



ESCOLA POLITÉCNICA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Departamento de Engenharia de Sistemas Eletrônicos

PSI 3031 - LABORATÓRIO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS

GUIA DE EXPERIMENTOS

Experiência 2 - Medição de Grandezas Elétricas

Profa. Elisabete Galeazzo / Prof. Leopoldo Yoshioka

1º quadrimestre de 2018

Objetivos da experiência

- Explorar funcionalidades do Osciloscópio Digital;
- Realizar medições em corrente alternada;
- Observar o comportamento de circuito com elementos resistivos e capacitivos quando alimentado por uma fonte alternada.

Equipamentos e materiais

- Osciloscópio; gerador de funções, multímetro portátil.
- *Protoboard*, fios e cabos;
- Resistores e capacitor.

PARTE EXPERIMENTAL

1. Explorar funcionalidades do Osciloscópio

Objetivos: aprender a utilizar novas funções, incluindo: ajustes da ponta de prova, verificação de funcionamento, trigger, sincronismo, média, salvar tela. imprimir.

No painel frontal do osciloscópio localize os itens identificados por números (#) conforme indicação da **Figura 1**.

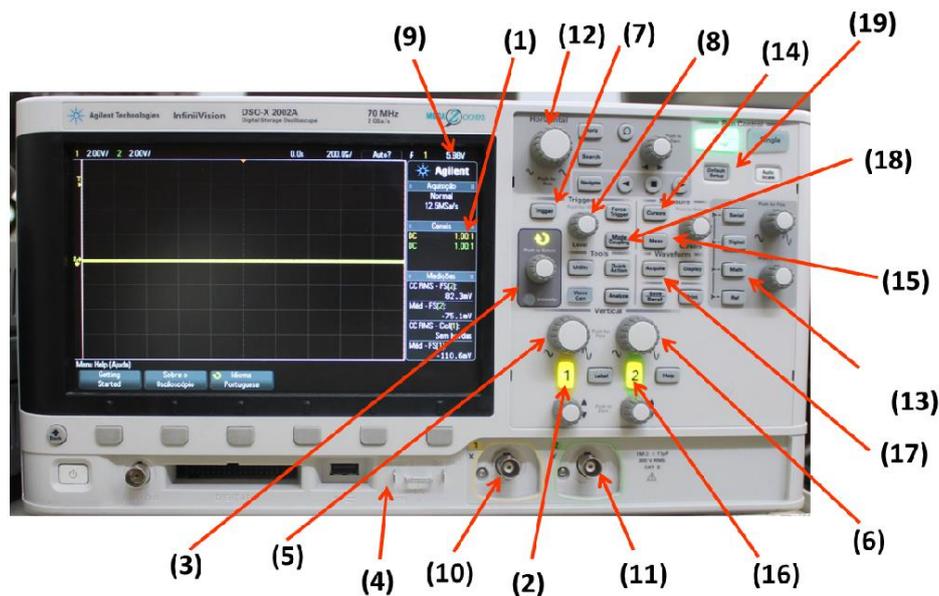


Figura 1 – Painel frontal do osciloscópio DSOX-2002A.

1.1 Ajustes do fator de atenuação de ponta de prova e medição do sinal de teste do osciloscópio

- Acione a tecla **“Default Setup”** (19) e selecione a configuração padrão de fábrica do equipamento, através da softkey indicada abaixo da tela.
- Coloque a ponta de prova atenuadora no **canal 1** (10) do osciloscópio.
- Verifique na tela do osciloscópio se o fator de atenuação (1) da ponta de prova está em **10:1**. Siga os seguintes passos, se necessário:
 - Pressione o botão de indicação do canal **1** (2) e selecione a *softkey* ¹ “Ponta de Prova”.
 - Gire o botão de **“controle”** (3), e escolha a razão do fator de atenuação **10:1**.
 - Confirme a ação, pressionando o próprio botão de **“controle”**.
- O osciloscópio gera um sinal de teste interno (uma onda quadrada), que pode ser visualizado utilizando-se as pontas de prova. Vamos observar este sinal conectando a ponta de prova do canal 1 no terminal **“Demo”** (4). Altere as escalas vertical e horizontal no painel do equipamento para visualizar adequadamente a forma de onda gerada.
- Caso a forma de onda quadrada esteja deformada, peça ajuda do professor para fazer a compensação da ponta de prova.

