



PSI 3031/3212 - LABORATÓRIO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS

EXPERIÊNCIA 03 – GUIA DE EXPERIMENTOS / RELATÓRIO  
COMPORTAMENTO DE COMPONENTES PASSIVOS

Profa. Elisabete Galeazzo / Prof. Leopoldo Yoshioka  
Versão 2018

No. USP	Nome	Nota	Bancada

<b>Data:</b>	<b>Turmas:</b>	<b>Profs:</b>
--------------	----------------	---------------

### Objetivos da experiência

Nesta experiência exploraremos diferentes funcionalidades do osciloscópio. Além disso, vamos entender o significado de dois modos de operação do gerador de funções: modos High Z e 50  $\Omega$ . Ênfase também será dada à análise de circuitos com componentes passivos, a fim de verificarmos experimentalmente o comportamento da reatância capacitiva e indutiva em função da frequência.

### Equipamentos e materiais

- Osciloscópio Agilent modelo DSOX2002A;
- Gerador de funções Agilent modelo 33500B;
- Multímetro de bancada de 6 ½ dígitos, modelo 34401A;
- Multímetro portátil e RLC Meter;
- *Protoboard*, fios e cabos;
- Resistores, capacitor e indutor.

## PARTE EXPERIMENTAL

### 1. Gerador de funções: modelo equivalente e modos de operação

---

**Objetivos:** Interpretar o significado dos modos de operação do gerador de funções (50  $\Omega$  e HIGH Z) e determinar experimentalmente a resistência interna desse equipamento.

---

1.1 Programe o gerador Agilent 33500B nesta sequência: **modo de operação High Z, sinal senoidal, 1 V<sub>RMS</sub>, 1 kHz.**

i) Meça a tensão eficaz **V** na saída do gerador em aberto (ou seja, sem carga ( $R = \infty$ )) com um multímetro de bancada (Agilent 3440A) (use cabo BNC-bananas) e compare com o valor indicado no painel do gerador.

Em um *protoboard*, conecte um resistor (**R**) nominal de **47  $\Omega$**  em série com o gerador de funções.

ii) Meça a tensão eficaz **V** sobre a carga com o multímetro.

R	Valor da tensão indicada no painel do gerador	V eficaz (em volts)
i) Aberto ( $\infty$ )		
ii) 47 $\Omega$		

iii) Esboce o circuito completo (com o valor da carga e o modelo equivalente do gerador), e calcule  $R_g$  (resistência interna) do gerador.

Visto do professor



**1.2** Altere o modo de operação do gerador para **50 Ω**. Na sequência, reajuste a sua tensão de saída para **1 V<sub>RMS</sub>**.

i) Meça a tensão eficaz **V** na saída do gerador em aberto com um multímetro de bancada e compare com o valor indicado no painel do gerador.

Conecte um resistor (**R**) nominal de **47 Ω** em série com o gerador de funções.

ii) Meça a tensão **V** sobre a carga.

<b>R</b>	<b>Valor da tensão indicada no painel do gerador</b>	<b>V eficaz (em volts)</b>
<b>i) Aberto (<math>\infty</math>)</b>		
<b>ii) 47 Ω</b>		

**1.3** Discuta a diferença entre as tensões obtidas na carga (de 47 Ω) e na saída do gerador (em aberto) nos dois modos de operação.

**1.4** Conclua qual é a finalidade de utilizar-se o modo de operação “50 Ω” no gerador de funções.

## **2. Funcionalidades do Osciloscópio: acoplamento CC e AC**

---

*Objetivos: Explorar os recursos de acoplamento CC e AC do osciloscópio*

---

**2.1** Programe o gerador de funções para fornecer **um sinal senoidal de 1 kHz, 5 V<sub>PP</sub> e offset de 2 V em High Z**.

Coloque o osciloscópio na condição default setup (fábrica padrão).

Visualize a forma de onda do sinal do gerador de funções simultaneamente nos dois canais do osciloscópio. No entanto, não use as pontas de prova, mas sim dois cabos BNC-BNC para ligar o gerador os canais 1 e 2. Para isso será necessário utilizar um adaptador BNC tipo T na saída do

gerador para ligar os dois cabos coaxiais, como exemplificado na Figura 1. Mantenha o canal 1 no acoplamento CC (ou DC) e o canal 2 no acoplamento CA (ou AC). Para isso, tecele os botões “1” e “2” do osciloscópio e selecione a função desejada através da softkey “acoplamento”.



