

## Experiência 2 – Metrologia Elétrica

### Medições com Osciloscópio e Gerador de Funções

1) Meça uma onda senoidal de período 16,6ms e amplitude de 4V pico a pico, centrada em 0V. Em seguida configure o menu Measures (medidas) para informar o valor médio do sinal e o RMS. Quais foram e o que representam os valores medidos? Altere o valor de *offset* no gerador de funções de modo que a senóide fique centrada em 2V (grampeada em + 2V). Quais são os novos valores de média e RMS? Comprove matematicamente essa alteração.

2) Ainda com o sinal anterior, explique a diferença entre configurar o acoplamento do canal do osciloscópio como CC ou CA. Porque existe essa função? Altere também a atenuação do canal. Que diferença isso causa nas medidas e para que serve essa função?

3) Com os mesmos sinais do item acima, centrado em zero e em 2V, faça as medições dos valores das tensões RMS com o osciloscópio, multímetro de bancada e multímetro digital. Explique as diferenças dos valores. Que tipo de tensão é possível medir com cada um dos instrumentos? O que muda alterando o acoplamento de CA para CC no osciloscópio.

	Multímetro de Bancada	Multímetro Digital	Osciloscópio
Sinal em zero			
Sinal em 2V			
Tipos de medições possíveis			

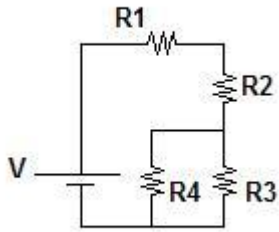
4) Meça simultaneamente uma onda quadrada e um sinal senoidal de mesma frequência, porém um com 2V pico a pico e o outro com 4V (lembre-se que ao usar mais de uma fonte de sinal, as referências devem ser as mesmas). Altere o modo do *trigger* do osciloscópio para o canal 1 e ajuste o nível de *trigger* até que ambos os sinais possam ser visualizados. Depois repita o procedimento só que com o *trigger* em canal 1. Agora varie a frequência de um dos sinais de modo que fique 5x maior. Ainda é possível visualizar corretamente os dois sinais? Como deve ser ajustado o *trigger*?

5) Ainda utilizando os dois sinais do exercício anterior, mova o nível do *trigger* para perto e para longe da onda. A partir do resultado, explique como funciona o *trigger* e porque ele é necessário.

6) Meça uma senóide de frequência superior a 1kHz e amplitude pico a pico menor que 0,1V (utilize a atenuação do gerador de funções). Quais funções do osciloscópio podem ser utilizadas para melhor visualizar o sinal, reduzindo os ruídos na leitura?

7) Utilizando o sinal anterior, meça o ruído presente no sinal. Quanto o ruído afeta o sinal (em porcentagem)? Descreva o procedimento utilizado na medição. (Utilize os cursores do osciloscópio).

8) No circuito abaixo, como se pode proceder para medir VR1 (queda de tensão em R1) em um canal e VR2 (queda de tensão em R2) em outro, simultaneamente (lembre-se de que as referências devem ser a mesma)?



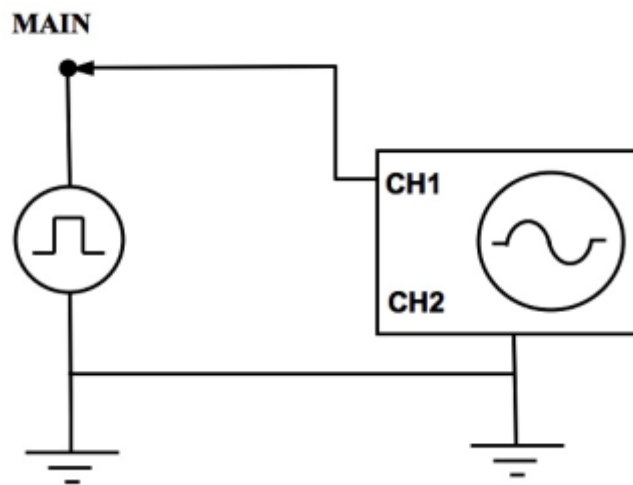
9) Para o mesmo circuito, como se pode proceder para medir VR2 em um canal e VR4 em outro, simultaneamente, sendo VR2 a queda de tensão em R2 e VR4 a queda de tensão em R4? Utilize o menu MATH do osciloscópio.

## PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Esta seção apresenta uma série de exemplos de aplicações. Esses exemplos simplificados destacam alguns dos recursos do osciloscópio e dão a você ideias de como usá-lo para solucionar seus próprios problemas de testes e medidas.

**4.1 Procedimento I:** seleção dos parâmetros da forma de onda no gerador de funções e medida de amplitude.

Monte o circuito da **Figura 1**. Observe que esse circuito corresponde a escolher a forma de onda quadrada e a ligar diretamente o canal CH1 à saída do gerador (conector "Output"). Este será o circuito utilizado para todos os procedimentos experimentais desta aula.



**Figura 1:** circuito a ser montado com um gerador de sinais e um osciloscópio.

Os botões do gerador de sinais são identificados por números, de acordo com a **Figura 2**.

1. Antes de ligar o gerador, verifique que os botões "Inv", "Duty Cycle", "CMOS Level", "DC Offset" e "-20 Db" estão desligados, isto é, na posição "OFF".
2. Ligue o gerador através do botão POWER.
3. Selecione a forma de onda quadrada através do botão correspondente.
4. Ajuste a frequência do gerador para 1 kHz. Para tanto você deve selecionar o botão de faixa de frequência "1 k" ou "10 k" e em seguida girar o botão "Coarse" de controle grosso de frequência para selecionar o valor de frequência. Caso necessário, um controle fino de frequência (com o botão "Fine") pode ser efetuado para escolher com precisão o valor desejado. A frequência de saída selecionada é exibida no mostrador juntamente com a sua unidade apropriada, kHz ou Hz.

**Note que a frequência no mostrador do gerador de sinais representa apenas uma indicação, a medida da frequência só é possível com o osciloscópio!**

5. Ajuste a amplitude do sinal de saída para  $V_0 = 4$  V usando o botão "Output Level". Como não há indicação da amplitude de saída, você deve medi-la com o osciloscópio. Utilize os controles verticais de posição e escala do canal 1 para exibir os patamares superior e inferior da onda quadrada na tela. Utilizando a rede de grátulas, meça a amplitude da onda quadrada.

**4.2 Procedimento II :** ajuste automático e controle de "trigger".

O botão "Auto Set" é bastante útil quando se deseja visualizar rapidamente uma dada forma de onda no osciloscópio. O osciloscópio identifica a forma de onda e ajusta seus controles para garantir uma exibição útil do(s) sinal(s) de entrada.

1. Pressione o botão "Auto Set" e espere até que a forma de onda esteja estável na tela.

Os botões do gerador de sinais são identificados por números, de acordo com a frequência.

1. Antes de ligar o gerador, verifique que os botões "Inv", "Duty Cycle", "CMOS Level", "DC Offset" e "-20 Db" estão desligados, isto é, na posição "OFF".

2. Ligue o gerador através do botão POWER.

3. Selecione a forma de onda quadrada através do botão correspondente.

4. Ajuste a frequência do gerador para 1 kHz. Para tanto você deve selecionar o botão de faixa de frequência "1k" ou "10k" e em seguida girar o botão "Coarse" de controle grosso de frequência para selecionar o valor de frequência. Caso necessário, um controle fino de frequência (com o botão "Fine") pode ser efetuado para escolher com precisão o valor desejado. A frequência de saída selecionada é exibida no mostrador juntamente com a sua unidade apropriada, kHz ou Hz.

**Note que a frequência no mostrador do gerador de sinais representa apenas uma indicação, a medida da frequência só é possível com o osciloscópio!**

5. Ajuste a amplitude do sinal de saída para  $V_0 = 4$  V usando o botão "Output Level". Como não há indicação da amplitude de saída, você deve medi-la com o osciloscópio. Utilize os controles verticais de posição e escala do canal 1 para exibir os patamares superior e inferior da onda quadrada na tela. Utilizando a rede de graticulas, meça a amplitude da onda quadrada.