¹ “Softkeys” correspondem às seis teclas/botões situadas abaixo da tela do osciloscópio
Exp. 2 da disciplina PSI 3031 - Laboratório de Circuitos Elétricos

- Esboce a forma de onda do sinal de teste, destacando no gráfico: a tensão pico a pico, o referencial zero do sinal no eixo y e o seu período. Extraia os valores através das escalas dos eixos x e y do osciloscópio.

1.2 Trigger interno

- a) Coloque o gerador de funções Agilent 33500B no modo de alta impedância (**High-Z**). Programe-o para gerar uma onda senoidal de **2 V_{pp}** e **100 Hz** e utilize um cabo BNC-bananas na saída desse instrumento. Conecte seus terminais nos borners do protoboard e capture o sinal com a ponta de prova do osciloscópio. Faça os ajustes nos controles horizontal e vertical para visualizar alguns períodos e valores pico a pico do sinal na tela do osciloscópio. Altere o nível do trigger **(8)** para **1,5 V (9)**. Descreva e justifique o comportamento do sinal nesta condição.
- b) Ajuste o nível do trigger **(8)** em **0,8 V**. Descreva o comportamento do sinal neste caso. Explique.

1.3 Trigger externo

- a) Altere o sinal senoidal do item anterior para **10 mV_{pp}**. Ajuste as escalas do osciloscópio para visualizar o sinal com maior amplitude pico a pico possível. Altere o nível do trigger interno para buscar estabilização do sinal e descreva o sinal e o comportamento observado na tela do osciloscópio.
- b) Utilizando um cabo coaxial BNC-BNC, conecte a saída **“SYNC”** do gerador à entrada **“trigger in”** do osciloscópio, localizada no painel traseiro do equipamento. Tecele o botão **“Trigger” (7)**, mude a fonte do trigger para **“Externo”** (selecione a *softkey* **Fonte**), e pressione o botão de **controle** para confirmação. Tecele o botão **“Mode Coupling” (18)** e selecione as *softkeys* **“Acoplamento CC”** e **“Modo Auto”**². Altere o nível do trigger se necessário. Descreva o sinal e o seu comportamento com o uso do trigger externo.
- c) Desconecte o terminal BNC do **“trigger in”** do osciloscópio e conecte-o na entrada do canal 2 **(11)** do osciloscópio. Pelo fato do cabo utilizado ser coaxial BNC-BNC, a atenuação do canal 2 deve estar em **“1:1”** (*você sabe por quê?*). Assegure-se também que o acoplamento do canal 2 esteja em CC (escolha a *softkey* **CC**). A seguir, acione a tecla **“Trigger” (7)** e mude a Fonte do Trigger para o **canal 2**. Tecele em seguida **“Mode Coupling” (18)** e selecione **“Modo Auto”** e **“Acoplamento CC”** escolhendo as *softkeys* apropriadas. Verifique o comportamento do sinal do canal 1 ao variar o nível do trigger numa faixa de tensão que abranja o valor pico a pico do sinal do canal 2, e ultrapassando um pouco esse valor também. Explique o que aconteceu com o sinal observado na tela e discuta a razão do comportamento observado.

² Para mais informações sobre os recursos do trigger, veja o anexo **“Modos de Disparo do Trigger”**.
Exp. 2 da disciplina PSI 3031 - Laboratório de Circuitos Elétricos

1.4 Função “Média”

No caso de sinal de baixa amplitude³ a interferência do ruído torna-se mais evidente. O osciloscópio digital possui uma função para tratar esse tipo de problema.

- a) Mantenha o mesmo sinal do item anterior. Pressione o botão “**Acquire**” (17) e a softkey “**Mod Acquis**”, para ativar a função média. Altere a quantidade de médias (2, 4, 8,) por meio da softkey “**#médias**”. Descreva o efeito de aplicar-se a função média no sinal observado na tela do osciloscópio. Explique o efeito.

2. Medições de tensão e corrente de sinais alternados

Objetivos: Agora que conhecemos melhor o funcionamento do osciloscópio, vamos utilizá-lo para analisar o comportamento de tensões e correntes alternadas em circuitos com cargas resistivas e capacitivas.

2.1 Carga resistiva simples

O objetivo desta seção é monitorar a tensão e a corrente de um circuito resistivo em função do tempo, e determinar a potência média sobre a carga utilizando-se o osciloscópio.

Obs: Desconecte o sinal de trigger externo, caso ainda esteja utilizando-o.

- Monte o circuito mostrado na Figura 2 no protoboard. Utilize $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$. Conecte a ponta de prova no canal 1 (10) e seus terminais no resistor R1.
- Ajuste o gerador de funções para fornecer: sinal senoidal, amplitude de 8 Vpp , frequência de 1 kHz e modo de operação “**High-Z**”.

