


9 Simulink

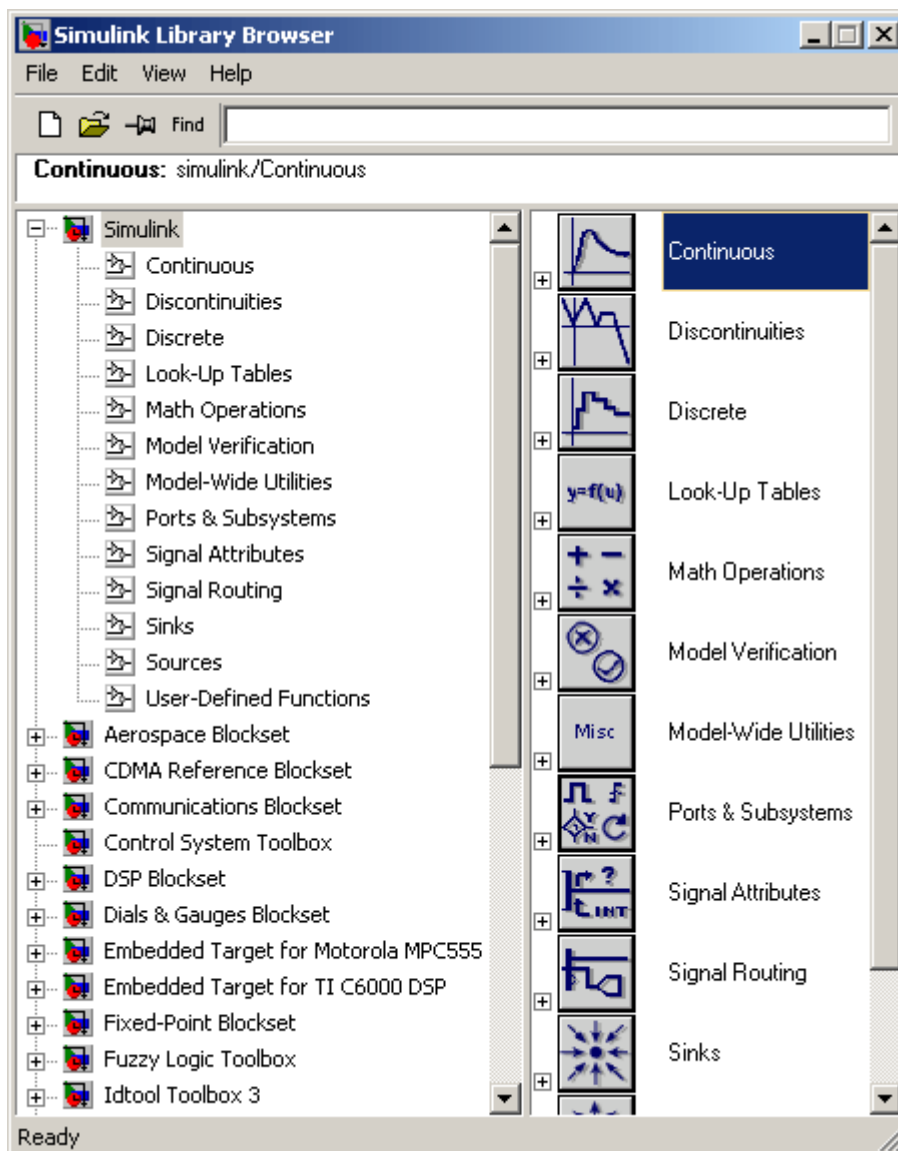
Simulink je program, ktorý využíva MATLAB a jeho funkcie na simuláciu dynamických systémov. Je mladší než MATLAB, jeho prvá verzia bola k dispozícii s MATLABom 4. Simulink má trochu iné užívateľské rozhranie než MATLAB. Zatiaľ čo v MATLABe je stále najdôležitejší príkazový riadok, ovládanie Simulinku je jednoduchšie a intuitívnejšie, ale pokročilejšie funkcie nie je možné vykonávať bez znalosti jazyka MATLAB. Do Simulinku možno vkladať, rovnako ako v MATLABe, časti napísané v jazyku C.

Základnou podmienkou pre spustenie Simulinku je spustený MATLAB.

