

Gerador de funções e osciloscópio

2.1 Material

- Osciloscópio digital;
- Gerador de funções.

2.2 Introdução

Na aula anterior utilizamos instrumentos de medida (amperímetro e voltímetro) e fontes de energia (fonte de voltagem DC) para estudar o comportamento de correntes elétricas e voltagens estacionárias, ou seja, que não variam com o passar do tempo.

No entanto, como veremos a partir da próxima aula, a resposta elétrica de alguns elementos de circuito que utilizaremos está relacionada com correntes e voltagens variáveis no tempo. Assim, para estudá-los devemos ser capazes de gerar e observar correntes e voltagens com essas características. Em nosso curso utilizaremos um **gerador de funções** (também conhecido como gerador de sinais) para gerar voltagens variáveis com o tempo e um **osciloscópio digital** para observá-las e medi-las.

Esta aula contém uma breve introdução ao funcionamento e operação destes dois equipamentos, com a descrição geral das funcionalidades que serão utilizadas neste curso. Para detalhes do funcionamento dos instrumentos que estão à disposição na sala de aula, consulte os manuais de operação específicos.

2.3 A onda quadrada

Existem diferentes formas de onda, mas na 1ª parte do curso utilizaremos apenas a onda quadrada. A figura 2.1 mostra o gráfico desta forma de onda, com o tempo no eixo

horizontal e a voltagem no eixo vertical. A primeira característica que podemos observar é que se trata de um sinal periódico, isto é, um sinal que se repete após um dado intervalo de tempo. A segunda característica é que a voltagem da onda oscila entre dois valores, simetricamente dispostos em torno de seu valor médio $V_{\text{med}} = 0$. Uma onda quadrada pode ser inteiramente definida por 2 parâmetros:

- o período T : é o intervalo de tempo necessário para que a onda se repita. Sua unidade SI é o segundo (s) e neste curso serão comuns seus submúltiplos, como o milissegundo ($1 \text{ ms} = 10^{-3} \text{ s}$) e o microssegundo ($1 \mu\text{s} = 10^{-6} \text{ s}$);

- a amplitude V_0 : é o valor máximo de voltagem que a onda assume, medido em relação ao valor $V_{\text{med}} = 0$. Sua unidade SI é o Volt (V) e neste curso será comum um de seus submúltiplos, o milivolt ($1 \text{ mV} = 10^{-3} \text{ V}$).

Uma terceira grandeza, diretamente relacionada ao conceito de período, é a frequência f , o número de oscilações que ocorrem num dado intervalo de tempo. A partir desta definição, é fácil perceber que a frequência é o inverso do período:

$$f = \frac{1}{T}. \quad (2.1)$$

A unidade SI para a frequência é o hertz (Hz), definido como $1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}$.

Além da amplitude V_0 , podemos também definir a tensão pico-a-pico V_{pp} como sendo a diferença (em módulo) entre o valor máximo e o valor mínimo de voltagem do sinal. Como os patamares superior e inferior da onda quadrada estão simetricamente dispostos em torno do valor $V_{\text{med}} = 0 \text{ V}$, a tensão pico-a-pico é o dobro da amplitude da onda:

$$V_{\text{pp}} = 2V_0. \quad (2.2)$$

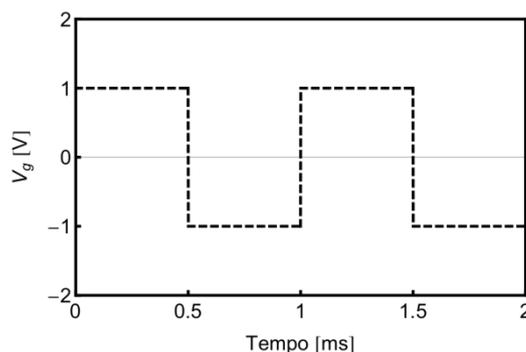


Figura 2.1: Forma de onda quadrada com período $T = 1 \text{ ms}$ e amplitude $V_0 = 1 \text{ V}$.

