Simulink e Diagramas de Blocos

Vilma A. Oliveira

USP São Carlos

Aula 1c

Colaboradores

Elmer Alexis Gamboa Peñaloza
Rodolpho Vilela Alves Neves
Rafael Fernando Quirino Magossi
Rafael Mariano

Introdução

Esta aula é para ser ministrada de forma interativa utilizando um microcomputador com o aplicativo Matlab instalado. Tem por objetivo apresentar aos alunos o ambiente e funções básicas do Simulink. Na apresentação encontram-se diversos exercícios a serem resolvidos em sala sob a supervisão da professora ou professor.

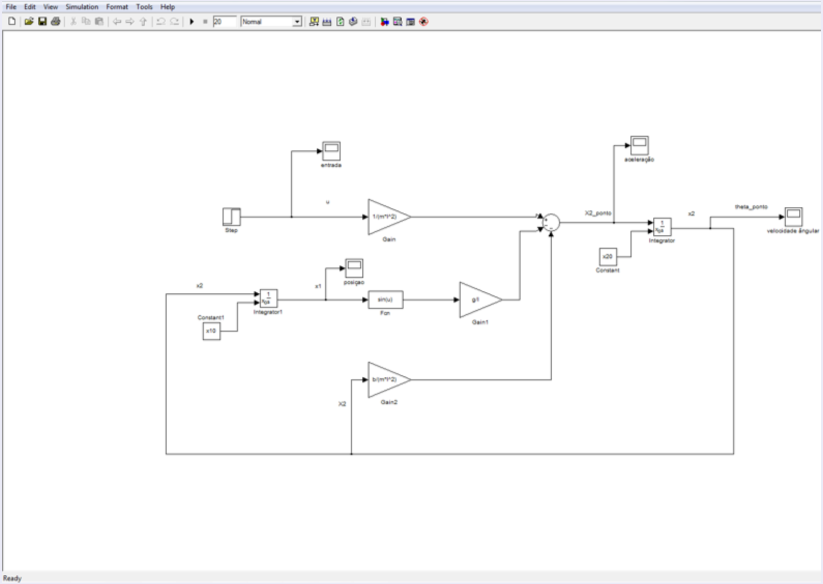
Simulink e diagramas de bloco

Simulink é um aplicativo do Matlab. Simulink permite criar diagrama de blocos, análise de modelos e contrução de funções.

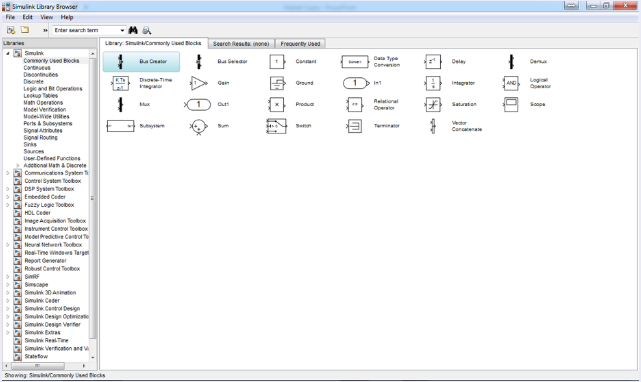
Para acessar o Simulink digite:

» simulink

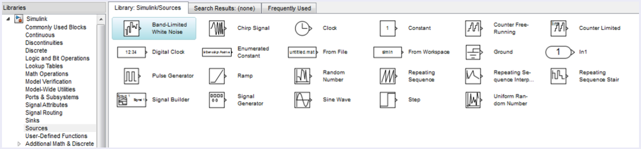
Editor do Simulink



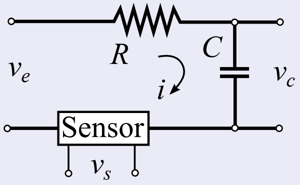
Biliotecas do Simulink: blocos largamente usados



