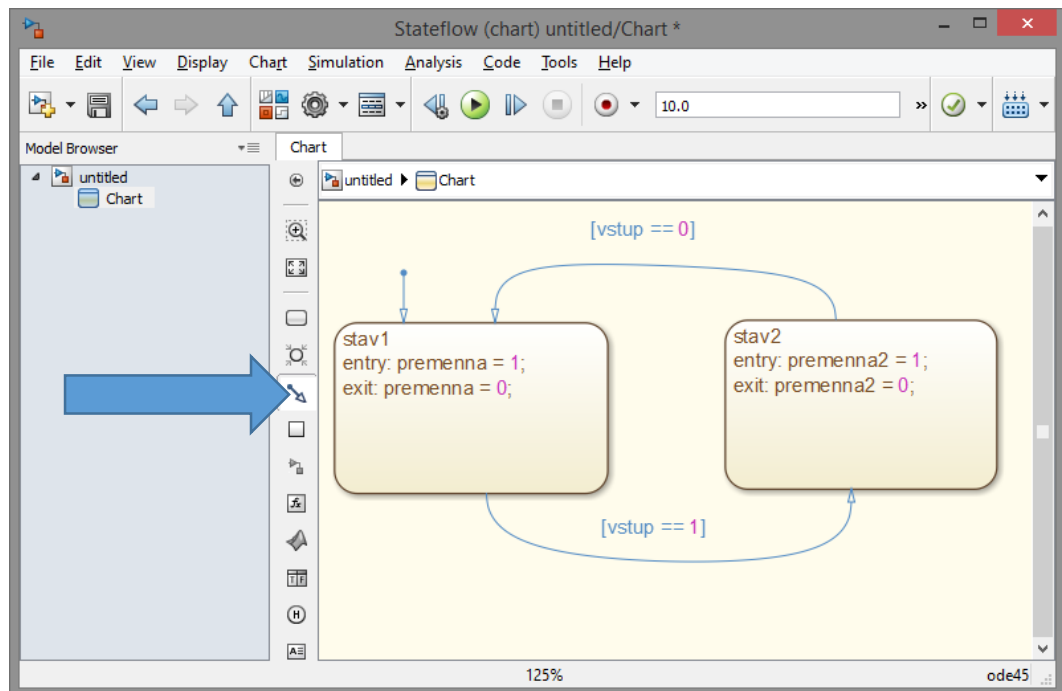
Obr. 6 Funkčné bloky reprezentujúce stavy v toolbuxe Stateflow

Krok 4 – stavy nazveme a určíme aké premenné sa zmenia pri vstupe do nich a výstupe z nich.




