

Roteiro 1 - Sistemas de Primeira e Segunda Ordem

1 Objetivos

Estudar o comportamento de sistemas de primeira e segunda ordem no domínio de tempo e de frequência.

2 Observações

1. Anote o número da planta didática que o grupo utilizará ao longo do semestre e deixe o número indicado no relatório.
2. *Help* do MATLAB: `help <nome-da-função>` ou `doc <nome-da-função>`.

3 Roteiro do Experimento

3.1 Resposta transiente

Em MATLAB, faça primeiro uma simulação da resposta transiente dos sistemas. Utilize a função `step` ou `lsim`.

1. Obtenha a resposta do circuito RC ao degrau unitário.
2. Obtenha a resposta do circuito RLC ao degrau unitário para os casos sub-amortecido ($\xi = 0.2$), criticamente amortecido ($\xi = 1$) e superamortecido ($\xi = 2$).

No módulo didático, utilize um isolador entre a fonte e o circuito sob análise para evitar o efeito de carga.

Para uma curva satisfatória da resposta transiente do sistema, ajuste a escala vertical e horizontal do osciloscópio para ampliar a região transiente. Depois, faça uma nova captura para aumentar o número de amostras dentro da nova escala. Repita o procedimento até conseguir uma curva que fornece adequadamente os critérios de desempenho do sistema analisado.

3. Utilizando um isolador entre a fonte e o circuito RC, aplique um sinal degrau $v_i(t)$ de 1 V e anote a forma de onda da saída $v_o(t)$. Meça a constante de tempo τ e o ganho estático γ .
Se tiver dificuldades para gerar o degrau unitário na entrada, uma alternativa seria aplicar uma onda quadrada de 1 V pico-a-pico com *offset* de 0,5 V e frequência conveniente para o seu circuito.

- Utilizando um isolador entre a fonte e o circuito RLC, aplique um sinal degrau $v_i(t)$ de 1 V e anote a forma de onda da saída $v_o(t)$ para os casos sub-amortecido ($\xi = 0.2$), criticamente amortecido ($\xi = 1$) e superamortecido ($\xi = 2$). Ajuste o valor de R para alcançar os fatores de amortecimento desejados.

Meça os parâmetros de desempenho pertinentes a cada sistema, entre eles: (a) valor de regime, (b) erro estacionário, (c) tempo de subida, (d) tempo para o pico máximo, (e) percentual de sobre-sinal, (f) constante de tempo, (g) e tempo de estabilização a 5%.

Se tiver dificuldades para gerar o degrau unitário na entrada, uma alternativa seria aplicar uma onda quadrada de 1 V pico-a-pico com *offset* de 0,5 V e frequência conveniente para o seu circuito.

3.2 Resposta em frequência

Em MATLAB, faça primeiro uma simulação da resposta em frequência dos sistemas. Utilize a função `bode` para traçar o diagrama de Bode.

- Obtenha as equações de magnitude $|G(j\omega)|$ e ângulo de fase ϕ do circuito RC para os valores de R e C indicados no módulo. Trace o diagrama de Bode do sistema ($|G(j\omega)|$ em dB e $\phi(\omega)$ em graus).
- Obtenha as equações de magnitude $|G(j\omega)|$ e ângulo de fase ϕ do circuito RLC para os valores de L e C indicados no módulo. Calcule R para obter sistemas sub-amortecido ($\xi = 0.2$), criticamente amortecido ($\xi = 1$) e superamortecido ($\xi = 2$). Trace o diagrama de Bode de cada sistema ($|G(j\omega)|$ em dB e $\phi(\omega)$ em graus).

A análise em frequência no módulo didático é feita por meio de uma varredura de frequências de um sinal de entrada senoidal. A faixa de frequência para a varredura dependerá dos parâmetros do sistema.

- Aplique uma entrada senoidal $v_i(t)$ de amplitude 1 V pico a pico no circuito RC. Lembre-se de colocar um isolador entre o gerador de sinais e o circuito estudado. Varie a frequência de 10 Hz a 5 kHz com passo apropriado. Essa escolha de faixa de frequências foi feita a partir de considerações sobre a faixa de operação de circuitos RC. Complete a Tabela 1 com os valores medidos para cada frequência.
- Aplique uma entrada senoidal $v_i(t)$ de amplitude 1 V pico a pico no circuito RLC. Lembre-se de colocar um isolador entre o gerador de sinais e o circuito estudado. Varie a frequência de 10 Hz a 20 kHz com passo apropriado, ajustando o valor de R para os casos sub-amortecido ($\xi = 0.2$), criticamente amortecido ($\xi = 1$) e superamortecido ($\xi = 2$). Essa escolha de faixa de frequências foi feita a partir de considerações sobre a faixa de operação de circuitos RLC. Complete a Tabela 1 com os valores medidos para cada frequência. Meça ainda a frequência de ressonância ω_r e a magnitude de pico M_r .