Na figura 2.1, temos a representação gráfica de uma onda quadrada com período $T = 1$

ms e amplitude $V_0 = 1$ V. Alternativamente, esta onda pode ser descrita como possuindo uma frequência $f = 1$ kHz e uma tensão pico-a-pico $V_{pp} = 2$ V.

2.4 Gerador de funções

O gerador de funções, ou de sinais, é um aparelho que gera voltagens V_g variáveis como função do tempo t . Nos aparelhos disponíveis no laboratório, é possível selecionar a forma de onda desejada, sua frequência (ou, equivalentemente, seu período) e sua amplitude. Como mostrado na figura 4.1, a voltagem gerada assumirá valores positivos ou negativos em relação a uma referência, que é denominada de GND (do inglês “ground”) ou terra.

é possível gerar uma forma de onda quadrada, triangular ou senoidal, com diversos valores de frequências e amplitudes de voltagens. Em muitos modelos existe um frequencímetro acoplado, e um visor digital mostra o valor de frequência ajustado.

A figura 2.2 mostra uma imagem do painel frontal de um gerador de sinais típico, semelhante aos que utilizaremos no curso. Ele possui várias funcionalidades, algumas das quais não serão utilizadas no curso. Faremos uma breve descrição das funcionalidades principais, presentes na maioria dos modelos de geradores de sinais, e sugerimos a consulta ao manual de operação do equipamento disponível na bancada.

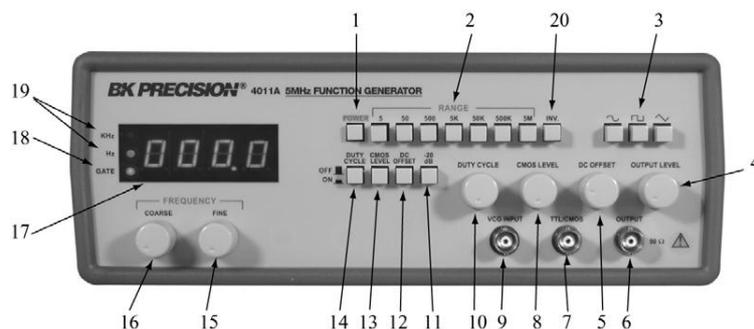


Figura 2.2: Painel frontal de um gerador de sinais típico.

2.4.1 Operação básica

Ao ligarmos o gerador de sinais, podemos iniciar o ajuste pela definição da forma de onda desejada, dentre as opções disponíveis (quadrada, senoidal ou triangular). A seguir passamos ao ajuste da frequência, e para isto selecionamos inicialmente o botão correspondente à faixa de frequência desejada. O ajuste da frequência é feito em seguida, e em alguns modelos é possível visualizar o valor ajustado em um visor, caso contrário é preciso o auxílio de um osciloscópio para isto. é importante ressaltar que o valor mostrado no visor representa apenas uma INDICAÇÃO da frequência do sinal; quando for solicitada uma medida da frequência, deve ser utilizado um INSTRUMENTO DE MEDIDA apropriado (osciloscópio).

A variação da amplitude do sinal de saída é feita através de outro botão de ajuste, que pode ser chamado “Output Level” (botão 4, na figura 2.2) ou “Amplitude”. Normalmente não há indicador da amplitude da onda gerada no visor, é preciso medi-la com um equipamento adequado (osciloscópio).

Para conectar o sinal produzido pelo gerador a um circuito ou a um instrumento de medida, basta utilizar um cabo com um conector compatível com a saída do sinal, normalmente um conector do tipo BNC.

2.4.2 Representação do gerador em um diagrama

Num circuito, representamos o gerador de funções pelo símbolo indicado na figura 2.3. O símbolo dentro do círculo representa a forma de onda gerada. No exemplo da figura 2.3 a forma de onda gerada é quadrada. GND na figura 2.3 significa o mesmo que referência ou terra.