*Adaptador BNC tipo T*



*Exemplo de derivação do sinal da saída de um gerador de funções utilizando-se o adaptador tipo T*

**Figura 1** – Utilização do adaptador BNC tipo T.

No osciloscópio, confira se as atenuações dos canais 1 e 2 estão adequadas e altere as escalas gráficas para melhor visualização dos dois sinais. Lembre-se que as pontas de prova atenuam o sinal de dez vezes, mas cabos coaxiais não!

Utilize também seus conhecimentos de trigger para deixar o sinal estável. Coloque a referência de zero dos dois canais na mesma linha (ou seja, na mesma posição vertical) do osciloscópio e imprima a tela resultante com os recursos do computador, salvando a imagem da tela do osciloscópio em um pen-drive.

**Para salvar a imagem do osciloscópio no dispositivo pen-drive, efetue:**

- . Insira o pen-drive no conector USB frontal do equipamento;
- . Acione o botão **“Save”** no painel do osciloscópio. No menu das softkeys, selecione **“salvar”** e escolha um formato de arquivo (ex. BMP);
- . Acione a softkey **“definições”** e escolha **“ret invertida”** (para inverter a cor do fundo do gráfico e deixá-lo branco);
- . Pressione a softkey **“salvar”**.

**Para imprimir um gráfico a partir do computador, efetue:**

Visualize a imagem do gráfico na tela do computador e tecele **“PrtScn”**. Selecione **“New Snapshot”**; **“capture mode = region”**, e com o mouse selecione a região que deseja imprimir. A seguir, tecele **imprimir**, selecionando uma das duas impressoras disponíveis no laboratório.

Na folha de impressão com os gráficos, identifique e comente sobre:

- . Todas as informações importantes indicadas ao redor da tela do osciloscópio;

- . A fonte e a tensão de trigger utilizados.
- . Quais são as diferenças observadas entre os sinais dos canais 1 e 2.

**2.2** Meça os seguintes parâmetros nos dois canais do osciloscópio: valor médio, valor eficaz (RMS) e  $V_{PP}$ . Indique estes valores na tabela::

	<b>Acoplamento</b>	<b>VPP</b>	<b>Valor eficaz: CC RMS N CICLOS</b>	<b>Valor médio: MÉDIA N CICLOS</b>
<b>Canal 1</b>				
<b>Canal 2</b>				

**i)** Analisando-se os valores da tabela, interprete qual é o efeito de se utilizar o acoplamento CA (ou AC) ou CC (ou DC) nas medições.

### 3. Reatâncias Capacitivas e Indutivas

---

*Objetivos: Observar o comportamento elétrico (tensão-corrente) de elementos reativos em função da frequência.*

---

**3.1** Antes de montar o circuito RL a ser utilizado, ilustrado na Figura 2 (com os valores nominais dos componentes iguais a: **R = 47  $\Omega$**  e **L = 3 mH**), meça os valores experimentais dos componentes. O indutor deve ser medido no equipamento “**LCR meter**” em 1 kHz. Veja como utilizar esse equipamento seguindo-se as instruções do folheto situado junto ao mesmo.

Grandeza	Valor nominal	Valor medido
Resistência (R)	47 $\Omega$	
Indutância (L) do indutor	3 mH	
Resistência série do "L" (resistência do fio de enrolamento do indutor)	10 $\Omega$	

Obs: após as medidas, coloque as duas pontas do LCR meter em curto e coloque-as no pino de indicação de "terra" no painel frontal do equipamento, caso você esteja utilizando o equipamento Agilent.

