



**UnB**

Universidade de Brasília

Laboratório de Análise Dinâmica Linear

Experimento 01 - segunda parte

# Simulação de Sistemas Dinâmicos Lineares

## Visão Geral do Simulink

## Última aula:

- Visão geral do Matlab.
- Objeto função de transferência.
- Transformada de Laplace simbólica.
- Funções e *Scripts* do Matlab.
- Ainda no prompt do Matlab:
  - ▶ Resposta ao degrau unitário:
    - ≫ `H=tf(1,[1 0.4 2]);`
    - ≫ `step(H)`
  - ▶ Resposta ao impulso:
    - ≫ `impulse(H)`

## Aula de hoje:

- Visão geral do Simulink.

## O Simulink

- Simulink: Simulation and Link - Simulação e ligação.
- É uma ferramenta do MATLAB utilizada para modelar, simular e analisar sistemas dinâmicos. Possui uma interface gráfica com o usuário, permitindo construir modelos dinâmicos por meio de diagramas de blocos.
- É composto por diversas bibliotecas de blocos para sistemas lineares e não-lineares modelados em tempo contínuo, tempo discreto ou uma combinação dos dois.
- Trata-se de uma parte integral do MATLAB, sendo possível alternar entre um e o outro durante o processo de simulação e análise.

## Acessando o Simulink

- Command Window: `>> simulink.`
- Ou direto no ícone do Simulink.



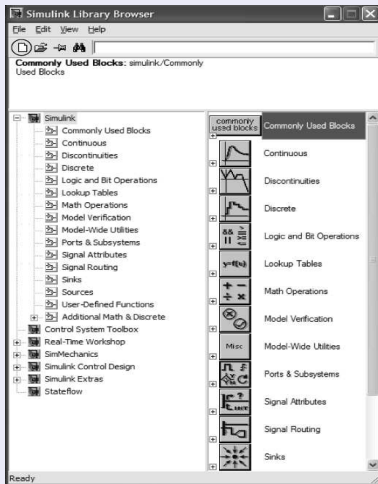
- O Matlab abre a janela de bibliotecas *Simulink Library Browser*.
- Clicar sobre o botão *create a new model*

## Selecionando blocos

- Todos os blocos são selecionados na janela *Simulink Library Browser*.

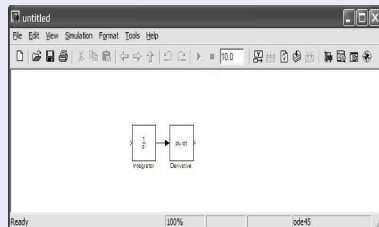
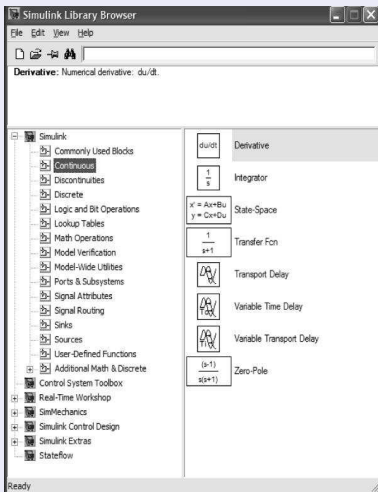
## Selecionando blocos

- Lado esquerdo mostra as bibliotecas principais;
- Lado direito mostra as sub-bibliotecas do item selecionado na esquerda.



## Montando e nomeando subsistemas

- Para montar o sistema, arraste os blocos para a janela do seu modelo;



## Escolhendo parâmetros para os subsistemas

- Clique duas vezes sobre um subsistema e digite os parâmetros desejado;
- Algumas explicações são fornecidas na própria janela dos parâmetros.

## Escolhendo parâmetros para simulação

- Menu *Simulation* selecionar *Configuration parameters...*

## Iniciando uma simulação

- Menu *Simulation* selecionar *Start*,
- Ou clique no ícone *Start simulation* na barra de ferramentas;
- Para interromper antes da finalização clique *Stop simulation*.

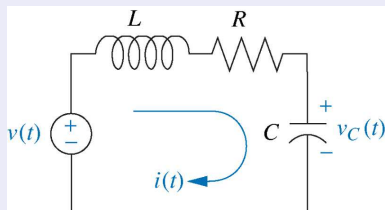
## Salvando o modelo

- No menu *File* selecionar *Save*. Será criado um arquivo com extensão *.mdl*.