Biliotecas do Simulink: sources



Equações de um circuito RC simples



$$v_c = \frac{1}{C}\int i dt, \text{ então } \frac{dv_c}{dt} = \frac{i}{C},$$

$$i = \frac{v_e - v_c}{R}$$

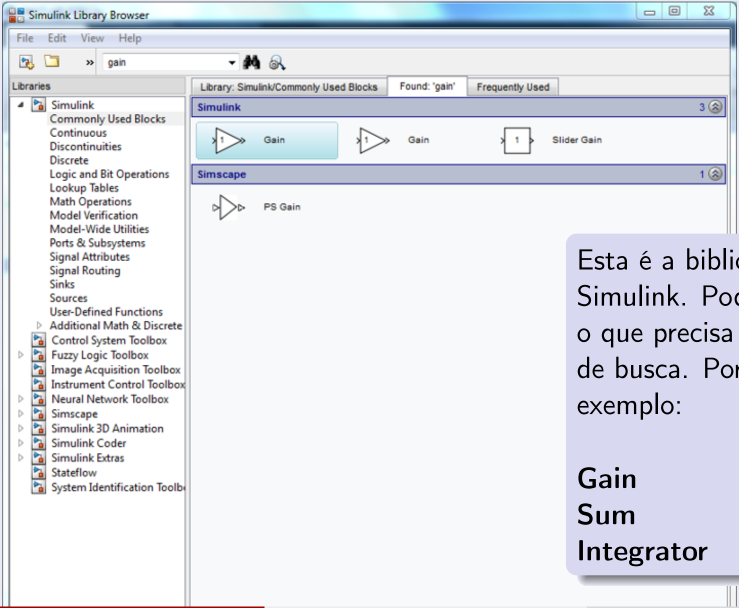
$$\frac{dv_c}{dt} = \frac{v_e - v_c}{RC}$$

Escolhendo $x_1 = v_c$, $\dot{x}_1 = \dfrac{dv_c}{dt}$, $y = v_s = \alpha i$ e $u = v_e$:

$$\dot{x}_1 = -\frac{x_1}{RC} + \frac{u}{RC}$$

$$y = -\frac{\alpha x_1}{R} + \frac{\alpha u}{R}$$

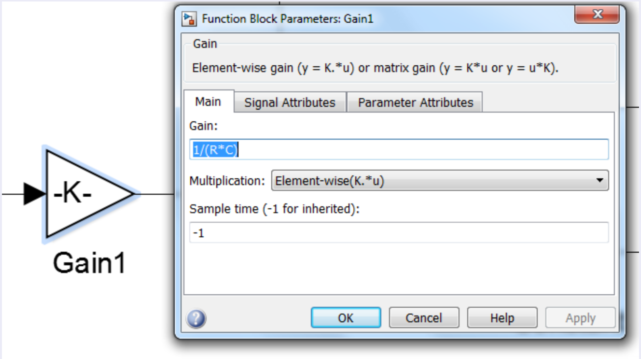
Circuito RC simples



Esta é a biblioteca Simulink. Pode digitar o que precisa na caixa de busca. Por exemplo:

Gain
Sum
Integrator

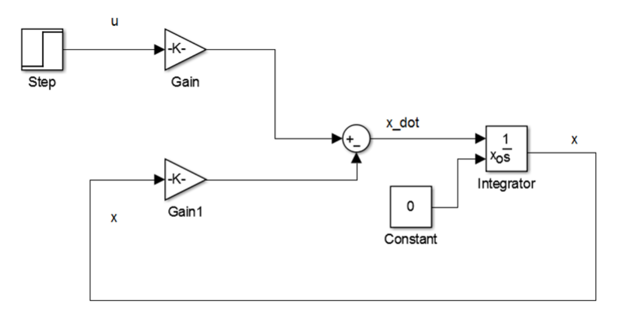
Circuito RC simples: bloco ganho



Circuito RC simples

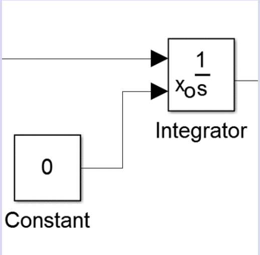
$$\dot{x}_1 = -\frac{x_1}{RC} + \frac{u}{RC}$$