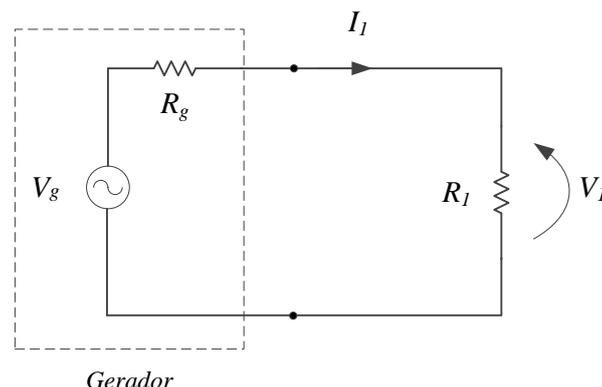


Figura 2 – Circuito com carga resistiva simples. No tracejado é indicado o modelo equivalente do gerador, onde $R_g = 50 \Omega$.

³ Sinais com amplitude menor que 500 mV podem ser considerados de baixa amplitude.
Exp. 2 da disciplina PSI 3031 - Laboratório de Circuitos Elétricos

- a) Ajuste o sinal no osciloscópio (use os controles vertical, horizontal e trigger). Meça a tensão pico-a-pico e o valor eficaz (**CA RMS**) sobre R1, atuando nas teclas “**Meas**” (15) e na softkey “**tipo**”. Com o botão de controle escolha as grandezas a serem obtidas.
- b) Calcule a razão entre as tensões eficaz e de pico a pico (valores experimentais) e compare com a razão dos valores teóricos das grandezas.
- c) Altere o valor do resistor **R1** para **100 Ω**. Meça os valores de tensão pico-a-pico e eficaz sobre ele. Compare o valor V_{1pp} medido com o valor programado no gerador. Explique a diferença entre os dois valores.
- d) Calcule a potência média, **P**, sobre o resistor de 100 Ω, a partir dos valores experimentais. Apresente seus cálculos.

2.2 Avaliação da tensão, corrente e potência de carga resistiva em função do tempo

O objetivo desta seção é observar o comportamento instantâneo da tensão, corrente e potência numa carga resistiva (R_1). Monitoraremos simultaneamente a tensão e a corrente sobre tal carga com o osciloscópio. Para isso, vamos introduzir ao circuito uma resistência de prova (*shunt*), que servirá para detectar a corrente que passa pela carga.

- Monte o circuito mostrado na Figura 3 com $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$ e $R_2 = R_{shunt} = 100 \Omega$.
- Ajuste o gerador para: **sinal senoidal; 4 kHz; 20 Vpp** e modo “**High-Z**”
- Observe com o osciloscópio as formas de onda sobre R_1 (canal 1 (Ch1)) e R_2 (canal 2 (Ch2)). Ajuste as escalas vertical e horizontal de forma a obter uma boa visualização dos dois sinais.
- A polaridade do canal 2 (Ch2) deverá ser invertida ($-v_2$), acionando a tecla “**2**” e a softkey “**invertida**”. Lembre-se das convenções de corrente e tensão para “**receptor**” e de “**gerador**”.

Atenção: Os terminais de terra das pontas de prova do osciloscópio devem ficar no mesmo ponto do circuito. Por quê?

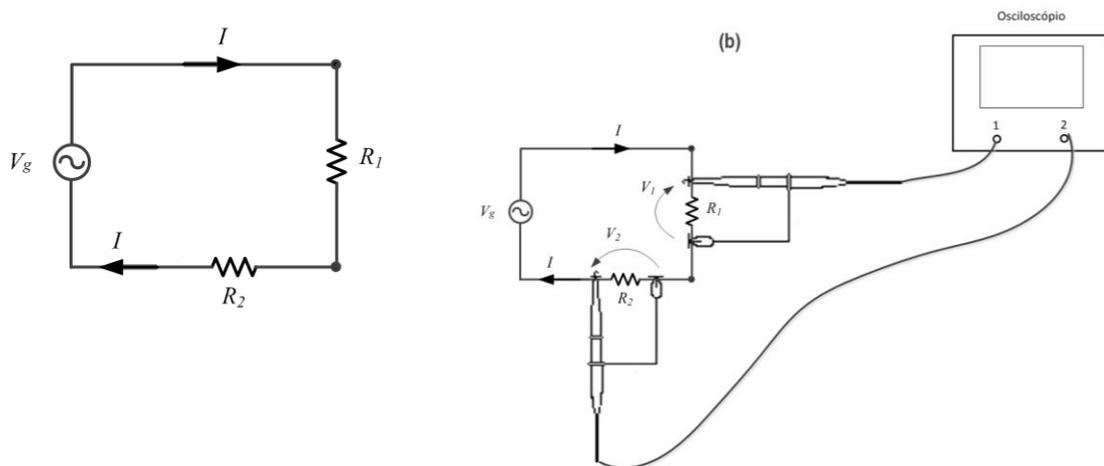


Figura 3 – Esboço da montagem para medição simultânea de tensão e corrente com o osciloscópio.