Spustenie Simulinku:


- z príkazového riadku: príkaz `simulink`
- kliknutím na ikonu Simulinku na nástrojovej lište okna MATLABu 

Spustením Simulinku sa zobrazí okno (obr. 1) s knižnicami v ľavom stĺpci a zoznamom vybranej knižnice v pravom stĺpci. Stručný popis vybraného prvku je v hornej časti okna.




Obr. 1. Okno prehliadača knižníc (Library Browser - Simulink v. 5.0)

Otvorenie existujúceho modelu Simulinku (existujúcej schémy - štandardná koncovka .mdl):

- File->Open
- napísaním názvu modelu v príkazovom riadku MATLABu (bez koncovky .mdl)
- kliknutím na ikonu 

Otvorenie nového modelu Simulinku:

- File->New->Model
- kliknutím na ikonu 

9.1 Vytvorenie modelu

Presun a kopírovanie blokov

Vlastný model sa vytvára výberom bloku(ov) z knižníc a ich presunom do okna modelu myšou. Okrem presunu z knižnice je možné bloky v okne modelu kopírovať štandardným spôsobom (Copy->Paste) alebo duplikovaním (Ctrl + Drag&Drop).

Označovanie objektov

Označenie jedného objektu:

- kliknutím ľavého tlačítka myši (ĽK) na objekt

Označenie viacerých objektov:

- ĽK + vytvorenie obdĺžnika nad označovanými objektmi (ĽK + Drag Rectangle&Drop)
- Shift + ĽK na objekty, ktoré chceme vyznačiť

Označenie všetkých objektov:

- Edit->Select all
- Ctrl + A

Pomenovanie blokov

Po presune, resp. kopírovaní blokov je možné zadať parametre týchto blokov. Názov nového bloku sa nastaví automaticky tak, aby bol v rámci okna modelu jednoznačný. Zmena názvu sa vykoná dvojklikom na názov bloku.

Prepojovanie blokov (kreslenie čiar)

Výstup z jedného bloku môže byť pripojený na ľubovoľný počet vstupov iných blokov. Spojenie sa vykoná tak, že kurzor myši sa umiestni na značku vstupu, resp. výstupu bloku a pri stisnutom ľavom tlačítke sa kurzor premiestni na výstup, resp. vstup iného bloku a tlačítko sa pustí (Drag&Drop). V prípade väčšieho počtu pravouhlých zalomení je možné čiaru ukončiť bez ukončujúceho pripojenia a z tohto miesta vytvárať ďalšiu čiaru.

Novinka v Simulinku: prepojenie jedného bloku s druhým môžeme vykonať aj nasledujúcim spôsobom: ĽK na blok, z ktorého vystupuje prepojenie, potom stlačením **Ctrl** a ĽK na blok, do ktorého vstupuje prepojenie.

Prepojenie je možné rozdeliť pomocou **Ctrl + Drag&Drop**. **Shift + Drag&Drop** pridá nový bod.

Ďalšie operácie s objektmi

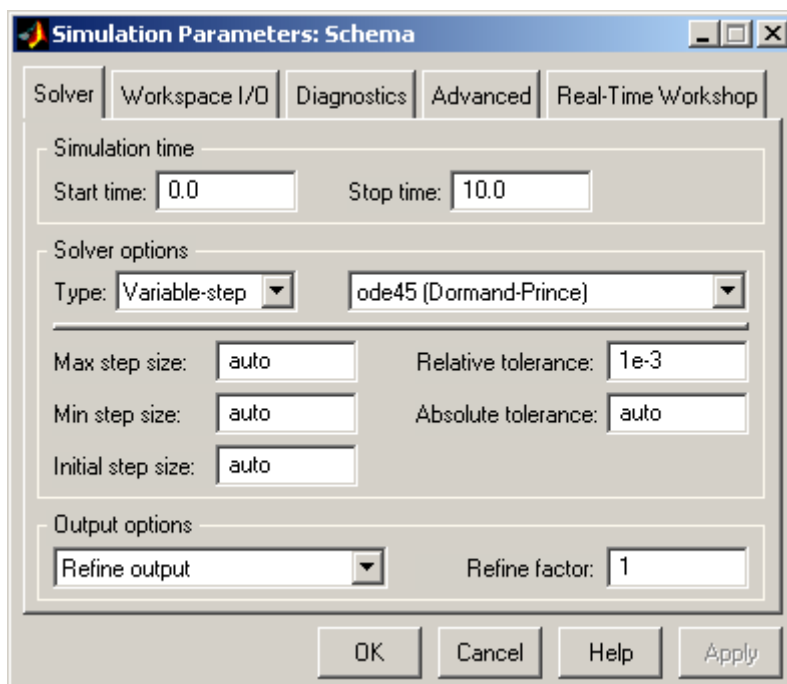
- presúvanie blokov s prepojeniami - označenie blokov + Drag&Drop
- mazanie - označenie objektu(ov) a **Edit->Clear** alebo **Delete**
- zmena orientácie (**Format->Flip block** alebo **Ctrl + I**, **Format->Rotate block** alebo **Ctrl + R**)
- zmena veľkosti - Drag&Drop
- odpojenie bloku - **Shift + Drag&Drop**