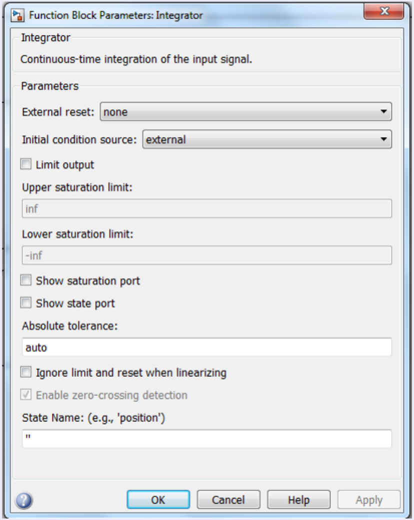
Para criar a primeira equação, pode usar:



Circuito RC simples

Para usar o integrador com condição inicial externa, clicar duas vezes no bloco integrador.

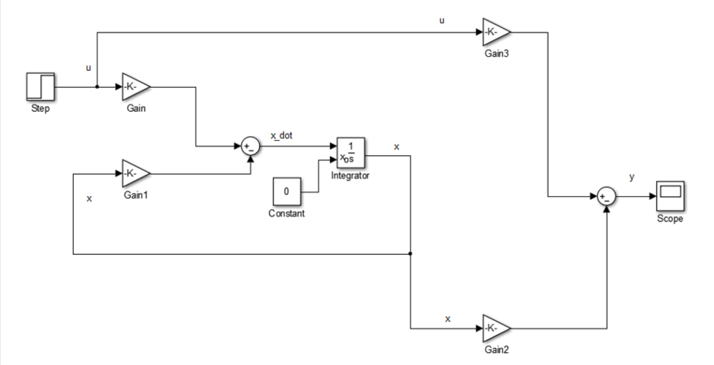




Circuito RC simples

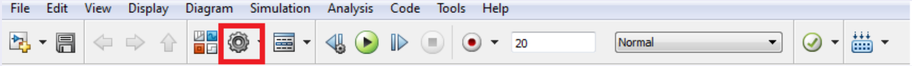
$$y = -\frac{\alpha x_1}{R} + \frac{\alpha u}{R}$$

Para criar a segunda equação, pode usar:

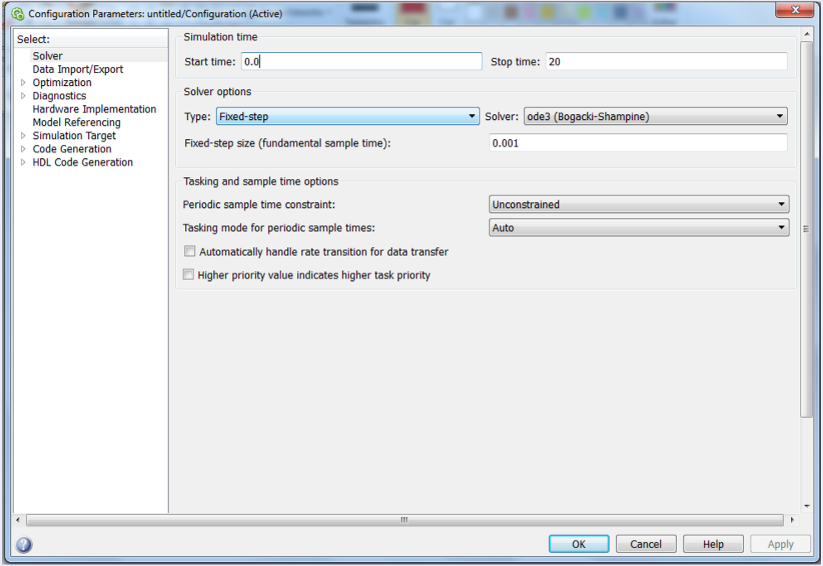


Circuito RC simples: configuração

Antes de rodar o modelo de simulação, precisa configurar o Simulink.