Tabela 1: Valores experimentais para o diagrama de Bode dos sistemas RC e RLC. a , b e c são os parâmetros da curva de Lissajous (Figura 1).

Freq. (Hz)	Entrada (Vpp)	Saída (Vpp)	Ganho	Ganho (dB)		Fase
f	$v_i(t) = a$	$v_o(t) = b$	$\frac{v_o(t)}{v_i(t)} = \frac{b}{a}$	$20 \log \frac{v_o}{v_i}$	$c = b \sin \phi$	$\phi = \sin^{-1} \frac{c}{b}$

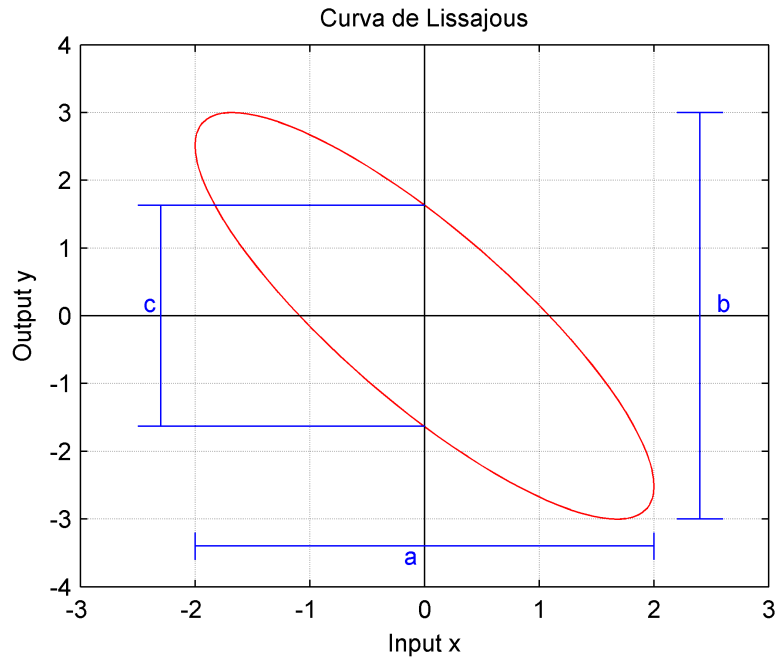


Figura 1: Curva de Lissajous e seus parâmetros.

4 Roteiro de Relatório

A seguir encontra-se uma sugestão para a apresentação do relatório.

1. Apresentar os objetivos do experimento e descrever os procedimentos experimentais realizados de acordo com o Roteiro do Experimento, materiais e equipamentos utilizados de modo que outros interessados possam repetir os ensaios.
2. Considere o caso sub-amortecido e utilize a bibliografia indicada pra avaliar os parâmetros de desempenho. Calcule os índices de desempenho de acordo com os parâmetros do sistema. Compare os valores calculados com os valores medidos.
3. Esboce o que representa a resposta do sistema quando $\xi = 0$. Discuta a possibilidade de se obter $\xi = 0$ no sistema estudado.
4. Trace os digramas de Bode, utilizando os valores teóricos e experimentais para cada valor de R utilizado. Utilizando os parâmetros do sistema estudado, calcule os pólos em cada caso, sobreponha as assíntotas teóricas ao diagrama de Bode obtido experimentalmente e, finalmente, obtenha os parâmetros de desempenho no domínio de frequência (magnitude de pico M_r , frequência de ressonância ω_r e frequência de banda ω_b), teóricos e experimentais.
5. Avalie o valor do fator de amortecimento ξ e frequência natural ω_n em função de R , L e C .
6. Avalie a expressão dos pólos do sistema de segunda ordem em função de R , L e C .
7. Encontre as expressões para a saída do sistema $y(t)$ em cada caso estudado em termos dos parâmetros utilizados.
8. Obter na bibliografia relacionada o significado de sistemas dinâmicos.