9.2 Spustenie modelu

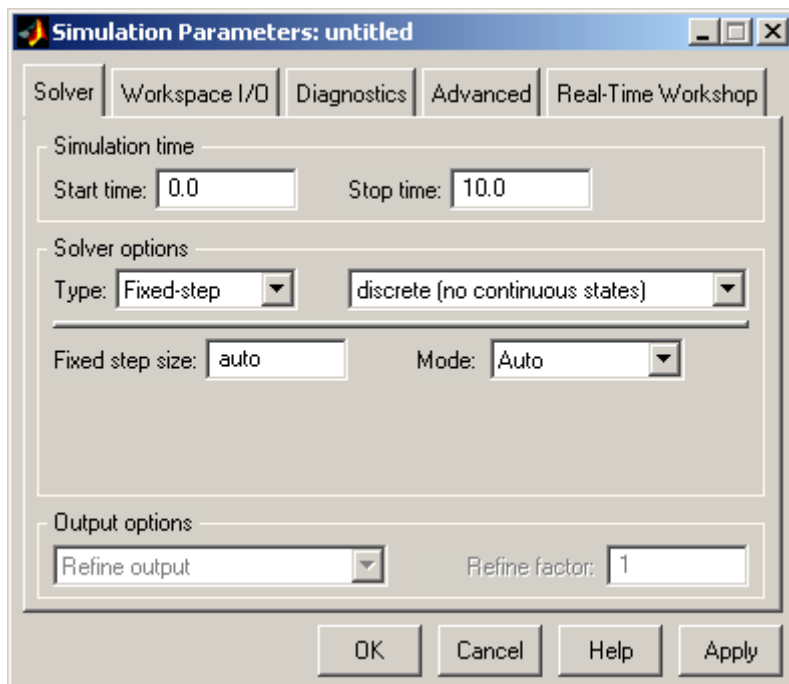
Po vytvorení modelu sa obvyčajne nastavujú základné parametre simulácie.

Parametre sa nastavujú prostredníctvom položky **Simulation->Simulation parameters ...** (alebo **Ctrl + E**) z hlavného menu okna modelu. Po otvorení tejto položky sa zobrazí okno (obr. 2.1, 2.2) so záložkami:

- Solver
- Workspace I/O
- Diagnostics
- Advanced
- Real-Time Workshop



Obr. 2.1. Okno parametrov simulácie - Solver/Variable-step

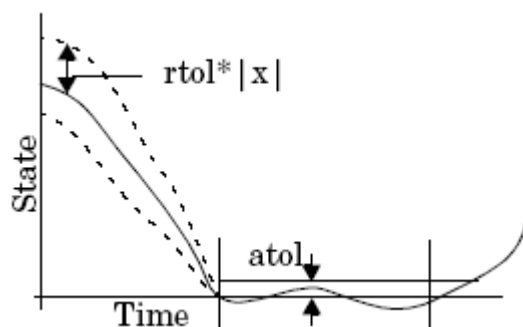


Obr. 2.2. Okno parametrov simulácie - Solver/Fixed-step

Záložka Solver

V tejto záložke je možné:

- nastaviť čas simulácie (Start time a Stop time)
- zvoliť riešiteľa a špecifikovať jeho parametre (Variable-step continuous solvers/discrete solver alebo Fixed-step continuous solvers/discrete solver); default: ode45 (pre spojité), discrete (pre diskrétny)
- nastaviť presnosti: relatívnu (Relative tolerance) a absolútnu (Absolute tolerance) Chyba pre i -ty stav (e_i) musí spĺňať podmienku: $e_i \leq \max(\text{rtol} \times |x_i|, \text{atol}_i)$
- nastaviť minimálny, maximálny krok