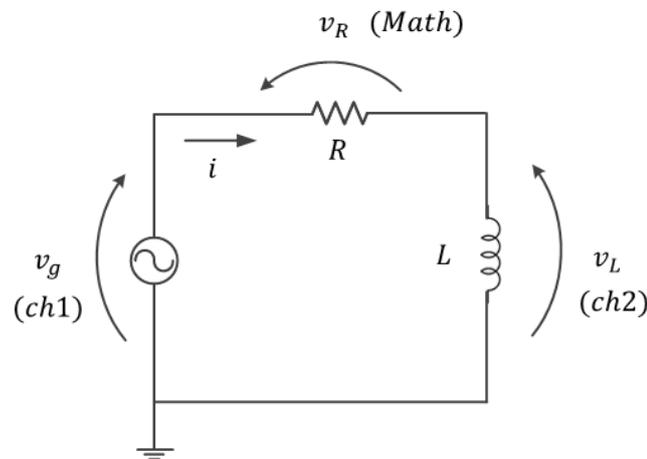


Figura 2 – Circuito RL.

Programa o gerador de sinais para fornecer um  **sinal senoidal na frequência de 100 Hz, 2 V<sub>PP</sub> e offset nulo em HIGH-Z.**

Antes de usar as pontas de prova do osciloscópio para medir os sinais, conecte-as ao Demo2 e verifique se estão ajustadas e com a atenuação adequada (lembre-se da experiência anterior!). Caso não estejam ajustadas, chame o professor.

Meça os valores eficazes (ou RMS) de  $V_R$  e  $V_L$  para diversas frequências ( $f$ ) do sinal de entrada (entre 100 Hz e 4 kHz, indicadas na tabela a seguir) e a defasagem entre tensão no indutor e corrente do circuito. Altere as escalas vertical e horizontal do osciloscópio para melhor visualização dos três sinais de tensão.

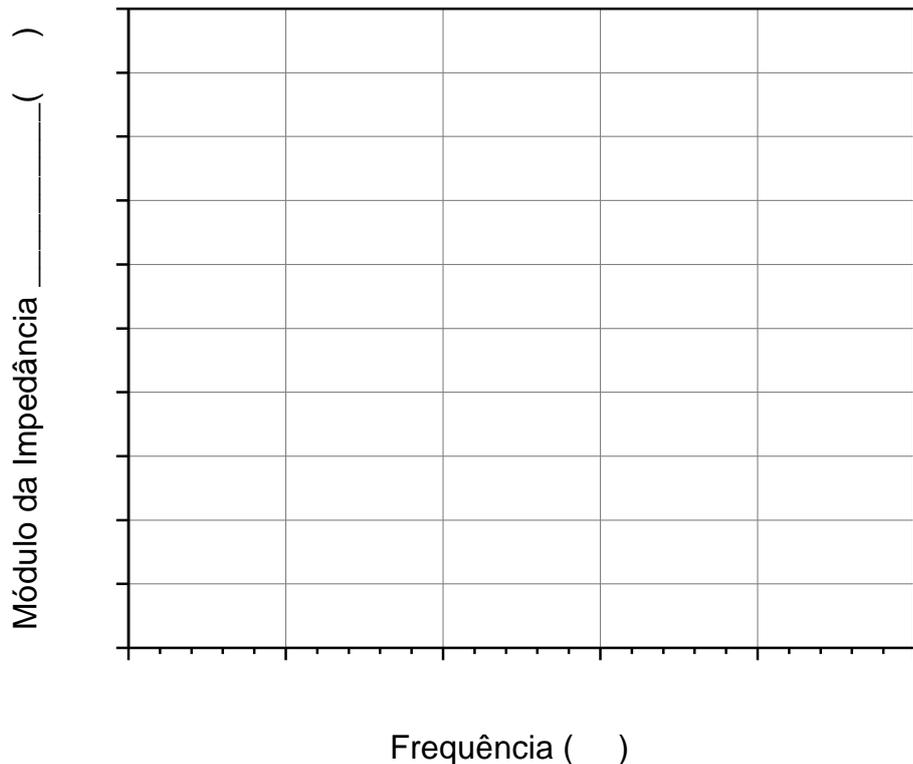
Anote na tabela os valores medidos e calcule a corrente e o módulo da impedância  $|Z_L|$  a partir da tensão no indutor e corrente do circuito. Indique as unidades das grandezas nos "( )".

Tabela com os valores experimentais e calculados:

Freq. (Hz)	Valores experimentais				Valores calculados	
	$V_g$ ( )	$V_L$ ( )	$V_R$ ( )	$\theta(V_L \rightarrow V_R)$	$I$ ( )	$ Z_L $ ( )
100						
500						
1 k						
2 k						
4 k						

i) Encontre experimentalmente a frequência em que  $V_L = V_R$ . Nesta condição, qual está sendo a relação entre  $X_L$  e  $R$ ?

ii) Represente graficamente o módulo da impedância do indutor em função da frequência. Discuta o comportamento de  $|Z_L|$  em função de  $f$  a partir da curva experimental.