A fim de obter familiaridade com o gerador de funções e o osciloscópio iremos conectá-los e a partir de exemplos de aplicação os efeitos dos vários controles nas saídas das formas de onda fornecidos pelo gerador de funções e dos recursos de medição do osciloscópio podem ser observados.

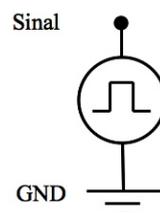


Figura 2.3: Representação esquemática de um gerador de funções num circuito elétrico. Neste caso o sinal gerado é uma onda quadrada.

2.5 Osciloscópio digital

O osciloscópio é um instrumento empregado para visualizar voltagens que variam com o tempo, mostrando um gráfico bidimensional com a voltagem no eixo vertical e o tempo no eixo horizontal. é utilizado para a determinação de amplitudes e frequências dos sinais de voltagem, bem como para comparação entre sinais diferentes. Muitas são suas funções e é fundamental para o bom andamento deste curso que o estudante se familiarize com as principais. Para tanto, uma breve descrição de seu princípio de funcionamento e principais funções serão a seguir apresentados.

A figura 2.4 mostra o esquema do painel frontal de um osciloscópio que usaremos como

exemplo. Outros modelos possuem características e operações muito semelhantes, e uma vez que se conheça o princípio básico de operação, não deve ser difícil migrar para outros modelos. Este painel está dividido em 4 áreas funcionais facilmente identificáveis: a tela, os controles verticais, os controles horizontais e os controles de gatilho (também chamados de controle de “trigger”). Neste texto apresentaremos uma visão geral rápida dos controles e das informações exibidas na tela.

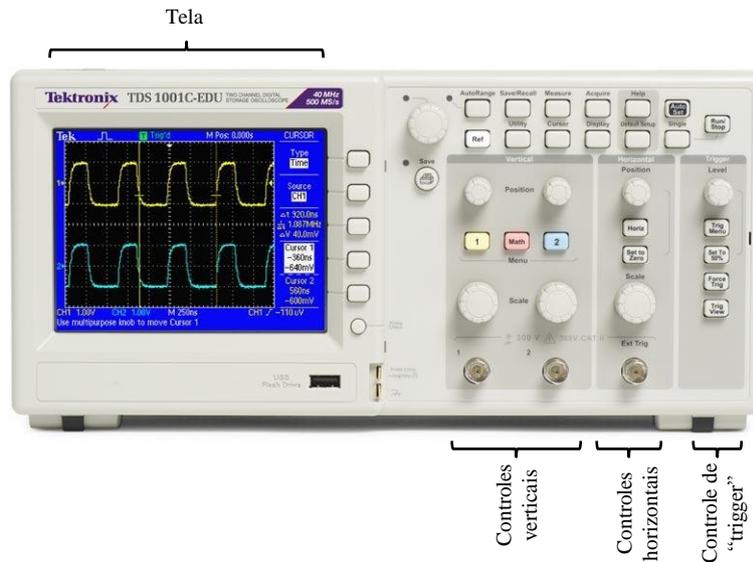


Figura 2.4: Painel frontal do osciloscópio mostrando as principais áreas funcionais.

2.5.1 Tela do osciloscópio

Além de exibir as formas de onda, a tela apresenta muitas informações sobre os sinais observados e sobre as configurações de controle do osciloscópio. Os osciloscópios utilizados neste curso possuem 2 canais de entrada, o que significa que até 2 sinais elétricos independentes podem ser visualizados ao mesmo tempo. Uma imagem típica observada na tela do osciloscópio está representada na figura 2.5.