Circuito RC simples: configurações



Circuito RC simples: programa

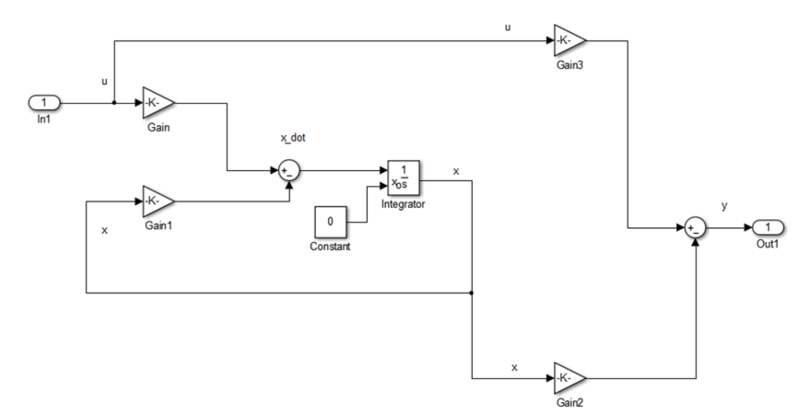
Criar and rodar instruções usando o programa abaixo.

```
% parametros do circuito RC
clear all;
close all ;
clc;
% constants
R = 1000;
C = 1000e-6;
alpha = 1;
```

Circuito RC simples: modelo linear

Para obter o modelo linear, use os blocos **in** e **out** no diagrama.
Criar um programa e neste programa usar:

[A,B,C,D] = linmod('rc_circuit');



Circuito RC simples: função de transferência

Agora, é possível obter a função de transferência do circuito RC. Use o comando tf com as matrizes A,B,C,D obtidas via função linmod.

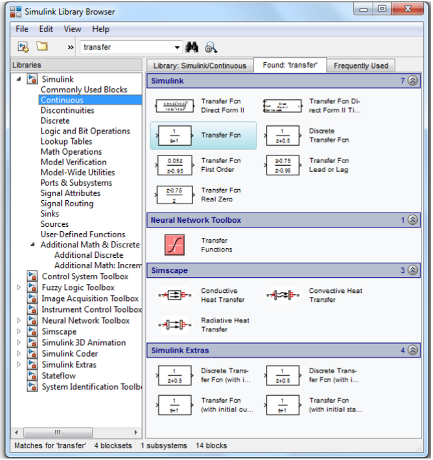
```
G= ss(A,B,C,D);
Gss = tf(G);
```

o que fornece:

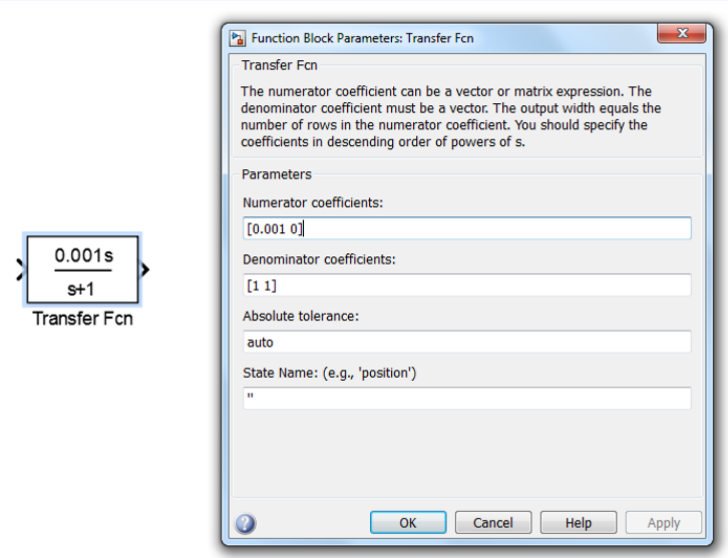
```
» G

G =

0.001 s
- - - - -
s + 1
```