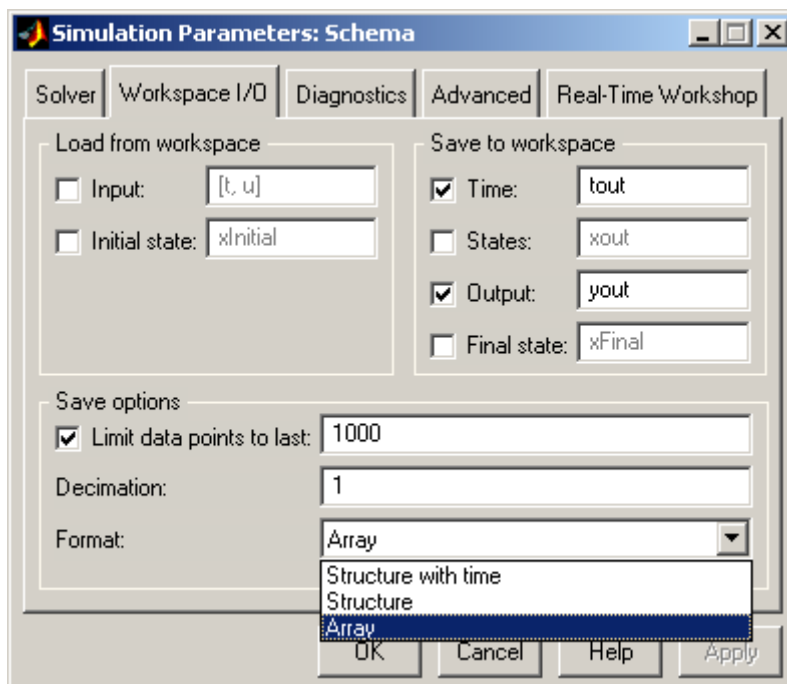


Obr. 2.3. Pribeh stavu a oblasti

Záložka Workspace I/O

Nastavenia v tejto záložke sa týkajú možnosti napojenia na pracovný priestor MATLABu. Je možné predpísať,

- že sa majú preberať počiatočné stavy, požadované okamžiky výpočtu a priebehy vstupných a veličín z premenných v pracovnom priestore MATLABu.
- že vybrané vypočítané veličiny sa majú ukladať do predpísaných premenných MATLABu a v akom formáte (obr. 3). Premenné `tout`, `xout`, `yout` môžu byť obmedzené na posledných n hodnôt (Limit data points to last: 1000, $n=1000$). Ďalej môže byť obmedzený ich počet: Decimation: 1 => uložené sú všetky hodnoty, Decimation: 2 => uložená je každá druhá hodnota, Decimation: n => uložená je každá n -tá hodnota. Ďalej môžu byť uvedené premenné (`+xFinal`) uložené v rôznych formátoch (Format: Structure with time, Structure, Array).