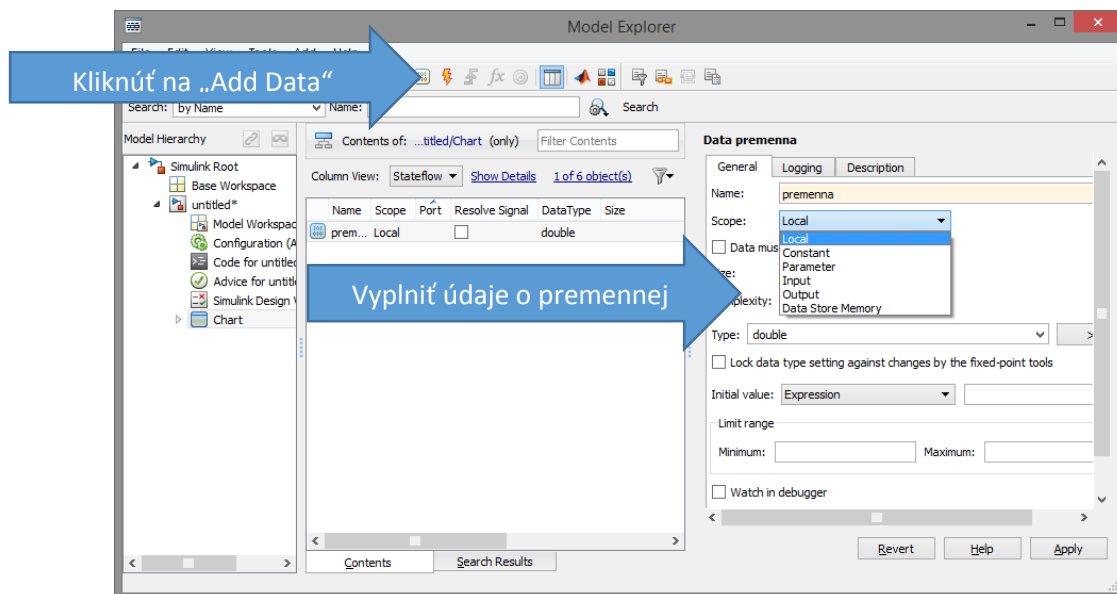
Obr. 7 Popis stavov

Krok 5 – prepojíme stavy funkciou prechodu a určíme za akých podmienok sa má prechádzať medzi nimi. Určíme počiatočný stav. Na Obr. 8 je označená funkcia, ktorou označíme počiatočný stav. Podmienky musia byť zapísané v hranatých zátvorkách.



Obr. 8 Pridanie prechodov medzi stavmi

Krok 6 – v tomto kroku je potrebné definovať jednotlivé premenné. To urobíme kliknutím na tlačidlo  na hornej lište otvoreného okna. Ďalší postup ako pridáme premenné je na Obr. 9.

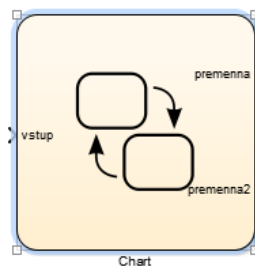


Obr. 9 Definovanie premenných

Definované premenné potom vyzerajú ako na Obr. 10. To sa premietne aj do celého Stateflow „Chart“. Keďže sme si nadefinovali 1 vstupnú a 2 výstupné premenné tak Stateflow „Chart“ bude vyzeráť ako na Obr. 11.


Name	Scope	Port	Resolve Signal	DataType	Size
premenna	Output	1	<input type="checkbox"/>	double	
vstup	Input	1	<input type="checkbox"/>	double	
premenna2	Output	2	<input type="checkbox"/>	double	

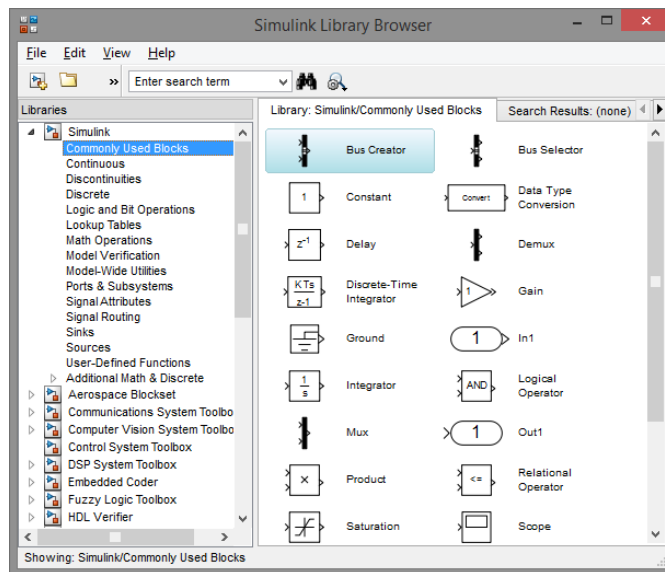
Obr. 10 Definované premenné



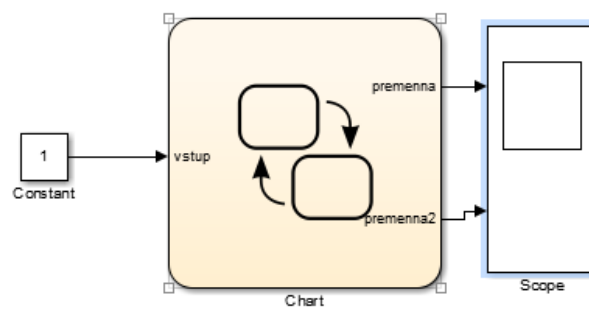
Obr. 11 Stateflow "Chart" s premennými

Krok 7 – Model systému v toolboxe Stateflow je vytvorený. Ďalej určíme, čo je vstupom systému a zobrazíme alebo uložíme výstupy. Vstupom môže byť napríklad konštanta


a výstupy môžeme zobrazíť graficky. Tlačidlom  si môžeme vyberať z knižnice funkčných blokov Simulinku. Vidíme ju na Obr. 12. Dokončený simulačný model môže vyzeráť ako na Obr. 13.