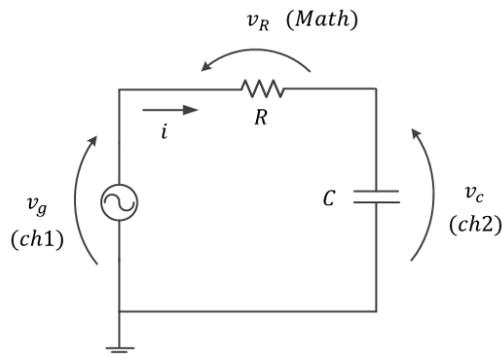
visto do professor:

iii) O módulo da impedância do indutor estimado graficamente para frequência nula é condizente com o esperado teoricamente? Justifique.

3.2 Antes de montar o circuito RC que será utilizado nesse item, esboçado na **Figura 3**, meça os componentes R e C com os seguintes valores nominais: **R = 1 kΩ** e **C = 220 nF**. Utilize o equipamento “**RLC meter**” para medição do capacitor **C** em 1 kHz ou com o multímetro portátil.

Grandeza	Valor nominal	Valor experimental
Resistência (R)	1 kΩ	
Capacitância (C)	220 nF	

Mantenha a mesma configuração inicial do gerador do item anterior: High Z, sinal senoidal de 100 Hz, 2 Vpp e offset nulo.



**Figura 3 - Circuito RC**

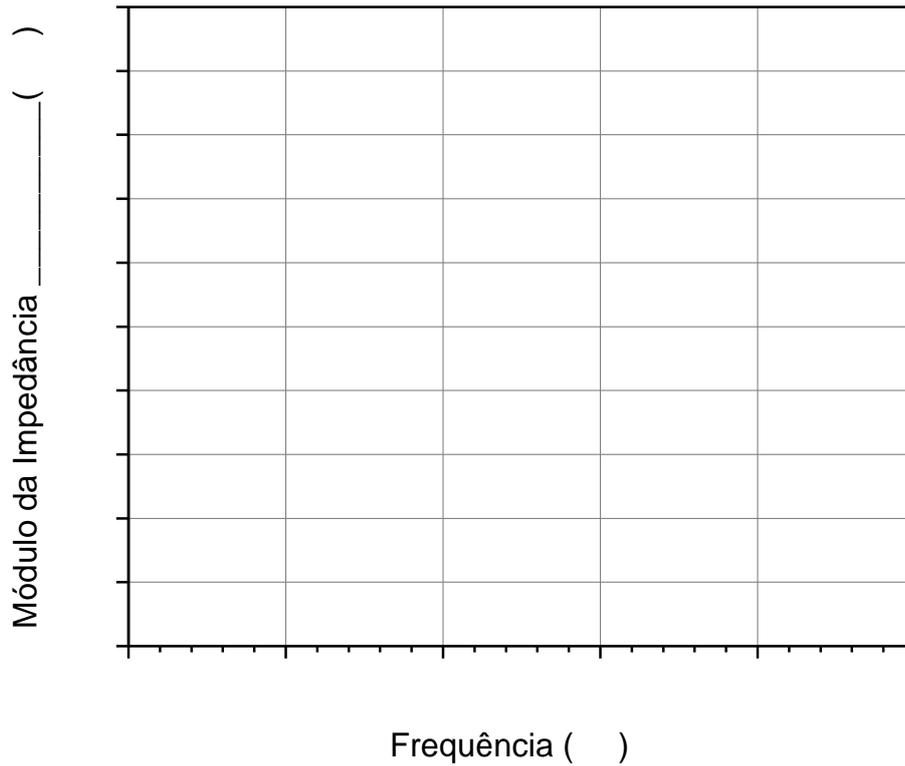
No osciloscópio, confira se as atenuações dos canais 1 e 2 estão adequadas, e altere as escalas gráficas para melhor visualização dos três sinais.

