

Cvičení 7 – diskrétní systémy

Modelování systémů a procesů

Lucie Kárná

karna@fd.cvut.cz

April 7, 2020

Cvičení 7 – 1. díl

- 1 Modelování diskrétních systémů
 - Nastavení parametrů simulace
 - Blok Unit Delay
- 2 Vnitřní a vnější popis diskrétních systémů
- 3 Výstup do proměnných
- 4 Lorenzův atraktor

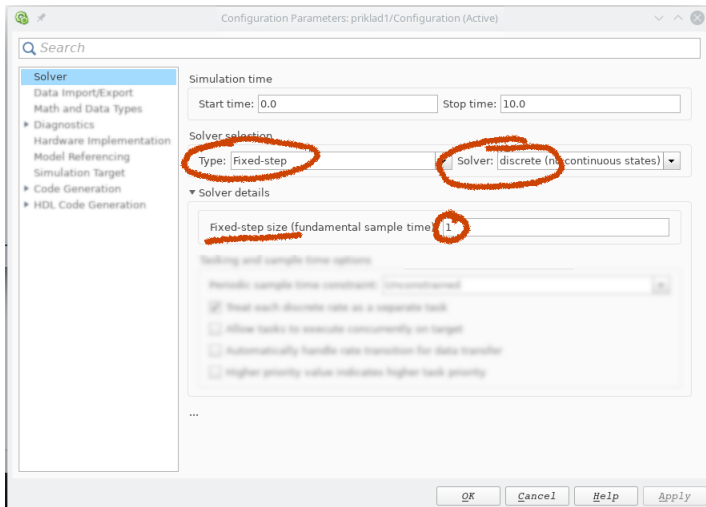
Nastavení pro diskrétní simulace

- pokud Simulink poběží ve „spojitém“ režimu s proměnným časovým krokem, nebude výsledek simulace odpovídat tomu, co bychom měli obdržet s pevným krokem $T = 1$
- 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 size → 1

Snímek okna pro nastavení parametrů simulace



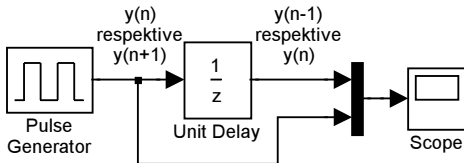
Cvičení 7 – 2. díl

- 1 Modelování diskrétních systémů
 - Nastavení parametrů simulace
 - Blok Unit Delay
- 2 Vnitřní a vnější popis diskrétních systémů
- 3 Výstup do proměnných
- 4 Lorenzův atraktor

Blok Jednotkové zpoždění

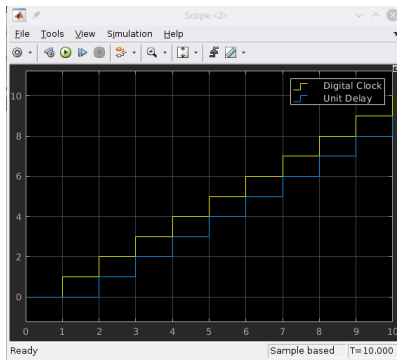
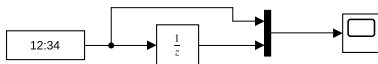
Blok Discrete → Unit Delay

- 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



Jak funguje Unit Delay

Příklad: posloupnost $f[n] = n$



Cvičení 7 – 3. díl

- 1 Modelování diskrétních systémů
- 2 Vnitřní a vnější popis diskrétních systémů
 - Vnitřní popis diskrétního systému
 - Vnější popis diskrétního systému
- 3 Výstup do proměnných
- 4 Lorenzův atraktor

Diskrétní systém – vnitřní popis

Příklad 1

Systém druhého řádu

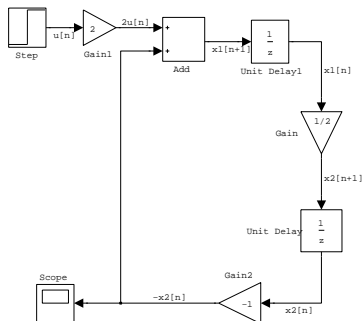
$$x_1[n+1] = -x_2[n] + 2u[n]$$

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

rovnice pro výstup $y[n] = -x_2[n]$

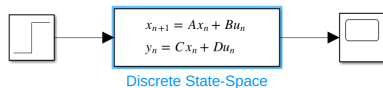
počáteční podmínky

$$x_1[0] = 1, x_2[0] = -5$$

vstup $u[n] = 1[n]$ 

Blok Discrete → Discrete state space

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



Příklad 1 – maticový tvar

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

$$y[n] = (0 \quad -1) \vec{x}[n], \quad \vec{x}[0] = \begin{pmatrix} 1 \\ -5 \end{pmatrix}$$

Cvičení 7 – 4. díl

- 1 Modelování diskrétních systémů
- 2 Vnitřní a vnější popis diskrétních systémů
 - Vnitřní popis diskrétního systému
 - Vnější popis diskrétního systému
- 3 Výstup do proměnných
- 4 Lorenzův atraktor

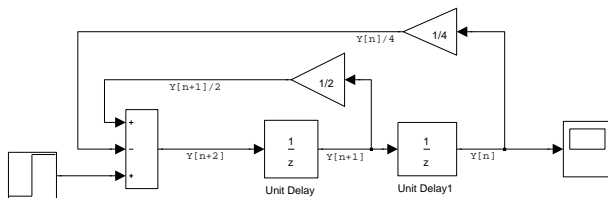
Diskrétní systém – vnější popis

Příklad 2

Systém druhého řádu, popsany diferencní rovnicí

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

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 $y[1] = 1$.

Převáděno na vnitřní popis

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

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

Cvičení 7 – 5. díl

- 1 Modelování diskrétních systémů
- 2 Vnitřní a vnější popis diskrétních systémů
- 3 Výstup do proměnných**
- 4 Lorenzův atraktor

Výstup do proměnných

Uložení výstupu simulace

- do souboru – blok Sinks → To File
- do proměnné – blok Sinks → 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)

Cvičení 7 – 6. díl

- 1 Modelování diskrétních systémů
- 2 Vnitřní a vnější popis diskrétních systémů
- 3 Výstup do proměnných
- 4 Lorenzův atraktor**

Lorenzův atraktor

Rovnice

$$\begin{aligned}x'(t) &= -ax(t) + by(t) \\y'(t) &= bx(t) - y(t) - x(t)z(t) \\z'(t) &= cz(t) + x(t)y(t)\end{aligned}$$

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 ,
 $c = 3$

```
» plot3(simout(:,1),simout(:,2),simout(:,3))  
» scatter3(simout(:,1),simout(:,2),simout(:,3));
```


Výsledky pro různé hodnoty parametrů