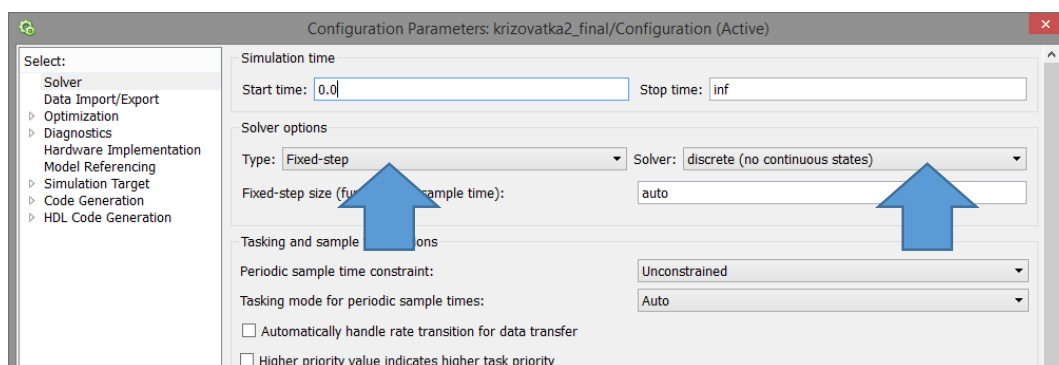


Obr. 12 Knižnica funkčných blokov Simulinku

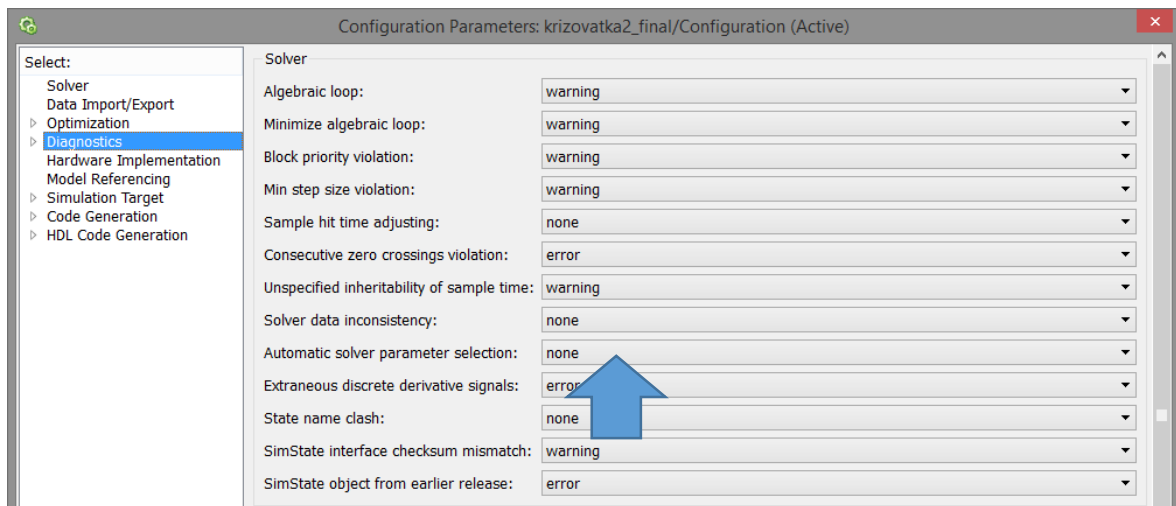


Obr. 13 Ilustračný príklad kompletného simulačného modelu

Krok 8 – v tomto kroku nakonfigurujeme parametre pre simuláciu modelu. Konfiguráciu otvoríme pomocou tlačidla , ktoré sa nachádza na hornej lište okna simulačného modelu. V okne, ktoré sa zobrazí zmeníme nastavenie v záložkách „Solver“ a „Diagnostics“. Správna konfigurácia je na Obr. 14 a Obr. 15.