Meça com o osciloscópio os valores eficazes de  $V_R$  e  $V_C$  para diversas frequências ( $f$ ) do sinal de entrada (entre 100 Hz e 4 kHz). Anote na tabela a seguir os valores medidos e calcule a corrente eficaz (RMS) e o módulo da impedância do capacitor, a partir da tensão no capacitor e corrente do circuito.

Freq. (Hz)	Valores experimentais				Valores calculados	
	$V_g$ ( )	$V_C$ ( )	$V_R$ ( )	$\theta$ ( $V_C \rightarrow V_R$ )	$I$ ( )	$ Z_C $ ( )
100						
500						
1 k						
2 k						
4 k						

i) Encontre experimentalmente a frequência em que  $V_C = V_R$ . Nesta condição, qual está sendo relação entre  $X_C$  e  $R$ ?

ii) Represente graficamente o módulo da impedância do capacitor em função da “f”.



visto do professor:

iii) Discuta o comportamento do módulo da impedância do capacitor em função da frequência a partir da curva experimental.

**ITEM ADICIONAL (bônus de 1,0 no relatório):**

Utilize a mesma montagem de circuito do item 3.2 (Figura 3), onde  $R = 1\text{ k}\Omega$  e  $C = 220\text{ nF}$ .

Programa o gerador de funções para fornecer uma **onda quadrada de 50 kHz, 2 V<sub>PP</sub> e offset nulo em HIGH-Z**. Visualize as formas de onda da tensão do gerador ( $v_g$ ) e do capacitor ( $v_c$ ) com as pontas de prova do osciloscópio. **Obs: corrija a atenuação das pontas de prova, se necessário.**

i) Obtenha a forma de onda corrente ( $i(t)$ ) do circuito em função do tempo ( $t$ ) (dica: use a função MATH). Visualize 5 períodos dos três sinais. Minimize os ruídos dos sinais, caso seja necessário.

Obs: Caso apareçam “spikes” (picos estreitos de intensidade variada) nas transições dos sinais, despreze-os para o cálculo das grandezas.

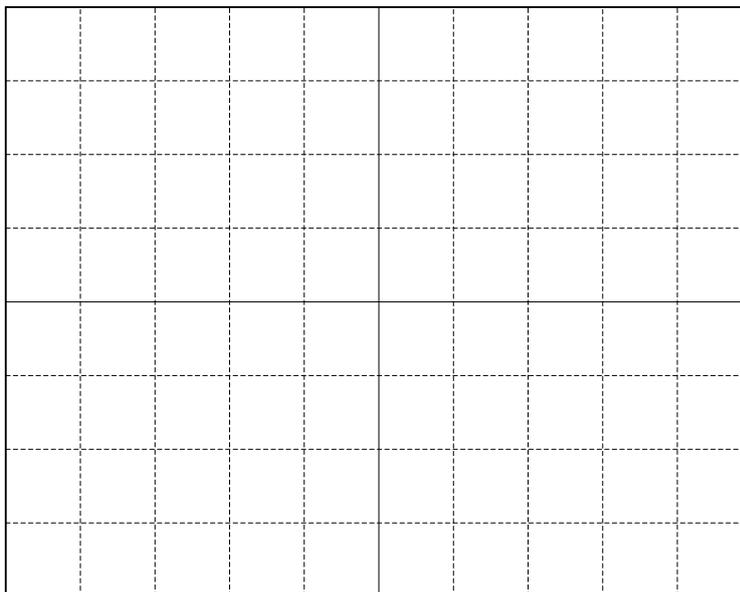
Esboce os gráficos da  $v_c(t)$  e da  $i(t)$ , indicando nele os valores de  $T$ ,  $V_{max}$ ,  $V_{min}$ ,  $I_{max}$ ,  $I_{min}$  do circuito:

Escalas do eixo y:

**Canal 1 ( $v_g(t)$ ):**

**Canal 2 ( $v_c(t)$ ):**

**Função Math:**



Escala do eixo x: \_\_\_\_\_

ii) Qual é a relação entre a forma de onda da tensão no capacitor e da forma de onda da corrente?

iii) A partir dos valores experimentais, calcule o valor da capacitância C (você pode usar a expressão 5 da *Introdução Teórica*).

**Ao finalizar o experimento, desligue todos os equipamentos e deixe a sua bancada organizada!**