Circuito RC simples: transfer Fcn block

Criar uma transfer function usando a transfer fcn block no Simulink

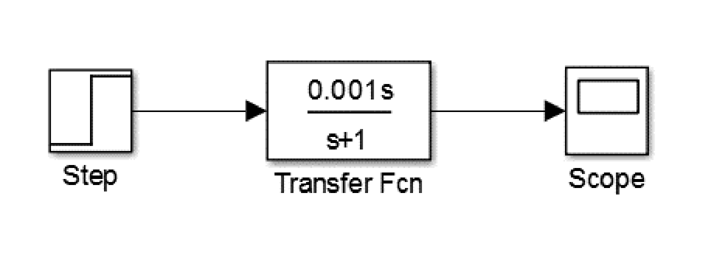


Circuito RC simples: transfer Fcn block



Circuito RC simples: simulação

Para simular a resposta da função de transferência use a função **step** e o osciloscópio no Simulink. Rodar e clicar duas vezes no osciloscópio para ver a resposta.



Pêndulo simples: Representação espaço de estado:

$$\left.\begin{matrix} x_1 = \theta \\ x_2 = \dot{\theta} \\ u = T_c \\ y = \theta \end{matrix}\right\} \rightarrow \begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} \rightarrow \begin{matrix} \dot{x}_1 = \dot{\theta} \\ \ddot{x}_2 = \ddot{\theta} = \dfrac{u}{ml^2} - \dfrac{g}{l} sin(x_1) - \dfrac{b}{ml^2} x^2 \\ y = x_1 \end{matrix}$$

Pêndulo simples: notação vetorial

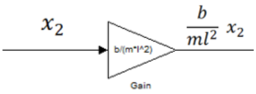
$$\dot{x} = f(x) + bu$$

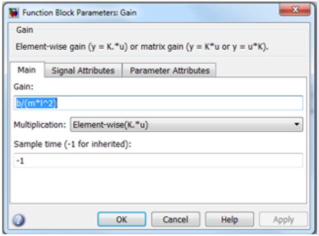
$$\dot{x} = \begin{bmatrix} x_2 \\ (-\frac{g}{\ell} sin(x_1)) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ \frac{}{m\ell^2} \end{bmatrix} u$$