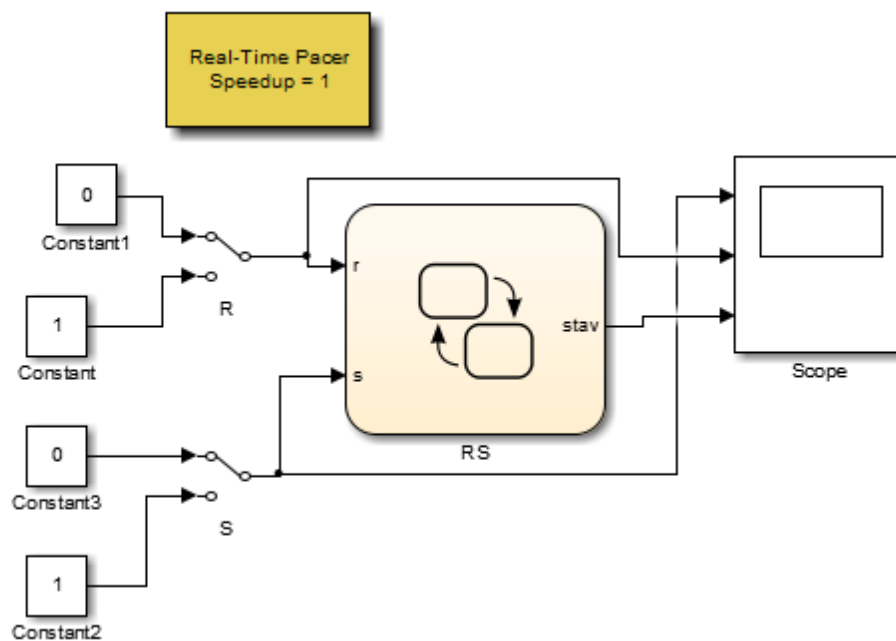
Obr. 14 Konfigurácia záložky "Solver"



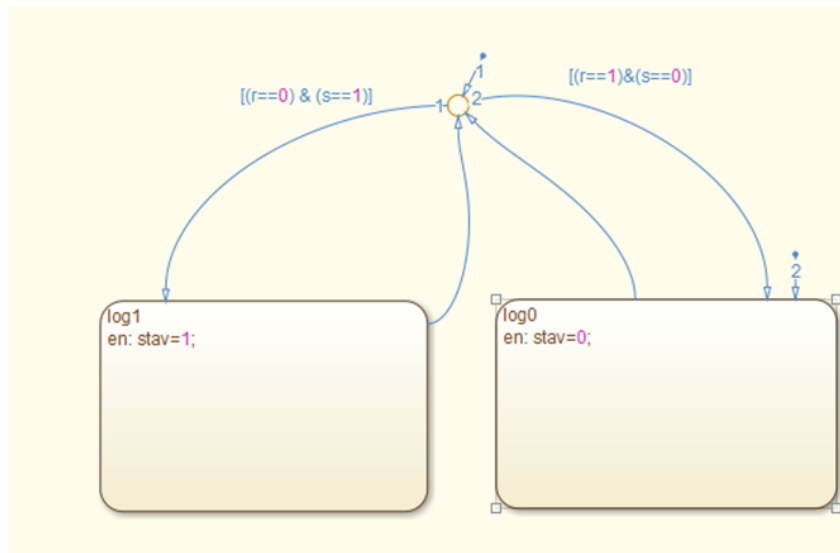
Obr. 15 Konfigurácia záložky "Diagnostics"

Simulačný model klopného obvodu RS

Kompletný simulačný model klopného obvodu RS vytvorený v Simulinku je na Obr. 16. Riadenie systému zabezpečené subsystémom vytvoreným v toolboxe Stateflow uvádzame na Obr. 17.