**4.2 Procedimento II :** ajuste automático e controle de "trigger".

O botão "Auto Set" é bastante útil quando se deseja visualizar rapidamente uma dada forma de onda no osciloscópio. O osciloscópio identifica a forma de onda e ajusta seus controles para garantir uma exibição útil do(s) sinal(s) de entrada.

1. Pressione o botão "Auto Set" e espere até que a forma de onda esteja estável na tela.

2. Pressione o botão amarelo "1" (que habilita a exibição do menu do canal 1 na tela).

A tela indicará as opções selecionadas para o canal 1; descreva-as.

3. Pressione o botão de "Trig Menu", que habilita a exibição do Menu de "trigger".

A indicação do nível de Trigger estará ajustada aproximadamente no valor médio da forma de onda do canal 1. Com o botão "Level" aumente o nível do Trigger até ele ficar acima do patamar superior da onda quadrada. O que ocorre? Explique.

Retorne o nível do "trigger" até o valor médio da forma de onda para prosseguir com as medidas.

5. Leia a escala vertical da voltagem e a base de tempo automaticamente selecionada.

**4.3 Procedimento III :** execução de medidas com diferentes escalas.

Com o ajuste automático, o osciloscópio define automaticamente as escalas vertical e horizontal. Se você deseja alterar ou otimizar a exibição da forma de onda, ajuste manualmente esses controles.

1. Altere as escalas de voltagem para 0,5 V, 1 V, 2 V e 5 V por divisão e faça a leitura das amplitudes. Apresente os valores na tabela 1.

2. Altere as escalas de tempo para 0,1 ms, 0,2 ms, 0,5 ms e 0,05 ms por divisão e apresente os valores do período e da frequência na tabela 2.

3. Selecione a melhor escala de voltagem e de tempo para a sua medida.

**4.4 Procedimento IV :** utilizando o menu de medidas.

Uma alternativa à medida "visual" (por graticulas) é configurar o osciloscópio para fazer medições automáticas. Há 16 tipos disponíveis de medições (período, frequência, tensão pico-a-pico, fase, etc.), mas apenas 5 podem ser exibidas ao mesmo tempo.

1. Pressione o botão "Measure", que habilita a exibição de 5 grandezas no canto direito da tela do osciloscópio. Cada uma das 5 medidas exibidas na tela pode ser configurada para medir qualquer um dos 16 parâmetros disponíveis, e a medida pode ser feita sobre a forma de onda do canal 1, do canal 2 ou até sobre a forma de onda resultante de uma operação matemática envolvendo as duas formas de onda.

**NOTA:** se aparecer um ponto de interrogação (?) na leitura de Valor, o sinal estará fora da faixa de medição. Ajuste o botão de escala vertical do canal adequado para reduzir a extensão vertical da forma de onda ou altere a configuração da escala horizontal para mostrar um intervalo maior.

Para medir a frequência, o período, a voltagem pico-a-pico, o tempo de subida e a largura positiva, do sinal quadrado inicial:

2. Cada uma das 5 medidas exibidas na tela pode ser configurada pelo botão localizado ao seu lado direito. Pressione o botão localizado ao lado da 1ª grandeza (de cima para baixo) e o submenu "Medida 1" será exibido.

3. Selecione "Origem" ► "CH1".

4. Selecione "Tipo" ► "Frequência".

A leitura de "Valor" exibe a medição, atualizada a cada 0,5 s.

Note que ao exibir o submenu "Medida 1", um led verde localizado ao lado de um botão giratório se acende; este é o "botão de múltiplas tarefas", assim chamado em razão de sua função depender de qual menu estiver sendo exibido. Neste caso ele pode ser utilizado para escolher o "Tipo"; é mais rápido do que apertar o botão correspondente ao lado da tela.

5. Pressione o botão de opção "Voltar" e estaremos de volta ao menu "Medidas", mas com a primeira grandeza já configurada para medir a frequência do canal 1.

6. Pressione o botão localizado ao lado da 2ª grandeza (de cima para baixo) e o submenu "Medida 2" será exibido.

7. Selecione "Origem" ► "CH1".

8. Selecione "Tipo" ► "Período".

9. Pressione o botão "Voltar" e estaremos de volta ao menu "Medidas". A 2ª grandeza está configurada para medir o período do canal 1.

