

# **Sistema de Controle com MATLAB/OCTAVE**

Abstract geometric lines in the bottom right corner, consisting of several parallel and intersecting lines forming a series of nested, elongated shapes, resembling a stylized 'Z' or a series of steps.

# Sistemas de Controle

## 1. Expansão em Frações parciais com Matlab/Octave

↳ Considere a seguinte função de transferência

$$G(s) = \frac{B(s)}{A(s)} = \frac{b_0 s^m + b_1 s^{m-1} + \dots + b_{m-1} s + b_m}{a_0 s^n + a_1 s^{n-1} + \dots + a_{n-1} s + a_n}$$

No Matlab os vetores `num` e `den` especificam os coeficientes do numerador e do denominador, ou seja:

$$num = [b_0 \quad b_1 \quad b_2 \quad \dots \quad b_m]$$

$$den = [a_0 \quad a_1 \quad a_2 \quad \dots \quad a_n]$$

O comando

$$[r, p, k] = \text{residue}(num, den)$$

Encontra os resíduos ( $r$ ), polos ( $p$ ) e os termos diretos ( $k$ )

A expansão em frações parciais de  $B(s)/A(s)$  é dado por:

$$\frac{B(s)}{A(s)} = \frac{r_1}{s - p_1} + \frac{r_2}{s - p_2} + \dots + \frac{r_n}{s - p_n} + k(s)$$

### Exemplo:

$$G(s) = \frac{2s^3 + 5s^2 + 3s + 6}{s^3 + 6s^2 + 11s + 6}$$

$$num = [2 \ 5 \ 3 \ 6]$$

$$den = [1 \ 6 \ 11 \ 6]$$

$$[r, p, k] = \text{residue}(num, den)$$

$$r = -6, \quad -4, \quad 3$$

$$p = -3, \quad -2, \quad -1$$

$$k = 2$$

$$G(s) = -\frac{6}{s+3} - \frac{4}{s+2} + \frac{3}{s+1} + 2$$

Obs.:

O comando "residue" pode ser utilizado para encontrar a função racional algébrica  $B(s)/A(s)$ , ou seja, o comando

$$[num, den] = \text{residue}(r, p, k)$$

Para obter a função original a partir de  $r$ ,  $p$  e  $k$  entre com o comando

$$\text{printsys}(num, den, 's')$$

↳ Dado os zeros, polos e o ganho, encontrar a função de transferência

$$z = [-1; -3];$$

$$p = [0; -2; -4; -6];$$

$$K = 4; \% \text{Ganho}$$

$$[num, den] = zp2tf(z, p, K);$$

$$\text{printsys}(num, den, 's')$$

$$num/den = \frac{4s^2 + 16s + 12}{s^4 + 12s^3 + 44s^2 + 48s}$$

↳ Para obter as raízes de uma função polinomial:

$A(s) = a_0s^n + a_1s^{n-1} + \dots + a_{n-1}s + a_n$ , entre com o comando

$$\text{roots}([a_0 \ a_1 \ a_2 \ \dots \ a_n])$$

## 2. Obtendo funções de transferência em cascata, em paralelo e com realimentação com o Matlab/Octave

$$G_1(s) = \frac{num1}{den1}, \quad G_2(s) = \frac{num2}{den2}$$

Usa-se os seguintes comandos:

$$[num, den] = series(num1, den1, num2, den2)$$

$$[num, den] = parallel(num1, den1, num2, den2)$$

$$[num, den] = feedback(num1, den1, num2, den2)$$

### 3. Transformação do espaço de estados para função de transferência usando Matlab/Octave

$$[A, B, C, D] = tf2ss(num, den)$$

### 4. Transformação de função de transferência para espaço de estados usando Matlab/Octave

$$[num, den] = ss2tf(A, B, C, D)$$

## 5. Gráficos usando Matlab/Octave

```
% MATLAB code
% This program plots the given signals

%%%%%%%%%%%%%%
% Part(a) %
%%%%%%%%%%%%%%
clf % Clear any existing figure
t1 = [-5:0.001:5]; % Set the time from -5 to 5 with a sampling rate of 0.001s
x1 = 5*sin(2*pi*t1).*cos(pi*t1-8); % compute function x1
% plot x1(t)
subplot(2,2,1); % select the 1st out of 4 subplots
plot(t1,x1); % plot a CT signal
grid on; % turn on the grid
xlabel('time (t)'); % Label the x-axis as time
ylabel('5sin(2\pi t)cos(\pi t - 8)'); % Label the y-axis
title('Part (a)'); % Insert the title
```



