

ENE - UnB

167029- Laboratório de Circuitos Elétricos II
Departamento de Engenharia Elétrica
Faculdade de Tecnologia
Universidade de Brasília

Experiência N° 08

Transformada de Laplace

I - Objetivos

Observação da relação entre função de transferência no domínio de Laplace e resposta no tempo de circuitos lineares. Em particular, será estudado o efeito da posição dos polos sobre a resposta no tempo.

II - Tópicos da Teoria Envolvidos

- ⇒ Transformada de Laplace
- ⇒ Função de transferência
- ⇒ Polos e zeros

III - Equipamentos, Componentes e Ferramentas Utilizadas

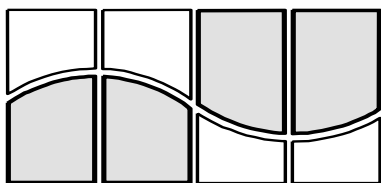
1. Osciloscópio
2. Gerador de função
3. Resistores, Capacitores e Indutores

IV - Procedimento Experimental

a) Monte o circuito RLC da Figura 1, sendo $R = 1,5 \text{ k}\Omega$, $C = 0,1 \text{ }\mu\text{F}$ e L uma década indutiva. Nos cálculos teóricos e computacionais nas seções V e VI, considere $R = 1,5XY \text{ k}\Omega$ substituindo XY pelos dois últimos dígitos do seu número de matrícula.

b) Observe e anote detalhadamente as formas de onda da resposta a uma entrada degrau (utilize uma onda quadrada (0V/+5V) de baixa frequência (<50Hz)) variando o valor da indutância como se segue:

- b.1) $L = 0 \text{ H}$
- b.2) $L = 100 \text{ mH}$
- b.3) $L = 200 \text{ mH}$
- b.4) $L = 500 \text{ mH}$
- b.5) Determine o valor de L acima do qual há oscilações



ENE - UnB

167029- Laboratório de Circuitos Elétricos II
Departamento de Engenharia Elétrica
Faculdade de Tecnologia
Universidade de Brasília

na resposta.

c) Para os casos de subamortecimento identifique, quando possível, as frequências de oscilação e compare com os dados teóricos.

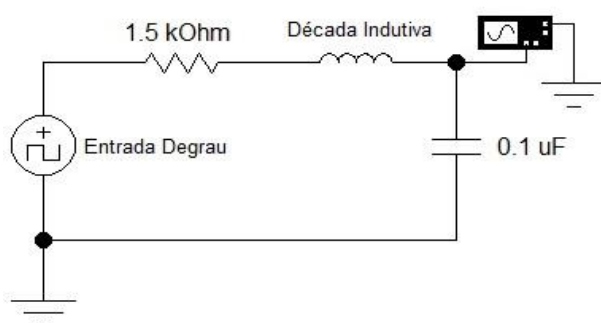
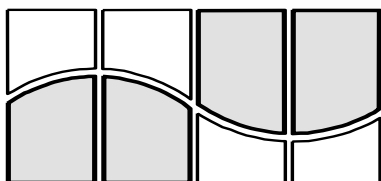


Figura 1: Circuito RLC para estudo de posicionamento dos polos

V - Pré-relatório: Cálculos teóricos

No seu pré-relatório inclua os seguintes itens:

- Determine as funções de transferência do circuito (relação entre entrada e saída no domínio da frequência complexa s) para cada valor de L .
- Identifique a condição a ser imposta sobre L para que os polos (raízes do denominador da função de transferência) sejam:
 - Reais
 - Complexos conjugados
- Identifique, para cada valor de L , se o circuito é do tipo Superamortecido, Subamortecido ou Criticamente Amortecido e conclua sobre os efeitos dos polos sobre cada tipo de resposta do sistema.
- Encontre, para cada caso, o fator (ou fração) de amortecimento e a frequência natural (ressonância), e apenas para os casos de subamortecimento encontre também a frequência de oscilação (frequência amortecida) da resposta.
- Encontre as respostas do circuito em função do tempo em regime transiente.



ENE - UnB

167029- Laboratório de Circuitos Elétricos II
Departamento de Engenharia Elétrica
Faculdade de Tecnologia
Universidade de Brasília

-
- f) Explique porque a onda quadrada utilizada na parte experimental deve oscilar com baixa frequência.

VI - Pré-relatório: Parte Computacional

a) Simule a resposta do circuito a uma entrada degrau para os valores de L indicados no procedimento experimental. No Pspice, use a fonte VPULSE e configure os níveis de tensão em volts, $V1$ e $V2$, os tempos de subida e descida dos pulsos em μs (ex: $TR=1\mu s$ e $TF=1\mu s$), e a largura dos pulsos (PW) e o período (PER). Ajuste PW e PER de forma a garantir a visualização da resposta até a máxima atenuação do sinal. Considere $PER = 2*PW$.

b) Utilizando Matlab ou Scilab, plote sobre o mesmo gráfico o diagrama de polos e zeros indicando o fator de amortecimento para cada caso. Sobre outro gráfico plote todas as curvas no tempo (item V.e) correspondentes a cada caso também indicando os fatores de amortecimento. Veja a formatação desejada no exemplo 14.9 do livro "Análise Básica de Circuitos para Engenharia", J. D. Irwin, 9a edição.

Dica: Para o primeiro gráfico, pesquise no Matlab a função *zplane* ou *pzmap*. Para o segundo gráfico, crie um vetor com todos os valores de tempo usando a função *linspace*, e calcule o vetor resposta *v_saida* em função do tempo, lembrando que em toda operação de multiplicação, divisão e potência com vetores deve-se usar um ponto antes do operador (*.* ./ .^*).

Use as funções *plot* e *hold on* para plotar todas as curvas sobre o mesmo gráfico, e *legend* para identificar cada curva a seu fator de amortecimento. Veja o exemplo 7.8 do livro, e use o *help* do Matlab para investigar cada função.

VII - Relatório

Seu relatório deve contar todas as medições, informações e formas de ondas solicitadas na Seção IV - Procedimento Experimental.