Obr. 16 Simulačný model klopného obvodu RS



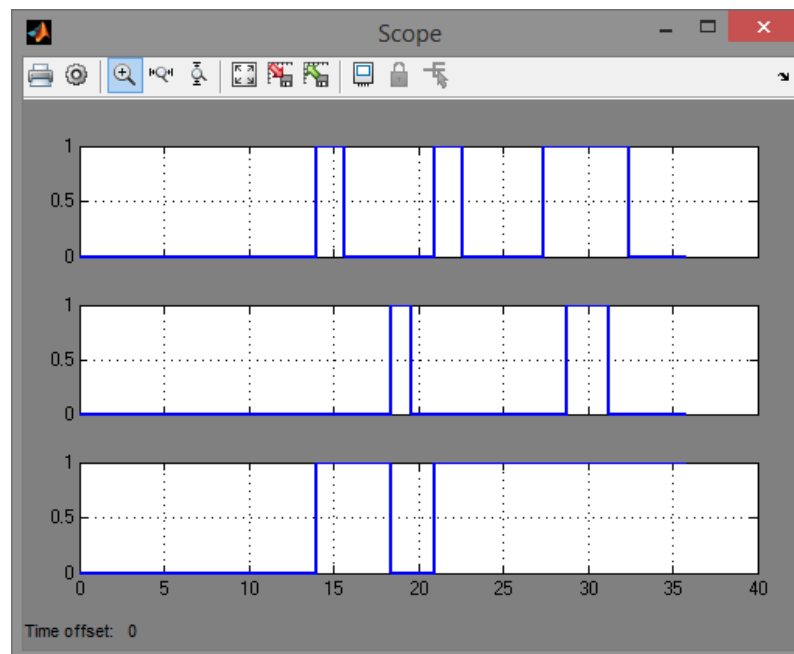
Obr. 17 Subsystem simulačného modelu klopného obvodu RS v toolboxe Stateflow

Premenné simulačného modelu sú na Obr. 18.

Name	Scope	Port	Resolve Signal	DataType	Si
r	Input	1		double	
stav	Output	1	<input type="checkbox"/>	double	
s	Input	2		double	

Obr. 18 Premenné simulačného modelu klopného obvodu RS

Simulácia a vyhodnotenie modelu

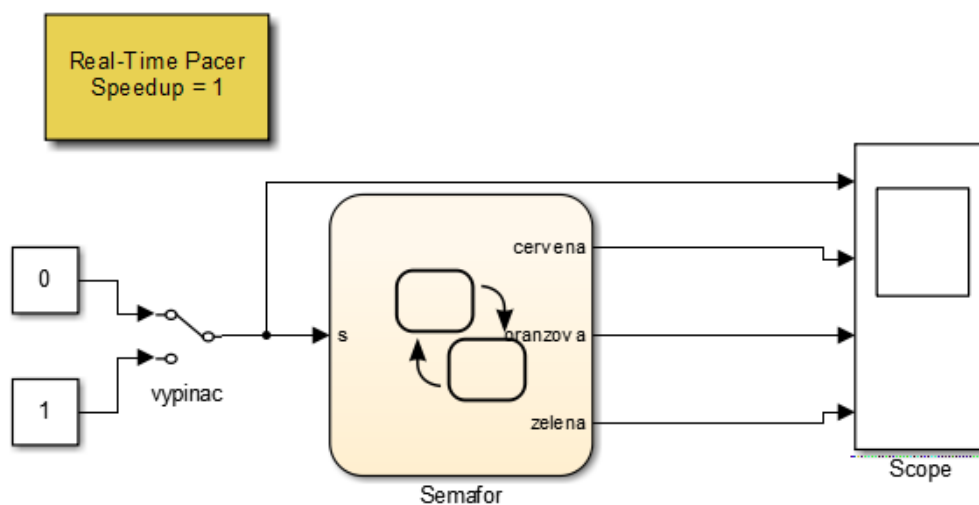


Obr. 19 Priebeh simulácie modelu klopného obvodu RS

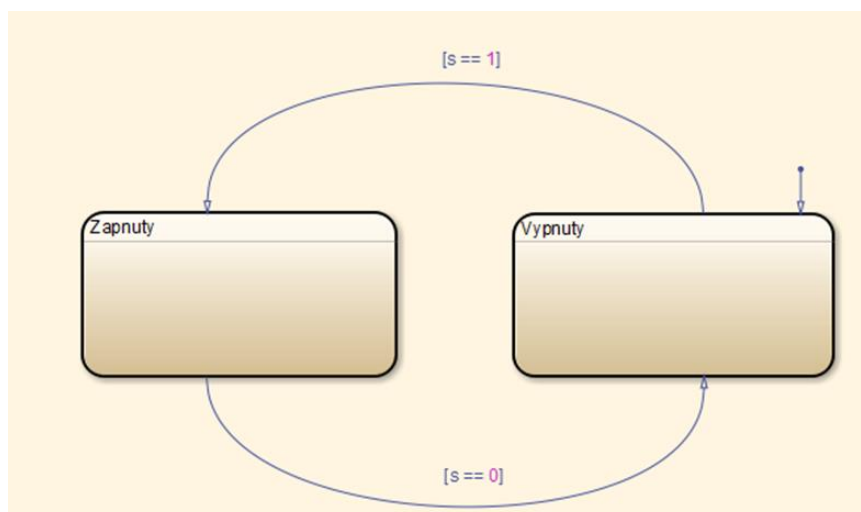
Na základe priebehu hodnotíme, že simulačný model funguje správne. Vrchný graf zobrazuje priebeh vstupu S , stredný reprezentuje vstup R a spodný stav klopného obvodu. Výsledný stav klopného obvodu sa mení presne tak ako je definované v matematickom opise klopného obvodu RS , takže simulačný model je navrhnutý správne.

