



Experiência 7

Resposta em Frequência de Circuitos RC e RLC

GUIA EXPERIMENTAL

Profs. Walter Jaimes Salcedo, Marcio Lobo, Elisabete Galeazzo e Leopoldo Yoshioda

OBJETIVOS:

Nesta experiência analisaremos a resposta em frequência de quadropolos constituídos por circuitos passivos RC e RLC e, com o auxílio destes resultados, seremos capazes de discutir a resposta em frequência de um multímetro digital.

Lista de materiais

- Osciloscópio digital (modelo DSO-X 2002A, Agilent)
- Gerador de funções
- Multímetro digital portátil Tektronix TX3
- Resistores $R = 1 \text{ k}\Omega$ e $10 \text{ k}\Omega$
- Capacitor $C_p = 100 \text{ nF}$
- Indutor ($L_s \cong 3,2 \text{ mH}$ e $R_s \cong 9,2 \Omega$)
- Planilha Eletrônica

1. RESPOSTA EM FREQUÊNCIA DE UM CIRCUITO RC:

1.1 Meça, utilizando o medidor RLC, os valores dos componentes indicados na lista de materiais. Anote os resultados na Tabela 1.

Sugestão de montagem dos componentes com o RLC meter, para facilitar a medição:



Montagem do Circuito:

Monte o circuito da Figura 1. Programe o gerador de funções para fornecer uma onda senoidal de amplitude de 10 Vpp. No circuito, adote $C = 100 \text{ nF}$ e $R = 1 \text{ k}\Omega$ respectivamente.

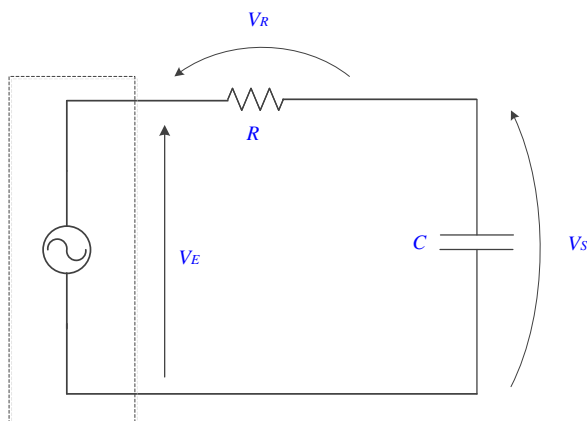


Figura 1- Circuito RC.

Obs: medir V_E e V_S diretamente com as pontas de prova do osciloscópio.

1.2 Efetue:

. Apresente as fórmulas para calcular $|G|$ e ϕ a partir dos parâmetros do circuito (baseie-se nas expressões deduzidas na Introdução Teórica), e a fórmula para obter $|G|$ a partir das medições experimentais.

. Meça no osciloscópio os valores eficazes de V_E e de V_S , como também a defasagem entre estes sinais (ϕ_{V_S, V_E}), para cada valor de frequência f . Indique os valores na Tabela 2 do seu relatório.

Nota: utilizar o recurso “média” do osciloscópio (ACQUIRE) para ter maior precisão nas medições.

. Calcule o módulo do ganho G (linear) a partir das medições e através das fórmulas teóricas para cada valor de frequência aplicada ao circuito. Calcule também a defasagem esperada teoricamente entre sinal de saída e o da entrada para cada valor de frequência.

Sugestão para os cálculos:

Alunos da sala C1-06: utilizem a planilha eletrônica do OpenOffice denominada “CALC”, instalada na pasta OFFICE no microcomputador.

Alunos da sala C1-01: utilizem a planilha eletrônica disponível no seu computador.

. Construa os seguintes gráficos no seu relatório:

- Módulo do ganho $|G|$ em função da frequência f (valores experimentais e teóricos)
- defasagem (ϕ_{V_S, V_E}) em função da frequência f (valores experimentais e teóricos)

1.3 Análise dos resultados:

- Determine a faixa de passagem e a frequência de corte (f_c) a partir das curvas experimentais. Indique-as em seus gráficos.
- Calcule a frequência de corte teórica (f_c) do circuito, através dos valores dos elementos do circuito (Tabela 1). Compare o resultado com o valor obtido graficamente ($|G|$ e φ em função de f). Justifique eventuais discrepâncias.
- O circuito RC analisado neste experimento pode ser aplicado como filtro? Justifique.

2. RESPOSTA EM FREQUÊNCIA DE UM CIRCUITO RLC PARALELO:

2.1 Medida de Impedância do Circuito RLC:

. Monte o circuito da Figura 2, com os componentes fornecidos. (Obs: neste circuito altere R para 10 k Ω)

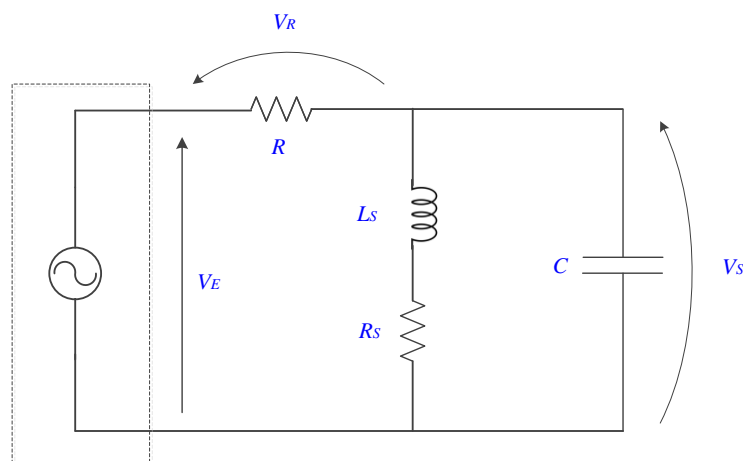


Figura 2- Circuito RLC

Obs: Medir V_S e V_E diretamente com as pontas do osciloscópio.

