Cvičení 7 – diskrétní systémy

Modelování systémů a procesů

Lucie Kárná

karna@fd.cvut.cz

April 9, 2018

Nastavení pro diskrétní simulace

Pokud Simulink poběží ve „spojitém“ režimu s proměnným časovým krokem, nebude výsledek simulace odpovídat tomu, co bychom měli obdržet s pevným krokem T.

Při každé “diskrétní” simulaci je nutné správně nastavit parametry simulace.

Nastavení pro diskrétní simulace

Pokud Simulink poběží ve „spojitém“ režimu s proměnným časovým krokem, nebude výsledek simulace odpovídat tomu, co bychom měli obdržet s pevným krokem T.
Při každé “diskrétní” simulaci je nutné správně nastavit parametry simulace.

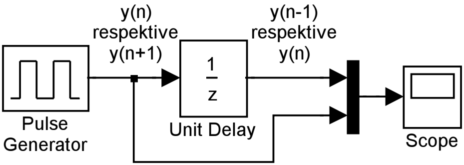
Parametry simulace pro diskrétní modely:

- `Solver options/Type` → *Fixed-step*
- `Solver options/Solver` → *discrete*
- `Fixed-step time` → 1

Blok Jednotkové zpoždění

Blok Discrete $\rightarrow$ Unit Delay

- zpožďuje navzorkovanou hodnotu v čase o jednotku
- vstup $y[n] \Rightarrow$ výstup $y[n-1]$
- vstup $y[n+1] \Rightarrow$ výstup $y[n]$.
- počáteční podmínka v parametrech bloku



Diskrétní vnitřní popis

Příklad 1

Systém druhého řádu

$$x_1[n+1] = -x_2[n] + 2\,u[n]$$
$$x_2[n+1] = 1/2 \cdot x_1[n]$$

rovnice pro výstup $y[n] = -x_2[n]$
počáteční podmínky
$x_1[0] = 1,\ x_2[0] = -5$
vstup $u[n] = \mathbf{1}[n]$

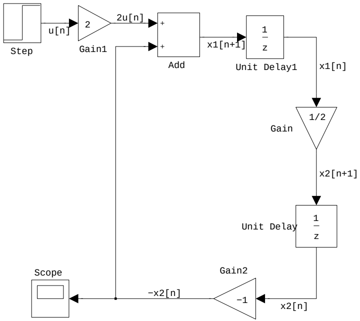
Diskrétní vnitřní popis

Příklad 1

Systém druhého řádu

$$x_1[n+1] = -x_2[n] + 2\,u[n]$$
$$x_2[n+1] = 1/2 \cdot x_1[n]$$

rovnice pro výstup $y[n] = -x_2[n]$
počáteční podmínky
$x_1[0] = 1,\ x_2[0] = -5$
vstup $u[n] = \mathbf{1}[n]$



Blok Discrete state space

$$\begin{aligned} \mathbf{x}[n+1] &= \mathbf{M}\mathbf{x}[n] + \mathbf{N}\mathbf{u}[n], \\ \mathbf{y}[n] &= \mathbf{C}\mathbf{x}[n] + \mathbf{D}\mathbf{u}[n] \end{aligned}$$

Blok Discrete state space

$$\mathbf{x}[n+1] = \mathbf{M}\mathbf{x}[n] + \mathbf{N}\mathbf{u}[n],$$
$$\mathbf{y}[n] = \mathbf{C}\mathbf{x}[n] + \mathbf{D}\mathbf{u}[n]$$

Příklad 1 – maticový tvar

$$\vec{x}[n+1] = \begin{pmatrix} 0 & -1 \\ \frac{1}{2} & 0 \end{pmatrix} \vec{x}[n] + \begin{pmatrix} 2 \\ 0 \end{pmatrix} u[n]$$

$$y[n] = \begin{pmatrix} 0 & -1 \end{pmatrix} \vec{x}[n], \qquad \vec{x}[0] = \begin{pmatrix} 1 \\ -5 \end{pmatrix}$$

Diskrétní vnější popis

Příklad 2

Systém druhého řádu, popsaný diferenční rovnicí

$$y[n+2] - \frac{1}{2}y[n+1] + \frac{1}{4}y[n] = \mathbf{1}[n]$$

s počátečními podmínkami $y[0] = -1$ a $y[1] = 1$.

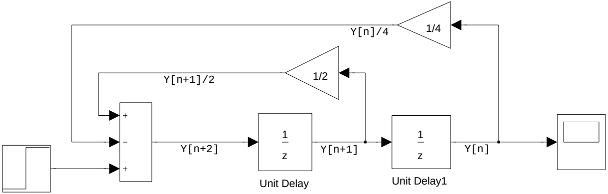
Diskrétní vnější popis

Příklad 2

Systém druhého řádu, popsaný diferenční rovnicí

$$y[n+2] - \frac{1}{2}y[n+1] + \frac{1}{4}y[n] = \mathbf{1}[n]$$

s počátečními podmínkami $y[0] = -1$ a $y[1] = 1$.