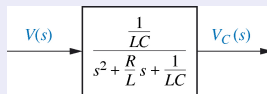
## Blocos de uso frequente

- Biblioteca *Simulink: Commonly Used Blocks, Continuous, Discontinuities, Math Operations, Sinks e Sources.*

## Exemplo: Resposta ao degrau de um circuito RLC série



Circuito RLC série



Função de transferência

Para  $R=6\Omega$ ,  $C=0.04F$ ,  $L=1H$  temos:

$$H(s) = \frac{25}{s^2 + 6s + 25}$$



## Exemplo: Resposta ao degrau de um circuito RLC série

Ou seja,

$$V_c(s) = \frac{25}{s^2 + 6s + 25} V(s)$$
$$[s^2 + 6s + 25] V_c(s) = 25V(s)$$

Aplicando a transformada inversa de Laplace temos:

$$\frac{d^2 v_c(t)}{dt^2} + 6 \frac{dv_c(t)}{dt} + 25v_c(t) = 25v(t)$$

que pode ser reescrita como:

$$\frac{d^2 v_c(t)}{dt^2} = 25v(t) - 6 \frac{dv_c(t)}{dt} - 25v_c(t)$$

## Exemplo: Resposta ao degrau de um circuito RLC série

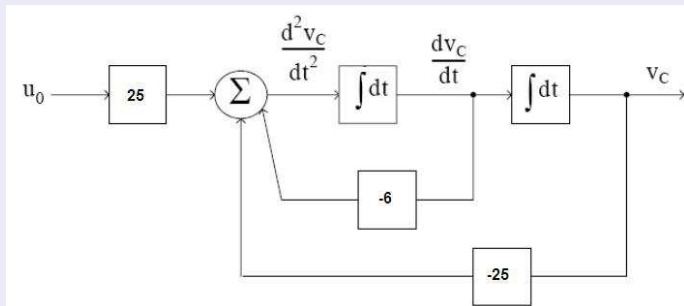
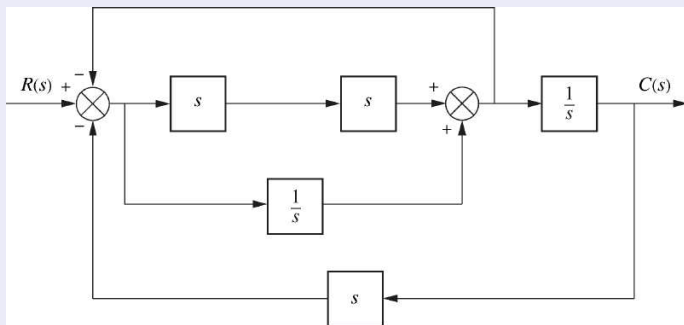


Diagrama de blocos.

NOTA: Do ponto de vista numérico, a operação de integração é melhor do que a de derivação!

## Exercício 01

- Obter a resposta ao degrau para o seguinte sistema:



## Exercício 02

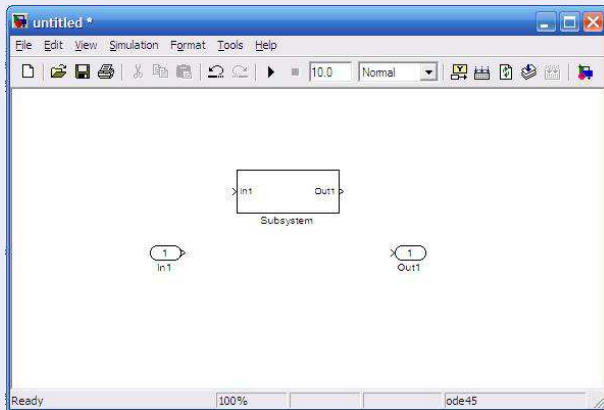
- Conforme visto em sala de aula, a função de transferência do exercício anterior é dada por

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{s^3 + 1}{2s^4 + s^2 + 2s}$$

- Repita o exercício anterior utilizando agora o bloco **Transfer Fcn**, obtido na biblioteca *Simulink/Continuous*.

## Criando subsistemas

- Utilizando o bloco **Subsystem** (Biblioteca: *Simulink/Commonly Used Blocks*)



## Exemplo: Criar um subsistema para o circuito RLC série

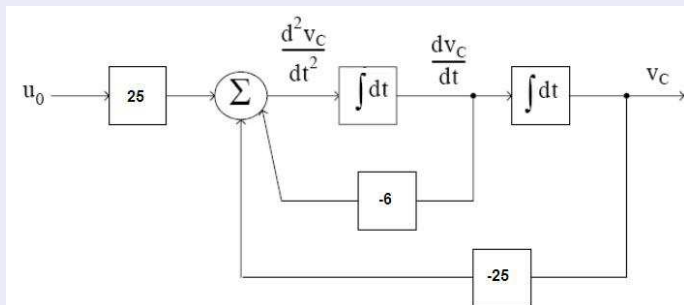
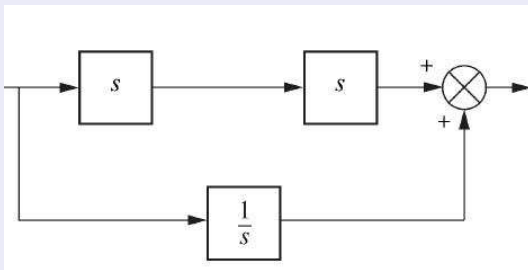


Diagrama de blocos do circuito RLC série.