2.5.2 Informações básicas sobre operação

Ao conectarmos um sinal periódico qualquer numa das entradas do osciloscópio, sua tela passará a mostrar um gráfico da voltagem do sinal em função do tempo. Os controles verticais permitem alterar a maneira como o sinal é mostrado na tela: ele pode ser amplificado (no caso em que queremos examinar algum detalhe seu, por exemplo) ou atenuado (no caso em que queremos compará-lo com um outro sinal de maior amplitude, por exemplo). Já os controles horizontais definem o quanto da evolução temporal do sinal será mostrado: isto é chamado de base de tempo. No caso de um sinal de período T , podemos

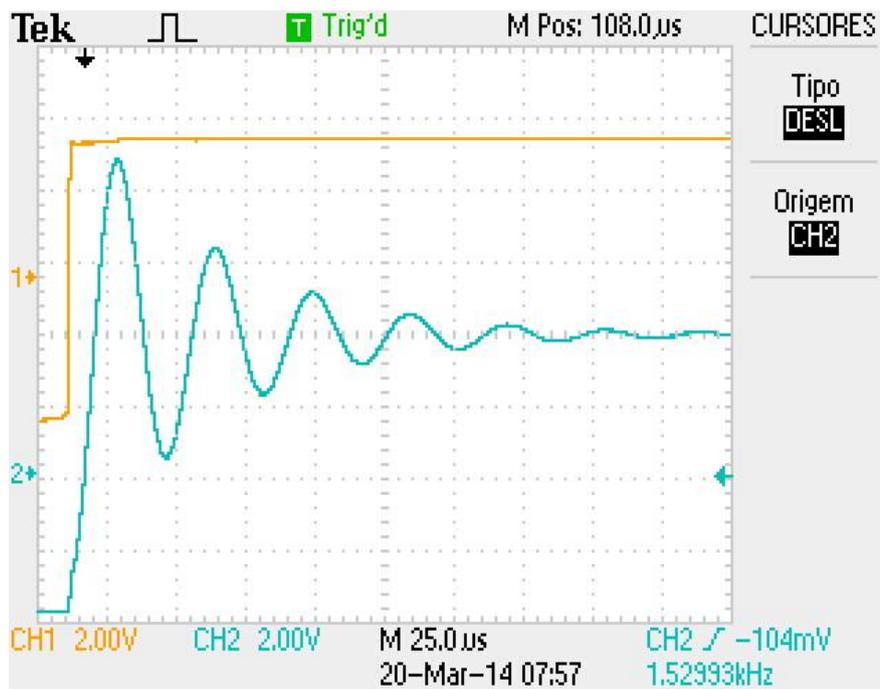


Figura 2.5: Imagem típica da tela do osciloscópio.

utilizar uma base de tempo bem maior que T para confirmar a periodicidade; mas se quisermos examinar algum detalhe da forma de onda, devemos utilizar uma base de tempo bem menor do que T .

É importante entender que mesmo quando a tela do osciloscópio exibe uma imagem fixa (“parada”), na verdade as formas de onda estão sendo continuamente “desenhadas” pelo osciloscópio, da esquerda para a direita: é por isso que nos referimos à “varredura” do osciloscópio. Quando a forma de onda termina de ser desenhada (normalmente no centro da tela, mas esta posição pode ser ajustada pelo usuário), a “caneta” (ou o cursor) está pronta para reiniciar a varredura. O controle de *trigger* define qual a condição para que o gráfico seja redesenhado a cada vez: caso esteja mal ajustado, pode ocorrer que a tela mostre várias ondas simultâneas (que ficam “correndo” pela tela do osciloscópio, impedindo qualquer tipo de medida) ou que nenhuma forma de onda seja mostrada.

A tela do osciloscópio é dividida num conjunto de retículos chamados de graticula, utilizada para fazer medidas sobre a forma de onda (seja de voltagem ou de tempo) de maneira rápida e intuitiva. Ao longo do eixo vertical ela é normalmente composta por 8 ou 10 divisões, enquanto ao longo do eixo horizontal podemos ver 10 divisões.

