



ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Departamento de Engenharia de Sistemas Eletrônicos - PSI – EPUSP
PSI 3212- LABORATÓRIO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS

Guia Experimental e Roteiro para Relatório
Versão para simulação – Turma 1 (sexta-manhã) 2020
Resposta em Frequência de Circuitos RC e RLC

*Elaboração: Profs. Walter Jaimes Salcedo e Marcio Lobo,
Revisão: Elisabete Galeazzo e Leopoldo Yoshioka
Edição 2020*

No. USP	Nome	Nota	Bancada
Data:	Turmas:	Profs:	

GUIA EXPERIMENTAL E RELATÓRIO

Objetivos: Saber analisar a resposta em frequência de quadрупolos constituídos por circuitos passivos RC e RLC, utilizando métodos **de simulação** computacional.

Lista de materiais

- Osciloscópio digital (modelo DSO-X 2002A, Agilent)
- Gerador de funções
- Multímetro digital portátil Tektronix TX3
- Medidor RLC
- Resistores: 1 k Ω e 10 k Ω
- Capacitor: 100 nF
- Indutor: ~3,0 mH
- Planilha Eletrônica
- Software de cálculo

Obs: Esta experiência será feita através da simulação dos circuitos elétricos propostos

Onde diz “meça” uma variável (com voltímetro, osciloscópio, etc.) entenda que você deve obter o valor dessa variável a partir das simulações e dos recursos que o programa de simulação fornecer !

Onde diz “dados experimentais” entenda que deve obter esses dados das simulações

1 RESPOSTA EM FREQUÊNCIA DE UM CIRCUITO RC:

1.1 Identificação e medição dos componentes passivos

Meça as resistências (R) e a capacitância (C) dos componentes da lista de materiais utilizando o multímetro portátil. Meça a indutância (L_s) e a resistência série do indutor (R_s) utilizando o medidor RLC na frequência de 1 kHz. Você pode também medir a capacitância (C_p) e resistência paralela parasitária (R_p) do capacitor com o medidor RLC na frequência de 1 kHz. (não é para fazer)

Tabela 1 – Valores dos componentes R , L e C

	Resistor 1	Resistor 2	Capacitor	Indutor (medido em 1kHz)	
Valor	R (k Ω)	R (k Ω)	C_p (nF)	L_s (mH)	R_s (Ω)
Nominal	1	10	100	3,0	8,0
Medido	--	--	--	--	--

1.2 Determinação da resposta em frequência do circuito RC

Monte o circuito mostrado na Figura 1, com os valores nominais dos componentes iguais a $R = 1 \text{ k}\Omega$ e $C = 100 \text{ nF}$, respectivamente. Programe o gerador de funções para fornecer uma **onda senoidal** de amplitude de **10 Vpp**. **Simule** os valores eficazes de entrada (V_E) e saída (tensão no capacitor V_S) com o osciloscópio.

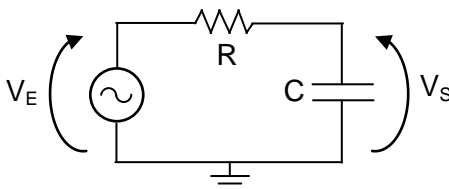


Figura 1- Circuito RC.

a) Apresente as fórmulas para calcular o módulo do ganho linear $|G(j\omega)|$ e a fase $\phi(j\omega)$ a partir dos parâmetros do circuito.

b) Apresente a fórmula para se obter $|G(j\omega)|$ (módulo do ganho linear) a partir das tensões **simuladas**.

c) Meça com o osciloscópio e anote na Tabela 2 os valores eficazes de V_E e de V_S , como também a defasagem entre esses sinais ($\phi_{VS} \rightarrow \phi_{VE}$), para os valores de frequência f escolhidas.

d) Calcule o módulo do ganho $|G(f)|$ a partir das tensões simuladas.

e) Indique o módulo do ganho $|G(f)|$ e a defasagem ϕ utilizando-se os valores nominais dos componentes.

★ Utilize a planilha eletrônica disponibilizada no Moodle para essa experiência para efetuar os cálculos, caso não tenha efetuado a preparação.

Tabela 2 - Resposta em frequência de um circuito RC.