10. Pressione o botão localizado ao lado da 3ª grandeza (de cima para baixo) e o submenu "Medida 3" será exibido.

11. Selecione "Origem" ► "CH1".

12. Selecione "Tipo" ► "Pico a Pico".

13. Pressione o botão "Voltar" e estaremos de volta ao menu "Medidas". A 3ª grandeza está agora configurada para medir a tensão pico-a-pico do canal 1.

14. Pressione o botão localizado ao lado da 4ª grandeza (de cima para baixo) e o submenu "Medida 4" será exibido.

15. Selecione "Origem" ► "CH1".

16. Selecione "Tipo" ► "Max".

17. Pressione o botão "Voltar" e estaremos de volta ao menu "Medidas". A 4ª grandeza está agora configurada para medir o valor máximo da forma de onda do canal 1.

18. Pressione o botão localizado ao lado da 5ª grandeza (de cima para baixo) e o submenu "Medida 5" será exibido.

19. Selecione "Origem" ► "CH1".

20. Selecione "Tipo" ► "Larg. Pos.".

21. Pressione o botão "Voltar" e estaremos de volta ao menu "Medidas". A 5ª grandeza está agora configurada para medir a largura positiva da forma de onda do canal 1: o osciloscópio vai identificar 1º "pulso" positivo (positivo significativamente maior do que o valor médio da forma de onda) e medir sua largura.

22. Preencha uma **Tabela** com os valores medidos.

#### 4.5 Procedimento V : utilizando cursores.

Os cursores são pares de linhas que podem ser exibidos na tela para facilitar a medição de grandezas de voltagem (cursores horizontais) ou de tempo (cursores verticais).



**Figura 2:** cursores do tipo "Voltagem" (à esquerda) e do tipo "Tempo" (à direita).

Como exemplo de aplicação dos cursores, vamos medir a frequência e a amplitude das oscilações presentes na onda quadrada quando ela passa de um patamar para outro, e também seu tempo de subida.

Diminua a base de tempo de maneira que apenas a subida da onda quadrada esteja na tela (você deve observar um gráfico semelhante àquele mostrado na **Figura 3**). Note que a "subida" da onda quadrada não é vertical, como visto com a base de tempo inicial; além disso, após a subida o sinal apresenta algumas oscilações, que são atenuadas após um certo tempo e o sinal atinge seu valor "estacionário".

1. Pressione o botão "Cursor", que habilita a exibição do menu de "Cursores" na tela do osciloscópio.

Dentre os 5 botões localizados ao lado da tela, apenas os 2 superiores aparecem com opções.

2. Selecione "Tipo" ► "Tempo".

3. Selecione "Origem" ► "CH1". Ao fazer isso, aparecem opções também para os 3 botões inferiores (botões localizados junto à tela).

4. Pressione o botão de opção "Cursor 1". Isto seleciona o cursor 1 (localizado no canto esquerdo da tela) para ser movimentado; o movimento deve ser feito através do "botão de múltiplas funções" (note que o led ao lado do botão está aceso, indicando que ele está operacional).

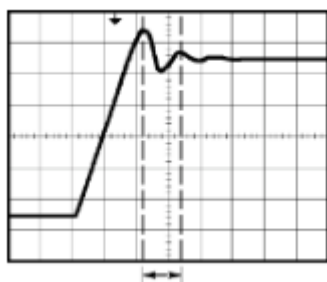
5. Gire o "botão de múltiplas funções" para posicionar o cursor 1 no primeiro pico da oscilação (veja a **Figura 3**).

6. Pressione o botão de opção "Cursor 2". O cursor 2 (localizado no canto direito da tela) está agora selecionado, e seu movimento é também controlado pelo "botão de múltiplas funções".

7. Gire o "botão de múltiplas funções" para posicionar o cursor 2 no segundo pico da oscilação (veja a **Figura 3**). Caso o 2º pico não esteja bem definido, mova a forma de onda para baixo e diminua a escala vertical.

Agora no 3º campo do menu "Cursores" aparecem 3 grandezas:  $\Delta t$  (a diferença de tempo entre os 2 cursores),  $1/\Delta t$  e  $\Delta V$  (a diferença de voltagem entre os pontos onde cada cursor cruza a forma de onda). Além disso, cada um dos campos "Cursor 1" e "Cursor 2" mostra duas grandezas: o tempo entre o início da forma de onda (dado pela posição horizontal do "trigger") e o cursor e a diferença de voltagem entre o ponto onde o cursor cruza a forma de onda e o zero do respectivo canal.