Controles verticais

A Figura 2.6 mostra os botões disponíveis para o controle da escala vertical. Como mencionado anteriormente, estamos usando como exemplo um osciloscópio que possui

2 canais: a forma de onda do sinal conectado ao canal 1 é sempre representada pela cor amarela, enquanto a cor azul é utilizada para o canal 2. Os controles verticais permitem habilitar ou desabilitar a apresentação das formas de onda na tela, ajustar a escala e a posição verticais, definir os parâmetros de entrada e até mesmo realizar operações matemáticas entre os sinais.



Figura 2.6: Comandos disponíveis para controle da escala vertical.

- **botão de escala:** seleciona fatores de escala verticais e assim amplia ou atenua o sinal de entrada do canal, aumentando ou diminuindo o tamanho vertical da forma de onda. Ao girar o botão para a esquerda ou direita, veremos que o fundo de escala (o valor em Volts representado por cada divisão vertical da graticula) aumenta ou diminui gradativamente, até os valores máximo e mínimo possíveis. As escalas selecionadas para cada canal aparecem na parte inferior da tela do osciloscópio (figura 2.5).

- **botão de posição:** determina em que linha da tela do osciloscópio será desenhada a posição de 0 V da forma de onda de cada canal. Ao girar o botão para a direita ou esquerda a forma de onda é deslocada para cima ou para baixo, uma vez que a posição do *zero volts* é alterada. Cada canal possui um indicador na tela do osciloscópio mostrando a posição de seu 0 V (na lateral esquerda da tela, figura 2.5). Atenção, pois se você deslocar excessivamente a forma de onda ela pode sair da tela do osciloscópio.

- **botão "Math":** permite fazer operações matemáticas sobre as formas de ondas dos 2 canais: soma, subtração, produto e Transformada de Fourier.

- **botões "1" e "2" (Menu):** a função primordial destes botões é habilitar ou desabilitar a exibição do respectivo canal (há um menu para cada canal). Quando apertado, se a forma

de onda está sendo exibida ela desaparece da tela; caso ela não esteja sendo exibida, ela volta a aparecer na tela. A função secundária é ativar o menu do respectivo canal na tela do osciloscópio. Quando um menu é ativado, suas opções aparecem no canto direito da tela.

- opções do menu de canal:

i. Acoplamento: cada canal pode ter 3 tipos de acoplamento: GND, CC e AC.

- CC (corrente contínua) - o sinal é mostrado sem nenhum processamento, com todos os componentes AC (dependentes do tempo) e DC (constantes no tempo).
- CA (corrente alternada) - o sinal é submetido a um filtro, que corta as frequências inferiores a 10 Hz; como resultado os componentes DC do sinal são eliminados e não são mostrados na tela do osciloscópio.
- GND - o sinal de entrada é desconectado, e um sinal de voltagem de referência (terra) é aplicado; o osciloscópio exibe uma linha horizontal (voltagem constante de 0 V).

ii. Limite da Largura de Banda: deve estar normalmente desligado.

iii. Ganho variável: se a opção "Grosso" estiver selecionada, ao girar o botão de escala só podemos selecionar as escalas 5 V, 2 V, 1 V, 500 mV, 200 mV, 100 mV, 50 mV, 20 mV, 10 mV, 5 mV e 2 mV. Na opção "Fino", é possível selecionar escalas intermediárias, como 1.02 V, 1.04 V, etc.

iv. Sonda: aplica um fator multiplicativo à voltagem do sinal de entrada. Pode ser utilizado quando se deseja medir um sinal muito baixo, e é preciso estar atento com as configurações automáticas (como aquelas obtidas usando o botão "Autoset"), já que todos os valores de voltagem medidos estarão multiplicados pelo fator escolhido; neste curso devemos usar sempre a opção "1X Voltagem".

v. Inverter: quando está ligada a forma de onda é invertida em relação ao nível de $V = 0$ V.