Simulačný model semaforu

Ako vyzerá celkový simulačný model semaforu navrhnutý v Simulinku zobrazujeme na Obr. 20. Subsystem, ktorý zabezpečuje riadenie semaforu na základe tlačidla vytvorený využitím funkcií toolboxu Stateflow ilustruje Obr. 21.

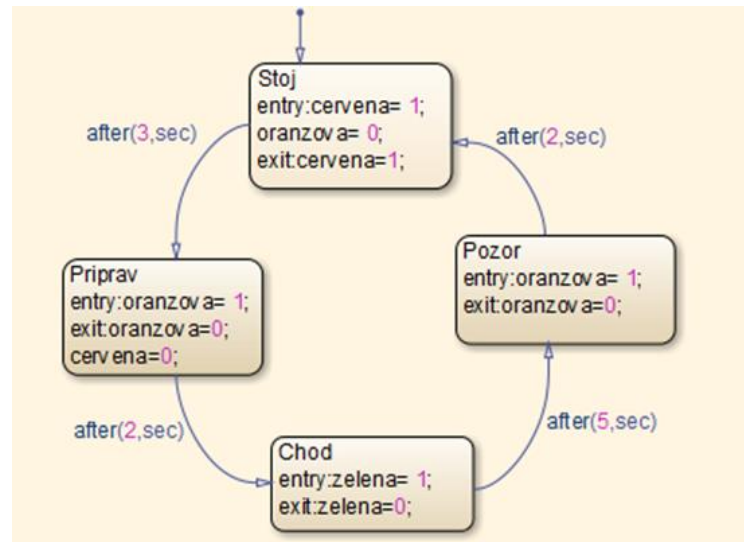
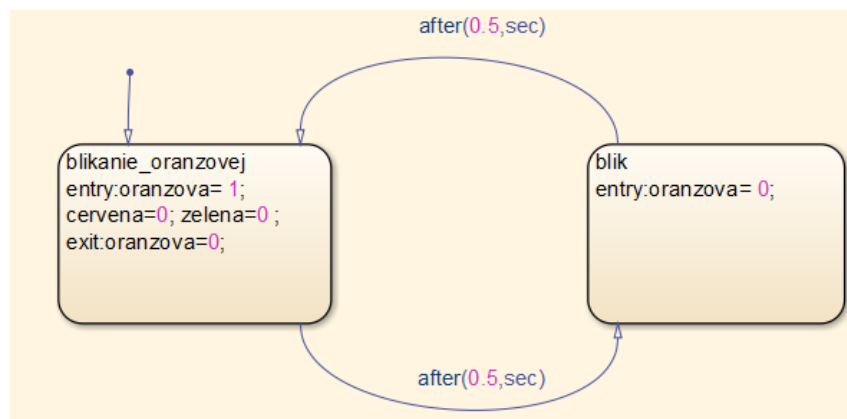


Obr. 20 Simulačný model semaforu

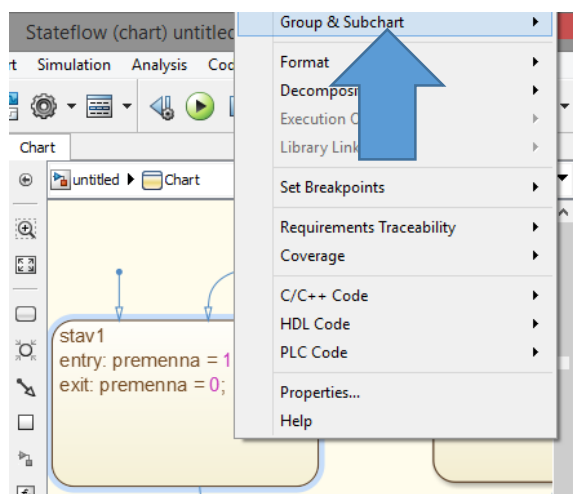


Obr. 21 Subsystem simulačného modelu semaforu v toolboxe Stateflow

Jednotlivé stavy sú tzv. „subcharty“. Teda obsahujú ďalšie stavy, ktorými semafor prechádza ak je v jednom z týchto dvoch hlavných stavov. Ich štruktúra v Stateflowe je na Obr. 22 a Obr. 23.