Valores <u>simulados</u>				Dados do item 1, <i>Preparação</i>		
				Cálculos a partir das tensões <u>simuladas</u>	Resultado dos cálculos teóricos a partir dos parâmetros do circuito	
f (Hz)	V_E (CA V_{RMS})	V_S (CA V_{RMS})	Fase $\theta_{S \rightarrow E}$ $\phi_{VS,VE} (^{\circ})$	Ganho $ G(f) $	$ G(f) $	Fase ϕ
10						
100						
1 k						
1,5 k						
1,6 k						
10 k						

Evidentemente, os dois ganhos (a partir da tensão e a partir dos parâmetros do circuito) devem dar exatamente iguais.

f) Anexe os gráficos de:

i. Módulo do ganho $|G(f)|$ (valores simulados);

ii. Defasagem ($\phi_{VS,VE}$) em função da frequência f (valores simulados).

h) Determine a faixa de passagem¹ e a frequência de corte (f_c) a partir das curvas simuladas. Indique-as nos dois gráficos acima.

¹ Faixa de passagem é a faixa de frequências onde o ganho está dentro do intervalo de 3 dB em relação ao valor máximo (patamar).

i) Calcule a frequência de corte teórica (f_c) do circuito, utilizando os valores **nominais** dos componentes (Tabela 1). (Apresente seu cálculo).

k) Quais seriam as possíveis aplicações para o circuito RC analisado neste experimento? Explique.

2 RESPOSTA EM FREQUÊNCIA DE UM CIRCUITO RLC PARALELO:

Monte o circuito da Figura 2, com $R = 10\text{ k}\Omega$ e os componentes L e C fornecidos. Note que R_s e L_s estão representando o modelo do indutor real utilizado na montagem. Programe o gerador de funções para fornecer uma **onda senoidal** com amplitude de **10 Vpp**.

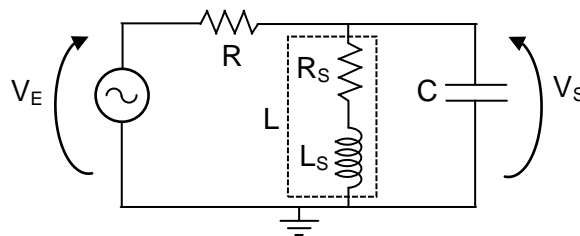


Figura 2- Circuito RLC.

2.1 Determinação de resposta em frequência do circuito RLC

a) Indique o número das expressões da *Introdução Teórica* devem ser usadas para calcular $|G(j\omega)|$ e φ a partir dos parâmetros do circuito da Figura 2.

b) Meça com o osciloscópio os valores eficazes das tensões de entrada e saída do circuito (V_E e V_S), bem como a defasagem entre esses dois sinais (φ_{V_S, V_E}) para as diferentes frequências, preenchendo a Tabela 3.

c) Calcule o módulo do ganho $|G(f)|$ a partir das tensões simuladas.

d) Indique o módulo do ganho $|G(f)|$ e a defasagem ϕ , calculados previamente através das fórmulas teóricas indicadas no item 2.1.a (efetuados na preparação do experimento ou utilize a planilha disponibilizada) utilizando-se os valores nominais dos componentes.

Tabela 3 – Resposta em frequência da de circuito RLC

Valores <u>simulados</u>				Cálculos a partir das tensões medidas	Dados do item 2, <i>Preparação</i> Cálculos teóricos a partir dos parâmetros do circuito	
f (Hz)	V_E (CH1) (CA V_{RMS})	V_s (CH2) (CA V_{RMS})	Fase $\theta_{2 \rightarrow 1}$ $\phi_{V_s, V_E} (^{\circ})$	Ganho $ G(f) $	$ G(f) $	Fase ϕ
1,0 k						
3 k						
5 k						
8,9 k						
9,0 k						
9,1 k						
9,2 k						
9,3 k						
9,5 k						
10 k						
20 k						

Evidentemente, os dois ganhos (a partir da tensão e a partir dos parâmetros do circuito) devem dar exatamente iguais.

e) Utilizando a planilha eletrônica, anexe os seguintes gráficos a partir dos dados simulados:

- O gráfico de $|G(f)|$;
- O gráfico da fase (ϕ_{V_s, V_E}) em função da frequência, f.

f) Determine as frequências de corte inferior (f_{c1}) e superior (f_{c2}), a frequência de ressonância (f_R), a faixa de passagem e o índice de mérito (Q) do circuito a partir da curva **simulada** de $|G(f)|$ (indique-os também no gráfico).

g) Calcule a frequência de ressonância a partir dos parâmetros do circuito e compare com o valor obtido graficamente. Apresente seus cálculos (da frequência e do erro relativo).

h) Analise o comportamento da defasagem entre o sinal de saída e o da entrada na faixa de passagem e na frequência de ressonância.

i) Analisando o comportamento da defasagem do circuito (principalmente em baixa frequência), descreva como seria a curva da defasagem, caso a resistência parasitária do indutor, R_s , fosse zero?