Controles de "Trigger" ou de gatilho

O sistema de gatilho ("trigger") determina a condição para que o osciloscópio inicie a varredura para exibir uma forma de onda. O objetivo é que cada vez que a forma de onda for desenhada na tela do osciloscópio, ela o seja da mesma maneira, de modo que as sucessivas formas de ondas mostradas na tela apareçam como uma imagem parada. Para fazer este sincronismo, utilizamos um sinal elétrico (chamado de sinal de "trigger"), que é continuamente monitorado pelo osciloscópio: ao finalizar a exibição de uma forma de onda,

a varredura só é reiniciada quando este sinal atinge um certo valor; cada vez que a varredura terminar, ela só será reiniciada quando o sinal de “trigger” atingir este mesmo valor. Desta maneira, cada varredura desenhará sempre o mesmo gráfico e a forma de onda aparecerá “parada” na tela. Se quisermos observar um sinal periódico no osciloscópio, a escolha natural para o sinal de “trigger” é o próprio sinal que queremos observar. Sempre que desejarmos observar um ou mais sinais no osciloscópio, é preciso escolher um sinal de “trigger” adequado para *disparar* a varredura; normalmente será um dos dois sinais de entrada (canal 1 ou 2).



Figura 2.7: Comandos disponíveis para controle de “trigger”.

- **botão de nível:** este é o botão que define o nível do “trigger”, isto é, o valor do sinal de “trigger” que uma vez atingido inicia a varredura. Este valor é mostrado no canto inferior direito da tela e é também indicado por uma seta na lateral direita (figura 2.5). Se utilizamos uma onda quadrada como sinal de “trigger”, o nível deve estar ajustado de maneira que fique contido entre os patamares superior e inferior da onda, como mostrado na figura 2.5. Caso o nível do “trigger” esteja ajustado acima do patamar superior ou abaixo do patamar inferior da onda quadrada, a aquisição ocorrerá de maneira automática (com as formas de onda rolando na tela) ou simplesmente não ocorrerá.

- **botão do menu de “trigger”:** ao apertar este botão as opções do menu do “trigger” são exibidas na lateral direita da tela. São elas:

i. Tipo: deve ser sempre “Borda”;

ii. Origem: define qual o sinal que será utilizado como “trigger”; será o canal 1 (“CH1”) ou o canal 2 (“CH2”). Mesmo quando este menu está desabilitado, o sinal utilizado como “trigger” é indicado no canto inferior direito da tela (figura 2.5).

iii. Inclinação: digamos que escolhemos uma onda quadrada de amplitude $V_0 = 1$ V como sinal de “trigger” e colocamos o nível do “trigger” exatamente na “metade” da onda

quadrada, em 0 V. Ora, num período uma onda quadrada passa pelo zero 2 vezes, quando passa do patamar inferior para o superior e quando passa do superior para o inferior, o que resultaria num disparo do “trigger” a cada meio-período. O ajuste de inclinação define se o “trigger” ocorre quando o nível é atingido na *subida* ou na *descida*. A opção selecionada também é indicada no canto inferior direito da tela (figura 2.5).

iv. Modo: no modo automático, ao fim de cada varredura o osciloscópio espera por um certo intervalo de tempo (chamado de tempo de espera ou “holdoff”); ao fim deste período, mesmo que a condição de “trigger” não tenha sido satisfeita a varredura será reiniciada. Neste modo, mesmo que o “trigger” esteja mal ajustado, sempre haverá uma forma de onda sendo exibida (é claro que no caso do “trigger” mal ajustado as formas de onda estarão “correndo” pela tela...). No modo normal, a varredura só é reiniciada quando a condição de “trigger” for detetada; enquanto isso não ocorrer, nenhuma forma de onda será exibida (a tela exibirá somente a última forma de onda adquirida).

v. Acoplamento: permite filtrar o sinal que será transmitido ao circuito de “trigger”. O acoplamento CC não realiza nenhuma filtragem e deve ser utilizado sempre que possível. As opções CA, *Rej. de Ruído* e *Rej. AF* podem ser utilizadas caso o ajuste do “trigger” não consiga resultar na exibição de formas de onda estáveis.