8. Anote todos estes valores e preencha uma **Tabela**.



**Figura 3:** figura que deve ser observada para medida do período de oscilação.

9. Ainda com o menu "Cursores" na tela, selecione agora "Tipo" ► "Amplitude". Aparecem 2 linhas horizontais na tela.

10. Pressione o botão "Cursor 1". Isto seleciona o cursor 1 para ser movimentado; o movimento deve ser feito através do "botão de múltiplas funções".

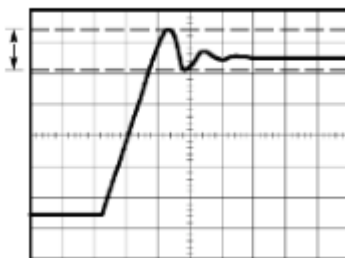
11. Gire o "botão de múltiplas funções" para posicionar o cursor 1 no primeiro pico da oscilação (veja a **Figura 4**).

12. Pressione o botão "Cursor 2". Isto seleciona o cursor 2 para ser movimentado; o movimento também deve ser feito através do "botão de múltiplas funções".

13. Gire o "botão de múltiplas funções" para posicionar o cursor 2 no 2º pico a oscilação (veja a **Figura 4**).

Agora no 3º campo do menu "Cursors" aparece 1 grandeza:  $\Delta V$  (a diferença de voltagem entre os pontos onde cada cursor cruza a forma de onda). Além disso, cada um dos campos "Cursor 1" e "Cursor 2" mostra a diferença de voltagem entre o ponto onde o cursor cruza a forma de onda e o zero do respectivo canal.

14. Anote todos estes valores e preencha uma **Tabela**.



**Figura 4:** figura que deve ser observada para medida da amplitude de oscilação.

Vamos agora medir o tempo de subida do "pulso" positivo da onda quadrada. Em geral, mede-se o tempo de subida entre os níveis 10% e subida 90% da forma de onda.

15. Ajuste a escala vertical de maneira que a amplitude da forma de onda seja próxima de 5 divisões.

16. Pressione o botão "1" (que habilita a exibição do menu do canal 1 na tela).

17. Selecione "Ganho variável" ► "Fino".

18. Ajuste a escala vertical de maneira que a amplitude da onda quadrada seja **exatamente** 5 divisões (ver **Figura 5**).

19. Gire o botão "Position" para centralizar a forma de onda verticalmente; posicione a linha de base da forma de onda (patamar inferior da onda quadrada) 2,5 divisões abaixo da linha horizontal central.

20. Pressione o botão "Cursor" para exibir o menu "cursors".

21. Selecione "Tipo" ► "Tempo".

22. Selecione "Origem" ► "CH1".

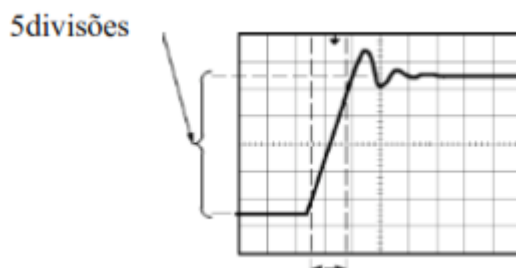
23. Pressione o botão "Cursor 1".

24. Gire o "botão de múltiplas funções" para posicionar o cursor 1 no ponto em que a forma de onda cruza a segunda linha da grátícula abaixo do centro da tela (ver **Figura 5**). Esse é o nível de 10% da forma de onda.

12. Pressione o botão "Cursor 2".

13. Gire o "botão de múltiplas funções" para posicionar o cursor 2 no ponto em que a forma de onda cruza a segunda linha da grátícula acima do centro da tela. Esse é o nível de 90% da forma de onda.

A leitura  $\Delta t$  no menu "Cursors" é o tempo de subida da forma de onda; preencha a **Tabela 6**.



**Figura 5:** figura que deve ser observada para medida do tempo de subida.