- Programe o gerador de funções para fornecer uma onda senoidal de amplitude de 10 Vpp.
- No osciloscópio, meça os valores eficazes de V_E e V_S , bem com as diferenças de fase φ_{V_S, V_E} para a faixa de frequências indicada na Tabela 3 do seu relatório.

Nota: utilizar o modo "média" (acquire) no osciloscópio para obter resultados mais precisos.

- Determine, a partir dos dados experimentais e das expressões teóricas:
 - O módulo do ganho do sistema para cada frequência aplicada;

ii. A fase do ganho teórica para cada frequência aplicada.

.Utilizando-se recurso computacional, construa os seguintes gráficos a partir dos dados experimentais:

iii. O gráfico do $|G|$ em função da frequência, f ;

iv. O gráfico da fase (ϕ_{V_S, V_E}) em função da frequência, f .

2.2 Análise dos resultados:

a) Determine as frequências de corte inferior (f_{c1}) e superior (f_{c2}) a partir da curva do módulo do Ganho.

b) Determine a frequência de ressonância (f_r), a faixa de passagem e o índice de mérito (Q) do circuito a partir do gráfico do módulo do ganho.

c) Determine o índice do mérito a partir dos parâmetros medidos do indutor (utilize fórmula indicada no relatório). Compare este resultado com o obtido a partir da curva experimental.

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

2.3 Aplicação de funções automáticas do *Gerador de Funções* para análise da resposta em frequência de circuitos:

Nesta parte da experiência faremos uma observação experimental do comportamento ressonante do circuito por meio de recursos do gerador de funções **AGILENT 33500B**.

Para isso, efetue a seguinte programação para gerar o sinal V_E :

. Tecele o botão **SWEEP** no painel do gerador. Na sequência, tecele as seguintes funções, impondo os valores indicados:

STARTFREQ = 5 kHz,

STOPFREQ = 15 kHz,

SWEEPTIME = 100 ms,

SWEEP TYPE = linear,

SWEEP = ON.

Com esta programação, o gerador de funções fornecerá na sua saída um sinal senoidal com frequência variável. De acordo com os valores impostos aqui, o sinal na saída do gerador variará sua frequência de 5 kHz a 15 kHz linearmente a cada intervalo de tempo de 100 ms.

- . Alimente o circuito com este sinal e observe o comportamento de V_S no osciloscópio.
- . Certifique-se que o modo “acquire” ou “média” do seu osciloscópio esteja desabilitado.
- . Mude a escala de tempo do osciloscópio para visualizar os sinais, de modo a identificar um ponto de máximo dentro do intervalo indicado no SWEEPTIME (no seu caso é igual a 100 ms).
- . Sugere-se utilizar sincronismo externo para estabilizar o sinal para realizar as medições.

Para correlacionar as leituras das medições na escala do tempo do osciloscópio com medições na escala em frequência, utilize a seguinte correspondência:

Cada intervalo de 100 ms (adotado na função SWEEPTIME) corresponde a um intervalo de 10 kHz em frequência (que foi definido pela frequência final menos a frequência inicial adotadas).

Com isso, esboce a curva obtida no osciloscópio por meio deste recurso do gerador e determine as seguintes grandezas relacionadas à tensão V_S com auxílio dos cursores:

- i. V_{max} e $V_{max}/\sqrt{2}$, respectivamente;
 - ii. a faixa (ou banda) de passagem (em Hz);
 - iii. a frequência de ressonância.
 - iv. Determine o Q do circuito através deste esboço.
- a) O circuito RLC acima analisado pode ser aplicado em que tipo de filtro?
 - b) Discuta seus resultados e resuma suas conclusões.

3. RESPOSTA EM FREQUÊNCIA DE VOLTÍMETROS CA

3.1 Efetue:

. Com o multímetro digital portátil (no caso, o modelo TX3 da Tektronix), meça as tensões senoidais de **5,0 V_{ef}** fornecidas pelo gerador de sinais, variando-se a frequência do sinal senoidal de 100 Hz a 30 kHz. Anote as leituras obtidas em tabela apropriada do seu relatório.

. Indique um procedimento experimental para determinar a frequência de corte do multímetro digital portátil.

3.2 Análise dos Resultados e Discussão:

- a.** Determine a frequência de corte do multímetro digital portátil por meio do procedimento sugerido.
- b.** Analisando-se a resposta do multímetro portátil no intervalo de frequências de operação especificado pelo fabricante, verifique se o equipamento forneceu leitura dentro da incerteza especificada.

Vide especificações de operação do multímetro no manual do instrumento, pg. 33, ou considere:

Para a faixa de 5 V de leitura e resolução de 5000 contagens, precisão de:

$\pm (0,4\% + 2 \text{ contagens})$ na faixa de 40 Hz a 20 kHz.

- c.** Comente e justifique sua resposta.
- d.** Discuta seus resultados e resuma suas conclusões.