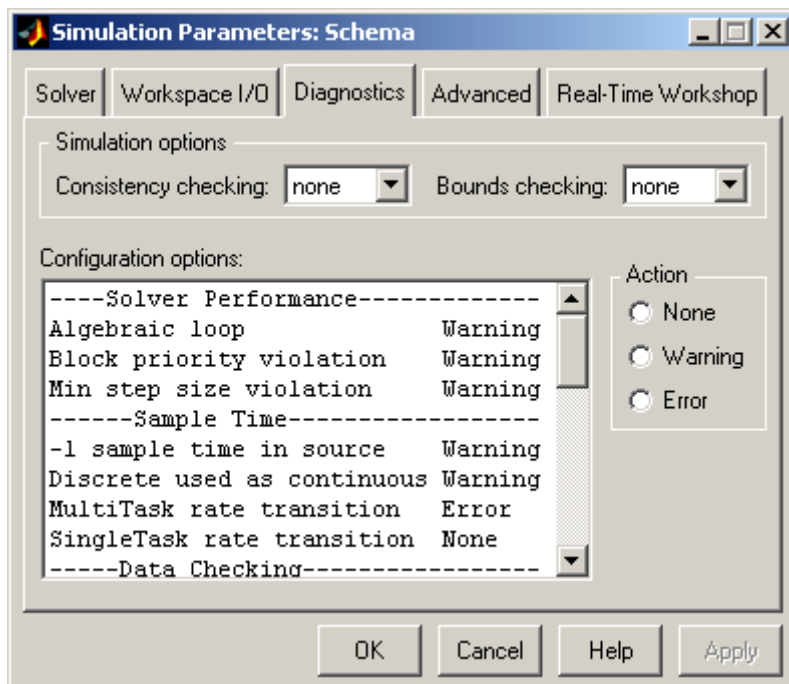


Obr. 3. Okno parametrov simulácie - Workspace I/O

Záložka Diagnostics

Voľby pod záložkou Diagnostics (obr. 4) umožňujú nastaviť, ktoré z 17 kontrolovaných druhov chýb či udalostí majú vyvolať hlásenie a na akej úrovni. Možné úrovne hlásení sú

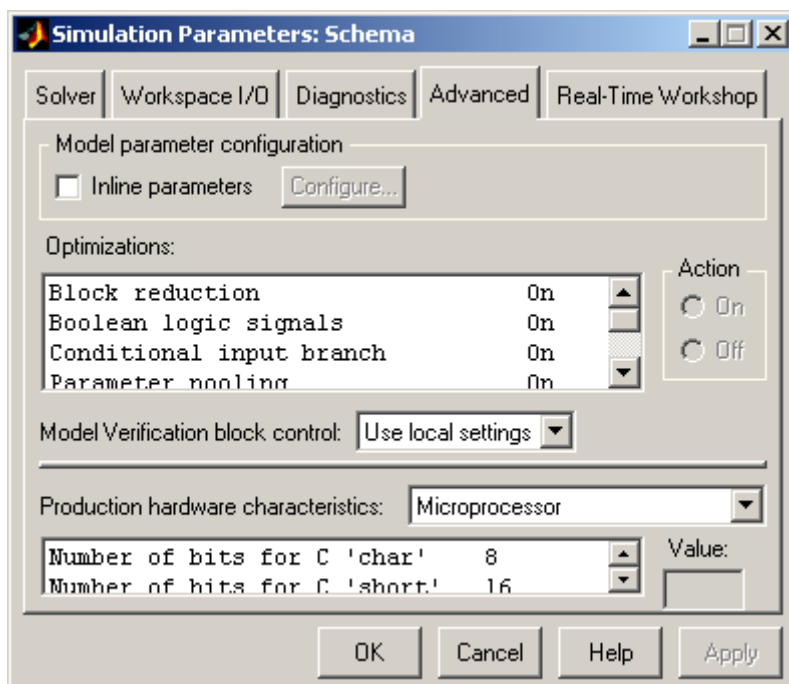
- None (N) - nekontroluje
- Warning (W) - vypíše sa (do príkazového riadku MATLABu) hlásenie, ale výpočet pokračuje
- Error (E) - vypíše sa hlásenie a výpočet sa zastaví



Obr. 4. Okno parametrov simulácie - Workspace I/O

Záložka Advanced

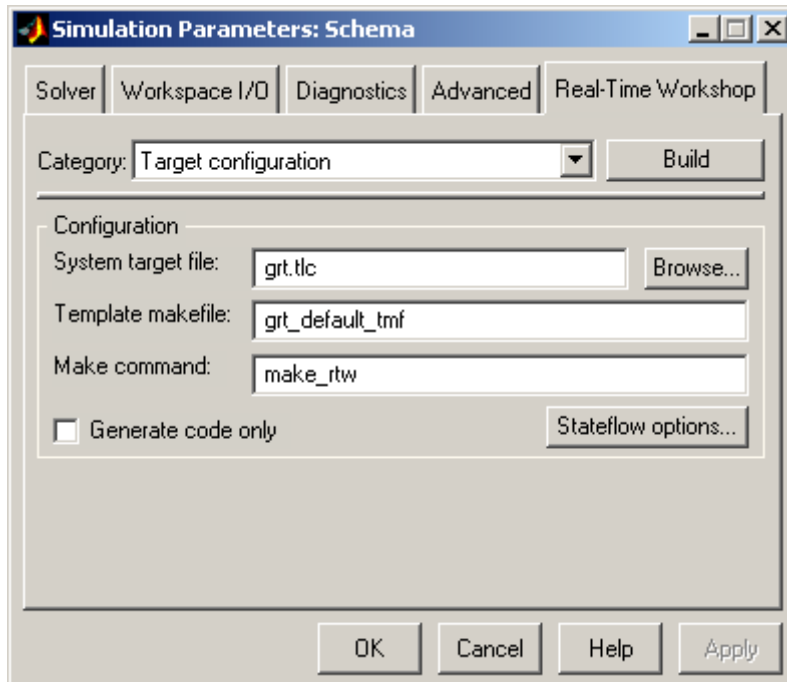
Pod touto záložkou (obr. 5) sa skrývajú nastavenia vzťahujúce sa k optimalizácii výpočtu.