- **botão “Set To 50%”**: o osciloscópio ajusta automaticamente o nível do “trigger” para a metade entre os níveis máximo e mínimo do sinal utilizado como “trigger”.

- **botão “Force Trig”**: caso o sistema esteja aguardando um “trigger” (como no modo “Normal”) faz a aquisição do sinal, independente de um sinal de “trigger” ter sido recebido.

- **botão “Trig View”**: enquanto pressionado, exhibe o nível do “trigger” como uma linha tracejada e o sinal utilizado para o “trigger” como uma forma de onda na cor azul escuro.

Controles horizontais

A figura 2.8 mostra os botões disponíveis para o controle da escala horizontal. Mesmo quando 2 formas de onda estão sendo exibidas, a escala horizontal (base de tempo) é a mesma para ambas; não é possível usar bases de tempo independentes para cada uma delas. Os controles horizontais permitem ajustar a escala e a posição horizontais, escolher qual parte da tela será exibida e definir o tempo de espera do “trigger”.

- **botão de escala**: similar aos botões de escala do controle vertical, este botão seleciona fatores de escala horizontais. Desta forma podemos mostrar na tela um intervalo mais longo ou mais curto da evolução temporal do sinal medido: a forma de onda se “contrairá” ou se “expandirá” em torno da posição do “trigger” (ver abaixo). Ao girar o botão para a esquerda ou direita, veremos que o fundo de escala (o valor em segundos representado por cada divisão horizontal da graticula) aumenta ou diminui gradativamente, até os valores máximo e mínimo possíveis. A escala de tempo selecionada aparece na parte inferior da



Figura 2.8: Comandos disponíveis para controle da escala horizontal.

tela (figura 2.5). O fundo de escala horizontal é também conhecido como base de tempo ou velocidade de varredura.

- **botão de posição:** este botão seleciona a posição horizontal a partir de onde a forma de onda será desenhada, ou seja, onde será o início da contagem do tempo. Tem funcionamento bastante intuitivo: quando girado para a direita a forma de onda é deslocada para direita, e quando girado para a esquerda a forma de onda é deslocada para a esquerda. A posição do "trigger" é indicada por uma pequena seta vertical no topo da tela e seu valor é mostrado também acima da tela (figura 2.5): um valor positivo indica que o "trigger" está à esquerda do centro da tela, enquanto um valor negativo indica que ele está à direita.

- **botão de menu horizontal:** ao apertar este botão as opções do menu horizontal são exibidas na lateral direita da tela.

- **botão "Set to Zero":** faz com que a posição horizontal do "trigger" volte ao centro da tela.

2.5.3 Representação do osciloscópio em um diagrama

Num circuito, representamos o osciloscópio pelo símbolo indicado na figura 2.9. Ao contrário das medidas de voltagem realizadas com um multímetro, em que podemos fazer medidas entre quaisquer dois pontos do circuito, os osciloscópios sempre realizam medidas entre um ponto e o *terra* do circuito (que deve estar no mesmo potencial que o terra da rede elétrica).

Como exemplo de uso do osciloscópio para medidas de amplitudes e períodos de sinais

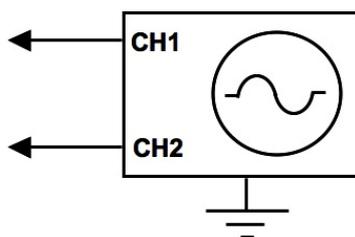


Figura 2.9: Representação esquemática de um osciloscópio num circuito elétrico. As setas indicam onde devem ser conectados os sinais dos canais CH1 e CH2.

periódicos no tempo, considere que o mostrador do osciloscópio seja aquele apresentado na figura 2.10, e que tenham sido utilizadas a escala vertical $1 \text{ DIV} = 5 \text{ V}$ e a escala horizontal $1 \text{ DIV} = 1 \text{ ms}$. Vemos que a forma de onda é senoidal. Para determinarmos o período e a amplitude dessa forma de onda, utilizamos o reticulado da tela do osciloscópio como régua. Observe que cada retículo, ou seja, cada DIV está subdividido em 5 divisões menores. Assim temos para este caso que a amplitude $V_0 = (1,7 \pm 0,1) \text{ DIV}$, ou seja, $V_0 = (8,5 \pm 0,5) \text{ V}$. Também temos que o período $T = (5,1 \pm 0,1) \text{ DIV}$, ou seja, $T = (5,1 \pm 0,1) \text{ ms}$.