Příklad 2 - pokračování

$y[n+2] - \frac{1}{2}y[n+1] + \frac{1}{4}y[n] = \mathbf{1}[n]$,
počáteční podmínky $y[0] = -1$ a $y[1] = 1$.

Příklad 2 - pokračování

$y[n+2] - \frac{1}{2}y[n+1] + \frac{1}{4}y[n] = \mathbf{1}[n]$,
počáteční podmínky $y[0] = -1$ a $y[1] = 1$.

Převedeno na vnitřní popis

$$\begin{pmatrix} x_1[n+1] \\ x_2[n+1] \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{1}{4} & \frac{1}{2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1[n] \\ x_2[n] \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} u[n]$$

$$y[n] = \begin{pmatrix} 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1[n] \\ x_2[n] \end{pmatrix}, \qquad \begin{pmatrix} x_1[0] \\ x_2[0] \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

Výstup do proměnných

Uložení výstupu simulace

- do souboru – blok `Sinks` $\rightarrow$ `To File`
- do proměnné – blok `Sinks` $\rightarrow$ `To Workspace`

Výstup do proměnných

Uložení výstupu simulace

- do souboru – blok `Sinks` $\rightarrow$ `To File`
- do proměnné – blok `Sinks` $\rightarrow$ `To Workspace`

Blok `To Workspace` – nastavení

- název proměnné (implicitně `simout`)
- formát dat (*Save format*)
  - `Timeseries` – časová řada
  - `Array` – pole hodnot; kromě proměnné ukládá zvlášť i hodnoty času (v `tout`)

Lorenzův atraktor

Rovnice

$$
\begin{aligned}
x'(t) &= -a\,x(t) + b\,y(t)\\
y'(t) &= b\,x(t) - y(t) - x(t)z(t)\\
z'(t) &= c\,z(t) + x(t)y(t)
\end{aligned}
$$

```
» scatter3(simout(:,1),simout(:,2),simout(:,3));
```

Lorenzův atraktor

Rovnice

$$
\begin{aligned}
x'(t) &= -a\,x(t) + b\,y(t)\\
y'(t) &= \quad b\,x(t) - \quad y(t) - x(t)z(t)\\
z'(t) &= \quad c\,z(t) + x(t)y(t)
\end{aligned}
$$

Počáteční podmínky

$x(0) = 1, \quad y(0) = 1, \quad z(0) = 0$

Parametry

např.
$a = 5$ nebo 10,
b mezi 10 a 40,
$c = 3$

```
» scatter3(simout(:,1),simout(:,2),simout(:,3));
```

Lorenzův atraktor

Rovnice

$$
\begin{aligned}
x'(t) &= -a\,x(t) + b\,y(t) \\
y'(t) &= \quad b\,x(t) - \quad y(t) - x(t)z(t) \\
z'(t) &= \quad c\,z(t) + x(t)y(t)
\end{aligned}
$$

Počáteční podmínky

$x(0) = 1, \quad y(0) = 1, \quad z(0) = 0$

Nastavení simulace

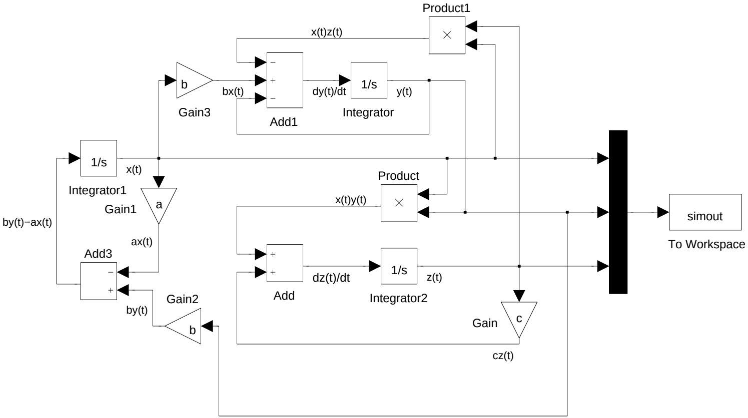
`Stop time` = 1
`Fixed step`
`Step size` = 0.001

Parametry

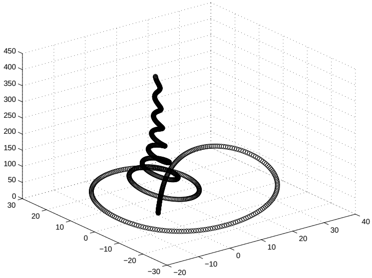
např.
$a = 5$ nebo 10,
b mezi 10 a 40,
$c = 3$

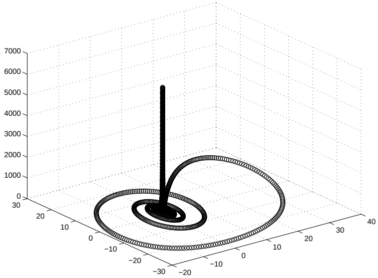
```
» scatter3(simout(:,1),simout(:,2),simout(:,3));
```

Simulinkový model



Výsledek pro $a = 10$, $b = 28$






The End