## 6. Diagrama de Bode usando Matlab/Octave

$$H(j\omega) = \frac{10^4(1+j\omega)}{(1+10j\omega)[(j\omega)^2 + 100j\omega + 10^4]}$$

```
% MATLAB code
% This program plots the Bode Diagram
clf                % Clear any existing figure
clear all          % Clear memory
clc                % Clear workspace

w=logspace(-3,6,100);
H=10^4*(1+10*j*w)./((1+j*w).*((j*w).^2+100*j*w+10^4));
G=20*log10(abs(H));
Z=angle(H);
subplot(211);
semilogx(w,G), grid
subplot(212)
semilogx(w,Z), grid
X=real(H);
Y=imag(H);
plot(X,Y), grid %% Diagrama de Nyquist
```

## 7. Gráficos da resposta de um sistema a partir da função de transferência usando Matlab/Octave

$$H(s) = \frac{num}{den}$$

$$\frac{Y(s)}{R(s)} = H(s) \rightarrow Y(s) = R(s)H(s)$$

$$Y(s) \rightarrow \text{saída}$$

$$R(s) \rightarrow \text{entrada}$$

$$\mapsto \text{Se a entrada for degrau unitário: } R(s) = \frac{1}{s}$$

$$\text{step}(num, den)$$

$$\mapsto \text{Se a entrada for rampa unitária: } R(s) = \frac{1}{s^2}$$

$$Y(s) = \frac{1}{s^2} H(s) = \frac{1}{s} \left( \frac{H(s)}{s} \right) \rightarrow \frac{H(s)}{s} = \frac{num1}{den1}$$

$$\text{step}(num1, den1)$$

$$\mapsto \text{Se a entrada for impulso unitário: } R(s) = 1$$

$$Y(s) = 1H(s) = \frac{s}{s} H(s) = \frac{1}{s} [sH(s)] \rightarrow sH(s) = \frac{num2}{den2}$$

$$\text{step}(num2, den2)$$

**Exemplo:**

$$H(s) = \frac{1}{s^2 + s + 5}$$

$$\frac{H(s)}{s} = \frac{1}{s^3 + s^2 + 5s}$$

$$sH(s) = \frac{s}{s^2 + s + 5}$$

% MATLAB code

num=1;

den=[1 1 5];

num1=1;

den1=[1 2 5 0];

num2=[1 0];

den2=[1 1 5]

step(num,den), grid      % gráfico com entrada degrau unitário

step(num1,den1), grid,    % gráfico com entrada rampa unitária

step(num2,den2), grid    % gráfico com entrada impulse unitário

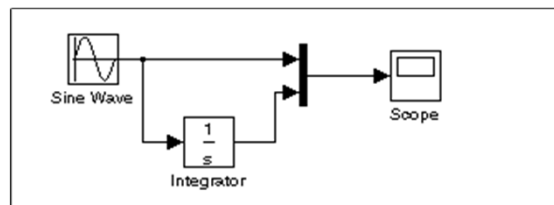
**Simulink**

- O Simulink é um pacote de um software para modelar, simular, e analisar sistemas de dinamicamente. Suporta sistemas lineares e não-lineares modelados em tempo contínuo, tempo discreto ou em uma mistura dos dois. Sistemas também podem ter partes diferentes que são amostradas ou atualizadas a taxas diferentes.
- Para modelar, o Simulink possui uma interface gráfica com usuário (GUI) para construir modelos como diagramas de blocos, usando as operações clicar-e-arrastar do mouse. Com esta interface, você pode fazer os modelos da mesma maneira que você vai com lápis e papel (ou como a maioria dos livros de ensino os descreve). Este é um enorme avanço em relação as soluções tradicionais com métodos numéricos. O Simulink inclui biblioteca de bloco prontos e você também pode personalizar e pode criar seus próprios blocos.
- Depois que você definir um modelo, você pode simular. Alguns blocos permitem que você veja os resultados enquanto a simulação ainda estiver sendo executada. Além disso, você pode mudar parâmetros e imediatamente e ver o que acontece. Os resultados da simulação podem ser enviados para o workspace do MATLAB para visualização e utilização posterior.
- Muitas outras ferramentas do MATLAB podem ser usadas junto com o Simulink, e é por isso que o MATLAB e o Simulink são integrados. Você pode simular, pode analisar, e pode revisar seus modelos em qualquer ambiente a qualquer ponto.
- O Simulink nos permite criar qualquer tipo de artefato, máquina ou aparelho que não existe fisicamente e vê-los funcionando antes que venham a existir.
- Obs.: Retirado de Grupo PET - Engenharia Elétrica - UFMS

## 1. Montagem de um modelo simples

$$Y(s) = \frac{X(s)}{s}$$

$$y(t) = \sin t$$



- i) Abrir o matlab e no seu workspace, digitar simulink;
- ii) Crie New Model;
- iii) Sources/