$$y = x_1$$

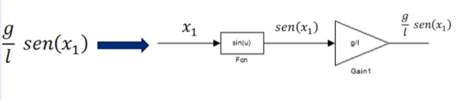
Pêndulo simples: Simulink

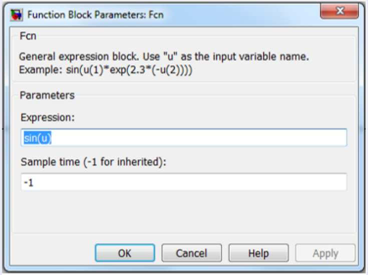
$$\frac{b}{ml^2}\, x_2$$



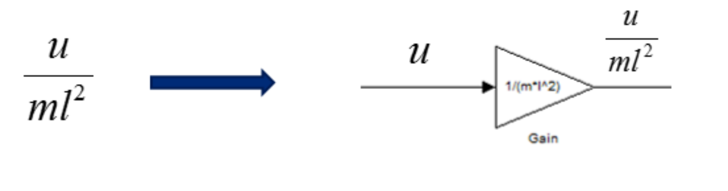


Pêndulo simples: Simulink

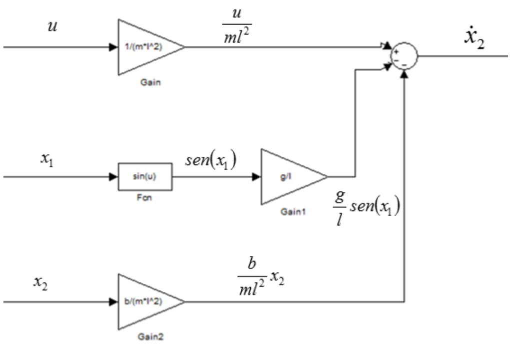


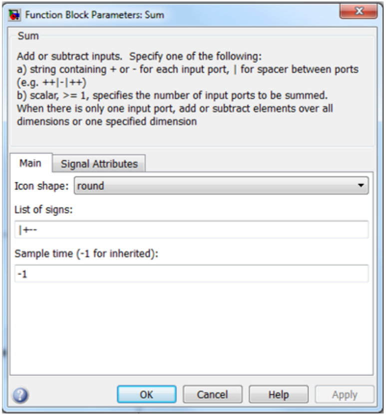


Pêndulo simples: Simulink

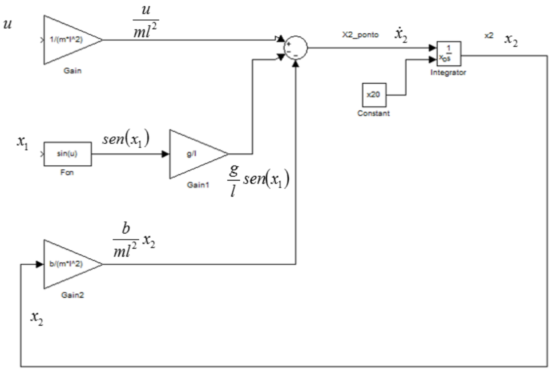


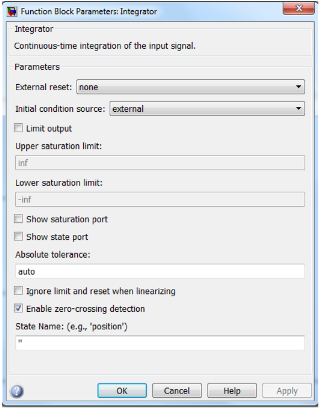
Pêndulo simples: Simulink



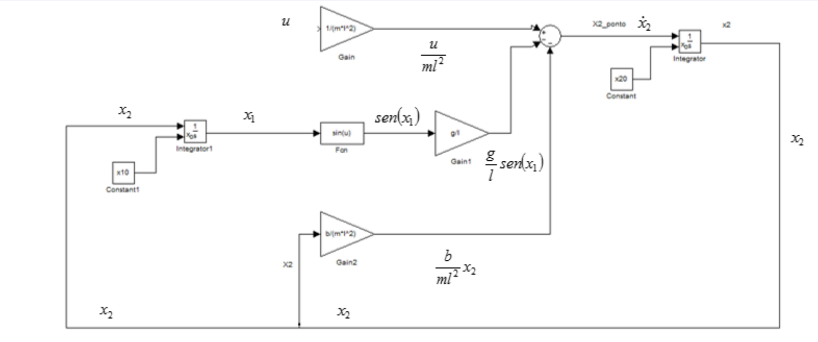


Pêndulo simples: Simulink

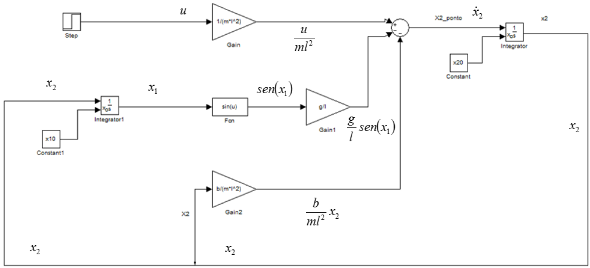


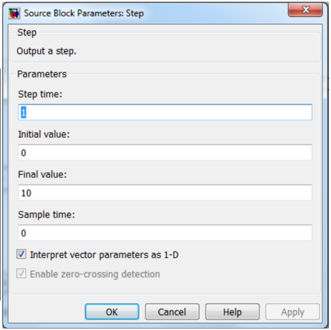


Pêndulo simples: Simulink