Obr. 5. Okno parametrov simulácie - Workspace I/O

Záložka Real-Time Workshop

Pod touto záložkou (obr. 5) sa skrývajú nastavenia vzťahujúce sa k aplikáciám v reálnom čase. Táto záložka sa zobrazí iba v prípade, ak je nainštalovaný toolbox Real-Time Workshop.




Obr. 6. Okno parametrov simulácie - Real-Time Workshop

Spustenie simulácie modelu

Spustenie je možné:

- prostredníctvom položky *Simulation->Start*
- klávesovou skratkou **Ctrl + T**
- kliknutím na ikonu 

Ukončenie je možné:

- prostredníctvom položky *Simulation->Stop*
- klávesovou skratkou **Ctrl + T**
- kliknutím na ikonu 

Prerušenie je možné:

- prostredníctvom položky *Simulation->Pause*
- kliknutím na ikonu 

Spustenie simulácie modelu z príkazového riadku

Spustenie simulácie modelu z príkazového riadku umožňuje príkaz/funkcia `sim`.

Syntax funkcie: `sim('model')`

Úplný zápis funkcie: `[T,X,Y] = sim('model',TIMESPAN,OPTIONS,UT)`, kde

- `T` je vektor času
- `X` sú stavy vo formáte matice alebo štruktúry
- `Y` je výstup vo formáte matice alebo štruktúry
- `'model'` je názov modelu
- `TIMESPAN` môže obsahovať jednu z nasledujúcich možností:
 - `TFinal` - doba simulácie (štart je v čase 0)
 - `[TStart TFinal]` - čas začiatku a konca simulácie
 - `[TStart OutputTimes TFinal]` - `OutputTimes` - časove okamihy, ktoré budú vrátené v `T`
- `OPTIONS` - nepovinné/voliteľné parametre simulácie. Jedná sa o štruktúru vytvorenú pomocou funkcie `simset` (`OPTIONS = simset('vlastnosť1', 'hodnota1', ... 'vlastnosťn', 'hodnotan')`). Zoznam vlastností: `help simset`. Podobne ako na nastavenie vlastností - `simset`, existuje aj príkaz na výpis aktuálnych vlastností - `simget`.
- `UT` - nepovinné/voliteľné externé vstupy. `UT = [T, U1, ... Un]`, kde `T = [t1, ..., tm]` ' ...

Ak bude argument (na pravej strane funkcie) nastavený ako prázdna matica (`[]`), potom bude použité predvolené nastavenie pre daný argument. Iba prvý parameter je nutný ('model').

Príklad 9.1: Súbor `vdp.mdl`

```
Model {
    Name                "vdp"
    Version              5.0
    SaveDefaultBlockParams on
    SampleTimeColors    off
    LibraryLinkDisplay  "none"
    WideLines           off
    ShowLineDimensions  off
    ShowPortDataTypes  off

    ...

    StartTime          "0.0"
    StopTime           "10.0"
    MaxOrder           5
    MaxStep            "auto"
    MinStep            "auto"
    MaxNumMinSteps    "-1"
```



```
InitialStep          "auto"
FixedStep            "auto"
RelTol               "1e-3"
AbsTol               "auto"
OutputOption         "RefineOutputTimes"
OutputTimes          "[]"
Refine                "1"
LoadExternalInput    off

...

OutputSaveName       "yout"
SaveFinalState       off
FinalStateName        "xFinal"
SaveFormat            "Array"
Decimation            "1"
LimitDataPoints       off
MaxDataPoints         "1000"

...

}
```

Príklad 9.2:

```
% Model vdp.mdl

[t,x,y] = sim('vdp')
[t,x,y] = sim('vdp',[],simset('Decimation',2));

[t,x,y] =
sim('vdp',1000,simset('FinalStateName','xState','MaxDataPoints',2000));
```