

# Cvičení 7 – diskrétní systémy

## Modelování systémů a procesů

Lucie Kárná

karna@fd.cvut.cz

April 9, 2018

- 1 Modelování diskrétních systémů
- 2 Diskrétní vnitřní a vnější popis
- 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  $T$ .

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

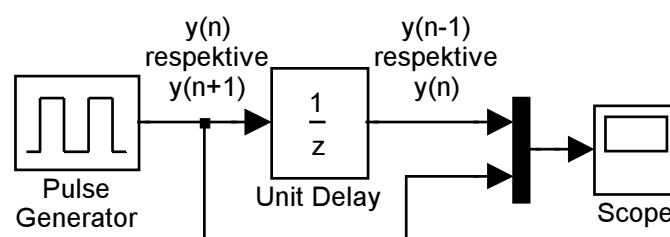
### Parametry simulace pro diskrétní modely:

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

## Blok Jednotkové zpoždění

### Blok Discrete → 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

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

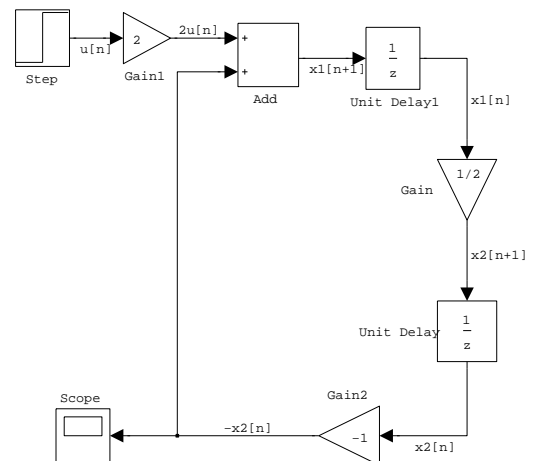
$$x_2[n + 1] = 1/2 \cdot x_1[n]$$

rovnice pro výstup  $y[n] = -x_2[n]$ 

počáteční podmínky

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

$$\text{vstup } u[n] = 1[n]$$



## Blok Discrete state space

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

$$\mathbf{y}[n] = \mathbf{C}\mathbf{x}[n] + \mathbf{D}u[n]$$

## Příklad 1 – maticový tvar

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

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

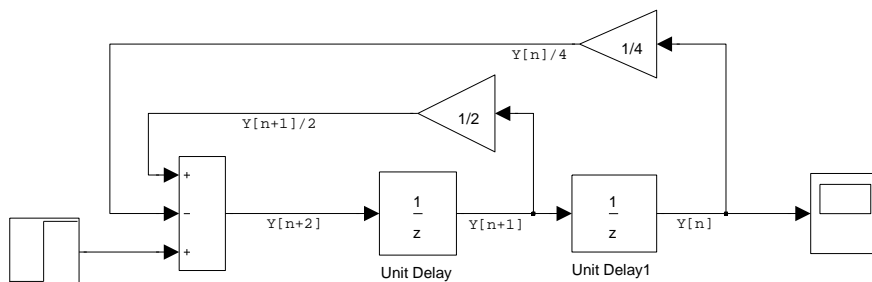
## Diskrétní vnější popis

## 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

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

počáteční podmínky  $y[0] = -1$  a  $y[1] = 1$ .

Převáděno na vnitřní popis

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

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

## 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`)

## 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

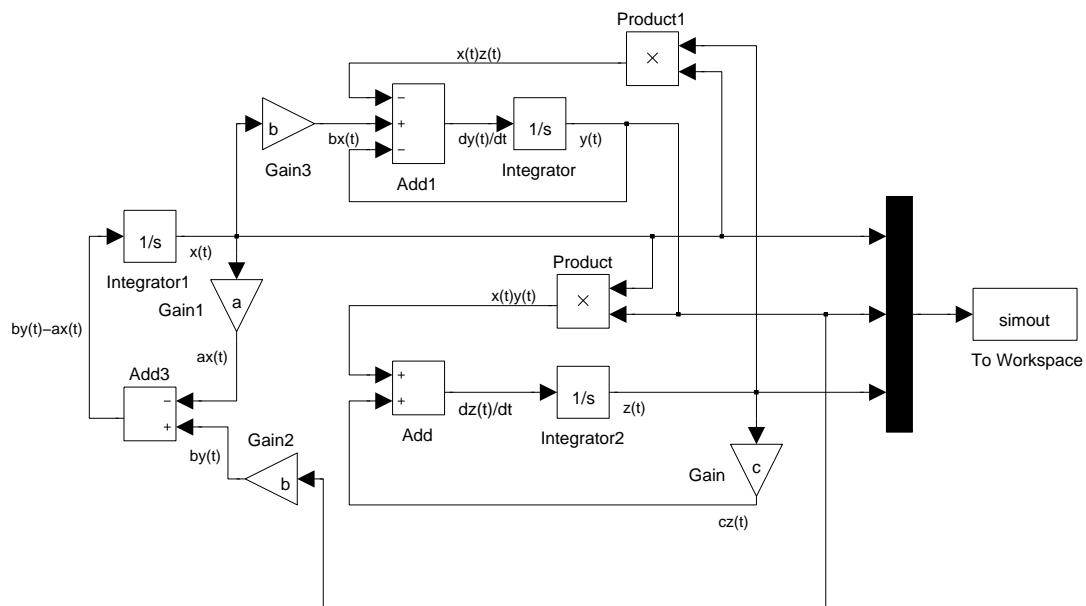
Stop time = 1  
Fixed step  
Step size = 0.001

### Parametry

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

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

## Simulinkový model

Výsledek pro  $a = 10$ ,  $b = 28$ 