

1.) Kytke järjestelmät

$$\begin{aligned} \dot{x} &= -x + u & \text{ja} & & \dot{z} &= v \\ y &= x & & & w &= 3z - v \end{aligned}$$

- a) sarjaan kytketyksi järjestelmäksi ja esitä näin saadun järjestelmän tilaesitys. (4p)  
b) takaisinkytketyksi järjestelmäksi ja esitä näin saadun järjestelmän tilaesitys. (4p)

2.) Selvitä menetelmiä, joiden avulla fysikaalisen mallinnuksen tuloksena saatavaa mahdollista monimutkaista mallia voidaan yksinkertaistaa? (6p)

3.) Systeemiä voidaan kuvata seuraavalla tilaesityksellä. (4p)

$$\begin{aligned} \dot{x} &= ax + bu \\ y &= cx \end{aligned}$$

Mikä on tilan  $x$  arvo tasapainotilassa, kun ohjaus on  $u_0$ ?

4.) Fysikaalisen mallinnuksen vaiheet pääkohdittain (6p)

5.) Heilurin liikettä voidaan kuvata seuraavalla differentiaaliyhtälöllä

$$\ddot{x} + 0.03\dot{x}|\dot{x}| + 4\pi^2 \sin(x) = 0$$

Piirrä Simulink-simulaattori, jonka ulostulona heilahduskulma  $x$ . (6p)

Huom !

Litteenä Simulink-lohkot.

TENTISSÄ EI SAA KÄYTTÄÄ LASKINTA, SANAKIRJAA TAI MUITA APUVÄLINEITÄ

**Simulink Library Browser**

File Edit View Help

- Simulink
  - Continuous
  - Discontinuities
  - Discrete
  - Look-Up Tables
  - Math Operations
  - Model Verification
  - Model-Wide Utilities
  - Ports & Subsystems
  - Signal Attributes
  - Signal Routing
  - Sinks
  - Sources
  - User-Defined Functions

- $du/dt$  Derivative
- $\frac{1}{s}$  Integrator
- $x' = Ax + Bu$   
 $y = Cx + Du$  State-Space
- $\frac{1}{s+1}$  Transfer Fcn
- Transport Delay
- Variable Transport Delay
- $\frac{(s-1)}{s(s+1)}$  Zero-Pole

**Simulink Library Browser**

File Edit View Help

- Simulink
  - Continuous
  - Discontinuities
  - Discrete
  - Look-Up Tables
  - Math Operations
  - Model Verification
  - Model-Wide Utilities
  - Ports & Subsystems
  - Signal Attributes
  - Signal Routing
  - Sinks
  - Sources
  - User-Defined Functions
- Control System Toolbox
  - DSP Blockset
  - Fixed-Point Blockset
  - Fuzzy Logic Toolbox
  - Neural Network Blockset

- $|u|$  Abs
- $\text{solve}(f(z)) = 0$  Algebraic Constraint
- $U1 \rightarrow Y$   
 $U2 \rightarrow Y(E)$  Assignment
- Bitwise Logical Operator
- Combinatorial Logic
- Complex to Magnitude-Angle
- Complex to Real-Imag
- $\cdot$  Dot Product
- $1$  Gain
- AND Logical Operator
- Magnitude-Angle to Complex
- $e^u$  Math Function
- Matrix Concatenation
- $\begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix}$  Matrix Gain
- min MinMax
- $P(u)$   
 $O(P) = 5$  Polynomial
- $\times$  Product
- Real-Imag to Complex
- $\leq$  Relational Operator
- $U( : )$  Reshape
- floor Rounding Function
- Sign
- $1$  Slider Gain
- $\oplus$  Sum
- sin Trigonometric Function

**Simulink Library Browser**

File Edit View Help

- Simulink
  - Continuous
  - Discontinuities
  - Discrete
  - Look-Up Tables
  - Math Operations
  - Model Verification
  - Model-Wide Utilities
  - Ports & Subsystems
  - Signal Attributes
  - Signal Routing
  - Sinks
  - Sources
  - User-Defined Functions
- Control System Toolbox
  - DSP Blockset

- Backlash
- Coulomb & Viscous Friction
- Dead Zone
- Hit Crossing
- Quantizer
- Rate Limiter
- Relay
- Saturation

**Simulink Library Browser**

- Band-Limited White Noise
- Chirp Signal
- Clock
- Constant
- 12:34 Digital Clock
- simin From Workspace
- untitled.mat From File
- Ground
- In1
- Pulse Generator
- Ramp
- Random Number
- Repeating Sequence
- Signal Generator
- Signal Builder
- Sine Wave
- Step
- Uniform Random Number

**Simulink Library Browser**

File Edit View Help

- Simulink
  - Continuous
  - Discontinuities
  - Discrete
  - Look-Up Tables
  - Math Operations
  - Model Verification
  - Model-Wide Utilities
  - Ports & Subsystems
  - Signal Attributes
  - Signal Routing
  - Sinks
  - Sources
  - User-Defined Functions
- Control System Toolbox
  - DSP Blockset
  - Fixed-Point Blockset

- Display
- Floating Scope
- Out1
- Scope
- STOP Stop Simulation
- Terminator
- untitled.mat To File
- simout To Workspace
- XY Graph