- Com o osciloscópio, obtenha os valores eficazes de v_1 e v_2 , selecionando-se o canal desejado para fazer as medições (canal 1 = fonte 1; canal 2 = fonte 2). Calcule o valor eficaz da corrente do circuito (I_{RMS}) (utilize o conceito do R_{shunt}) e o valor da potência média sobre R_1 . Apresente seu raciocínio.
- O osciloscópio permite efetuar operações matemáticas entre os canais 1 e 2. Acione a tecla “**Math**” (13) e execute o produto entre v_1 e v_2 selecionando-se a softkey apropriada. Esboce a função obtida e indique no gráfico o seu valor médio.
- Calcule o valor da potência média sobre R_1 através do gráfico do item anterior e compare com o valor obtido no **item a**.
- Analise e comente a curva $v_1 \times v_2$ obtida, comparando-a com as formas de onda v_1 e v_2 com relação às seguintes características:
 - . Frequência das três curvas;
 - . Por que a curva ($v_1 \times v_2$) não apresenta parcela negativa? Que relação tem o comportamento dessa função com a potência instantânea da carga resistiva?

2.3 Medição de defasagem entre sinais

O objetivo deste item é aprender como medir a defasagem entre dois sinais com o osciloscópio. Para isso será utilizado um circuito com um elemento capacitivo e um resistivo.

- Monte o circuito conforme mostrado na Figura 4 com $R = 1 \text{ k}\Omega$ e o capacitor $C = 100 \text{ nF}$.
- Ajuste o gerador para 2 V_{RMS} e frequência de $1,5 \text{ kHz}$.

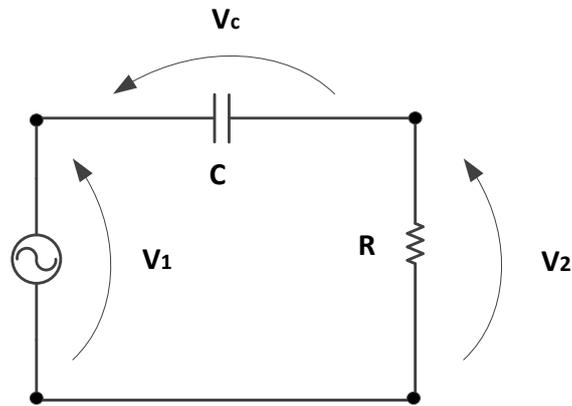


Figura 4 - Circuito para medição de defasagem entre os sinais.

- Observe com o osciloscópio as formas de onda de v_1 (por meio do canal 1 (Ch1)), v_2 (por meio do canal 2 (Ch2)) e v_c através da função **MATH** (que operação matemática deverá ser escolhida nesse caso?). **Obs:** verifique se as polaridades dos dois canais do osciloscópio estão adequados para efetuar as medições sobre os componentes na configuração “receptor” (por quê?).
- A seguir, efetue as medições solicitadas e responda as questões indicadas:
 - a) Meça, utilizando os cursores **X1** e **X2** (pressione a tecla “**cursores**”(14)) do osciloscópio, o atraso (Δt) entre os sinais v_1 e v_2 . A partir desse valor, calcule a defasagem dos sinais em graus. Quem está adiantado: v_1 ou v_2 ?
 - b) Meça, utilizando a função “**Meas**”, o atraso (ou retardo) e a defasagem entre os sinais v_1 e v_2 . Verifique se o valor obtido é condizente com o valor indicado no item anterior.
 - c) Meça a defasagem entre os sinais v_c e v_2 .
 - d) Por que a medida da defasagem entre os sinais v_c e v_2 pode ser utilizada para indicar a defasagem entre a tensão no capacitor e a corrente no circuito?
 - e) Analisando-se apenas as curvas experimentais obtidas, que sinal está adiantado: a corrente do circuito ou a tensão no capacitor? Como chegou a tal conclusão?