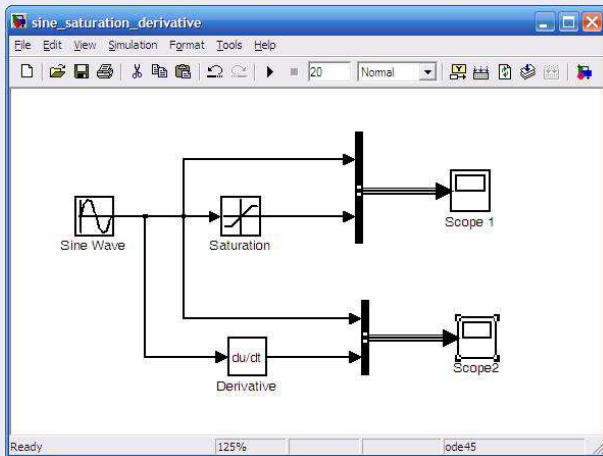
## Exercício 03

- Criar um subsistema para a associação em paralelo do Exercício 01 mostrada abaixo. Substituir no sistema original e verificar a resposta ao degrau unitário.



## Exercício 04

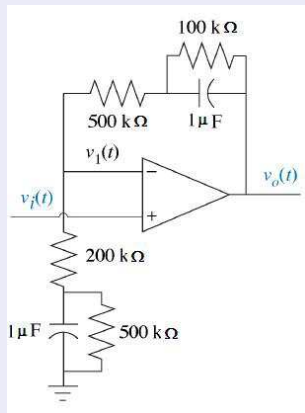
- Verificar o efeito do bloco **Saturation** e do bloco **Bus Creator** simulando o sistema abaixo:





## Exercícios para o relatório

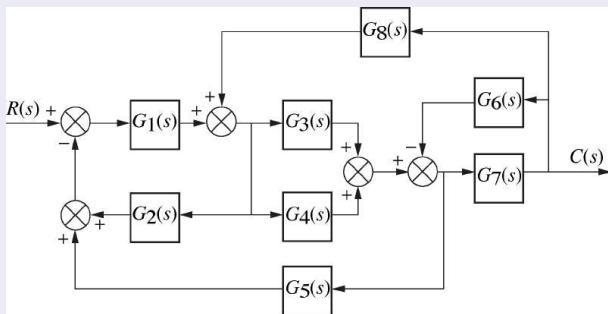
1) Considere o seguinte circuito:



a) Obtenha a função de transferência  $V_o(s)/V_i(s)$ , apresentando todo o desenvolvimento da modelagem.

## Exercícios para o relatório

- b) Simule a resposta ao degrau unitário utilizando o simulink.
- 2) Considere o sistema abaixo:



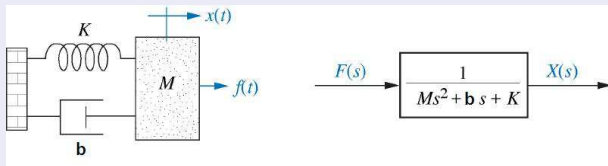
Simule a resposta ao degrau unitário para o seguinte caso (apresente o gráfico obtido):

## Exercícios para o relatório

$$G_1(s) = \frac{1}{s+7}, \quad G_2(s) = \frac{1}{s^2+2s+3}, \quad G_3(s) = \frac{1}{s+4}, \quad G_4(s) = \frac{1}{s}, \quad G_5(s) = \frac{5}{s+7},$$

$$G_6(s) = \frac{1}{s^2+5s+10}, \quad G_7(s) = \frac{3}{s+2}, \quad G_8(s) = \frac{1}{s+6}$$

3) Considere o sistema massa-mola-amortecedor abaixo:



a) Utilizando o bloco **Signal Builder** (Biblioteca: *Simulink/Sources*) simule a resposta do sistema considerando um pulso de amplitude 2, aplicado entre os instantes 1 e 6, para  $M = 1\text{kg}$ ,  $K = 1\text{N/m}$  e  $b = 1\text{N.s/m}$ .

## Exercícios para o relatório

- b) Varie a largura e amplitude do pulso e veja o resultado na resposta do sistema. É possível obter uma resposta próxima a resposta ao impulso? Obtenha a resposta ao impulso no Matlab com o comando *impulse* e compare os resultados.

## Bibliografia

- Nise, N. S., Engenharia de Sistemas de Controle. 5ª Edição, LTC, 2009.
- Apostila de Introdução ao MATLAB<sup>®</sup>, Universidade Federal Fluminense, Centro Tecnológico, Escola de Engenharia, <http://www.telecom.uff.br/pet/petws/downloads/apostilas/MATLAB.pdf>.
- Robinson, T.; Kambouchev, N., 16.06/16.07 Matlab/Simulink Tutorial, Massachusetts Institute of Technology, <http://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/60691/16-07-fall-2004/contents/study-materials/matlabtut.pdf>.