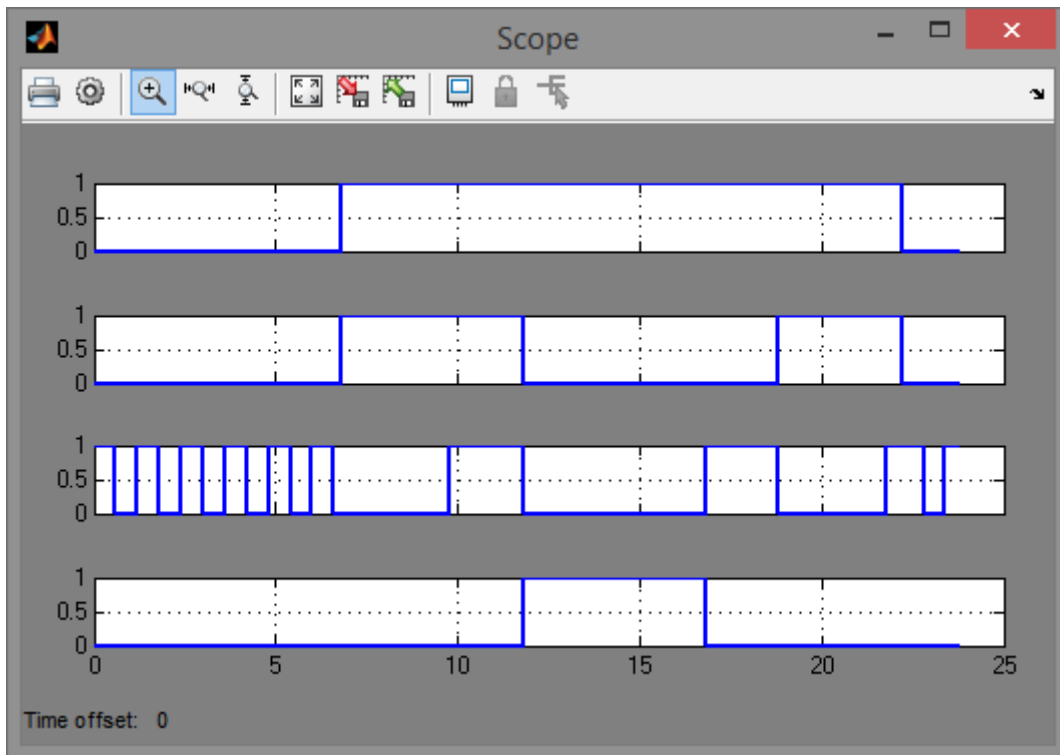
Obr. 22 Štruktúra "subchartu" *zapnuty* v simulačnom modeli semaforuObr. 23 Štruktúra "subchartu" *vypnuty* v simulačnom modeli semaforu

Pomôcka pre tento príklad: v toolboxe Stateflow vytvoríme „subchart“ kliknutím pravým tlačidlom myši na funkčný blok zobrazujúci stav (Obr. 24).



Obr. 24 Vytvorenie "subchartu"

Simulácia a vyhodnotenie modelu



Obr. 25 Priebeh simulácie modelu semaforu

Vrchný graf zobrazuje stav vypínača. Zvyšné tri sú priebehy jednotlivých farieb svetelných signálov zobrazovaných semaforom v poradí – červená, oranžová, zelená. Je zrejmé, že ak je vypínač vypnutý bliká oranžové svetlo. Ihneď po zapnutí vypínača začne semafor zobrazovať červené svetlo. V závislosti od času postupne prechádza všetkými stavmi, ktoré má podľa sformulovaného opisu nadobúdať ak je zapnutý. Ak vypneme vypínač znovu bliká iba oranžová. Simulácia nám potvrdila, že navrhnutý model semaforu vyhovuje matematickému opisu.