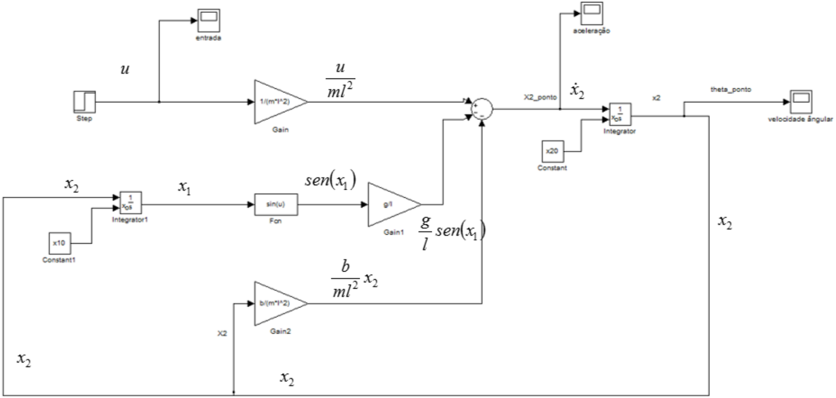


Pêndulo simples: Simulink



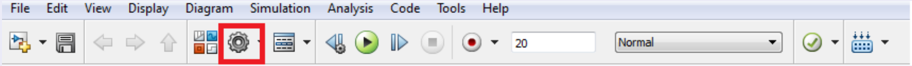


Pêndulo simples: Simulink

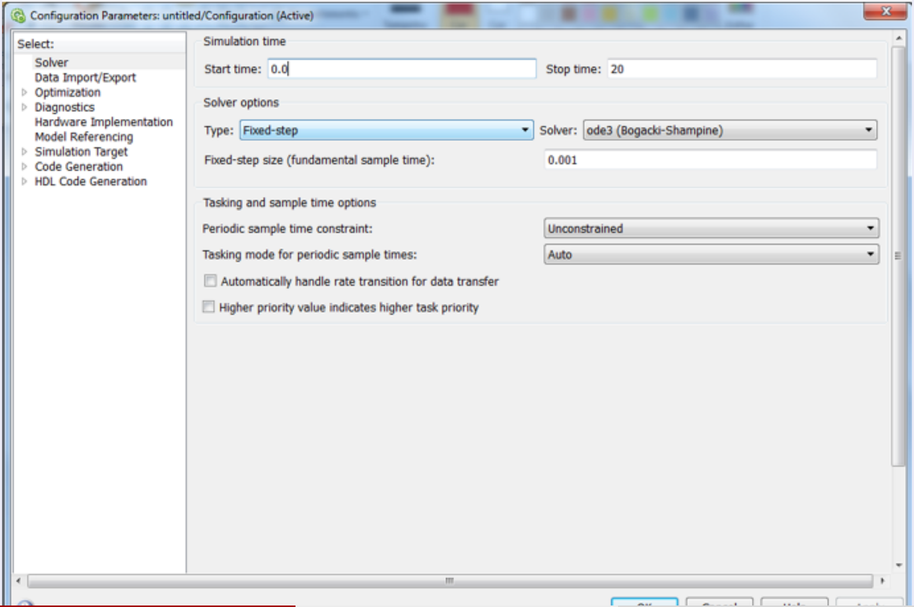


Pêndulo simples: Simulink

Antes de rodar o modelo de simulação, configurar o Simulink.



Pêndulo simples: Simulink



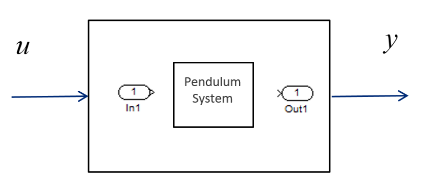
Pêndulo simples: Simulink

Criar um programa usando:

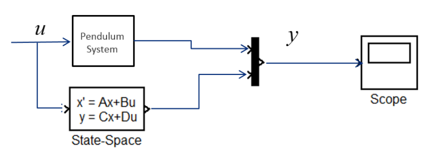
```
%parametros do pêndulo simples
clear all;
close all ;
clc;

% constantes
l=0.5;m=10;g=9.81;b=4.5;
%condição inicial
x20= 0; %velocidade inicial
x10=30*pi/180; %posição inicial em rad
```

Tarefa: pêndulo simples

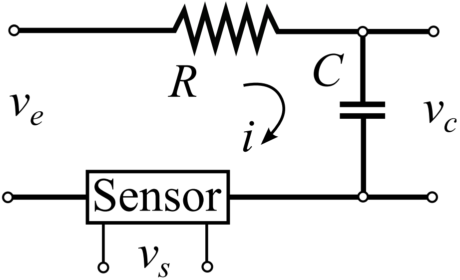
- Usando a função [A,B,C,D]=linmod('SYS') extrair o modelo espaço de estado do modelo não linear do pêndulo.

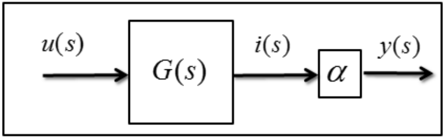


- Compare a resposta do sistema linear encontrado com a do não linear construído no Simulink.



Circuito RC





Função de transferência do circuito RC

Kirchhoff:

$$\begin{aligned} u(s) &= Ri(s) + \frac{1}{sC} i(s) \\ i(s) &= \frac{\alpha}{y(s)} \\ i(s) &= \left(\frac{Cs}{RCs+1}\right) u(s) \end{aligned}$$

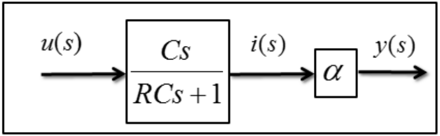
$$\begin{aligned} G(s) &= \frac{y(s)}{u(s)} \\ &= \alpha \frac{Cs}{RCs+1} \end{aligned}$$

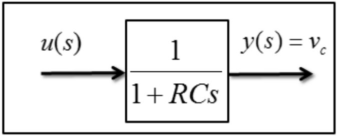
Circuito RC: Resposta no tempo

$$
\begin{aligned}
y(s) &= \left(\alpha \frac{Cs}{RCs+1}\right) u(s) \\
y(s) &= \frac{\alpha}{R} - \left(\frac{\alpha C}{RCs+1}\right) u(s) \\
y(s) &= \left(\frac{\alpha}{R} - \frac{\alpha}{R^2 C}\right) \left(\frac{1}{s + \frac{1}{RC}}\right) \\
y(t) &= \frac{\alpha}{R}\delta(t) - \frac{\alpha}{R^2 C} e^{\frac{-t}{RC}}, t \geq 0
\end{aligned}
$$

Tarefa:simular a resposta do circuito RC

Simular a resposta ao degrau para $y = v_c$ e $y = \alpha i$.





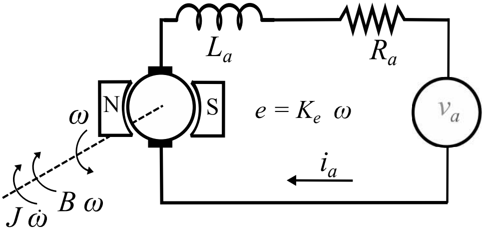
R = 1000 Ω; C = 0.001 F; alpha = 10.

Tarefa para nota

A solução da tarefa deve conter o que foi estudado, o que foi feito e analisado. A solução deve ser enviada via área do aluno, pode ser via a plataforma Moodle de disciplinas, por exemplo.

Tarefa

1. Obter a representação espaço de estado de um motor CC com saída θ
2. Simular as respostas ao degrau.



Newton:

$$K_t i_a(t) = B\dot{\theta} + J\ddot{\theta}$$

Kirchhoff:

$$L_a \frac{di_a}{dt} + R_a i_a = v_a - K_e\dot{\theta}$$

J=3,2284E-6; B=3,5077E-6; Kt=Ke=0,0274; Ra=4; La=2,75E-6.

Referências

[1] Matlab Product Help.
[2] Matlab Demystified. A Self-Teaching Guide, David McMahon, McGraw Hill.
[3] Matlab: An Introduction with Applications, Amos Gilat, Fourth Edition, John Wiley and Sons.