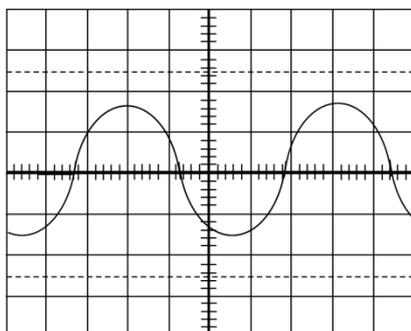


Figura 2.10: Exemplo de sinal na tela do osciloscópio que é discutido no texto.

2.6 Procedimentos Experimentais

Esta seção apresenta uma série de exemplos de aplicações. Esses exemplos simplificados destacam alguns dos recursos do osciloscópio e do gerador de sinais e dão idéias de como usá-los para solucionar seus próprios problemas de testes e medidas.

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

1. Monte o circuito da figura 2.11. Observe que esse circuito corresponde a escolher a forma de onda quadrada e a ligar diretamente a saída do gerador de sinais ao canal CH1. Este será o circuito utilizado para todos os procedimentos experimentais desta aula.

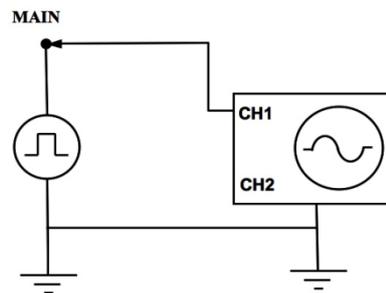


Figura 2.11: Circuito a ser montado com um gerador de sinais e um osciloscópio.

2. Ligue o gerador de sinais e selecione a forma de onda quadrada através do botão correspondente.
3. Ajuste a frequência do gerador para 1 kHz. Para tanto você deve selecionar o botão de faixa de frequência para "1K" ou "10K" e em seguida ajustar o valor desejado de frequência. Se o gerador de sinais utilizado for equipado com um frequencímetro e um visor, utilize-o para fazer o ajuste inicial da frequência, mas sempre utilize a leitura de frequência feita pelo osciloscópio para fazer o ajuste fino do valor desejado. Se o gerador não possuir um visor, ajuste a frequência diretamente a partir da leitura de seu valor na tela do osciloscópio.
4. Ajuste a amplitude do sinal de saída para que seu valor esteja próximo de 4 V, observando a forma de onda na tela do 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. Indique também a escala vertical utilizada.

2.6.2 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 (sinais) de entrada.

1. Pressione o botão “Auto Set” e espere até que a forma de onda esteja estável na tela.
2. Pressione o botão que habilita a exibição do menu do canal 1 na tela, e anote as opções selecionadas para o canal 1; descreva o que cada uma delas significa.
3. Pressione o botão 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 de nível, 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.
4. Anote a escala vertical da voltagem e a base de tempo selecionadas automaticamente.

2.6.3 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.

Utilize as escalas de voltagem de 1 V e 5 V por divisão e faça a leitura das amplitudes. Apresente os valores na tabela 1. Estas medidas devem ser feitas pelo sistema de graticulas, através da leitura do número de divisões e posterior multiplicação pelo valor da escala. Neste caso, as incertezas das medidas feitas serão calculadas como metade da menor divisão das graticulas, o que na prática corresponde a 10 % do valor da escala.

Tabela 1

Escala vertical	$V_0 \pm \sigma_V$ (V)	σ_V/V
1,0 V/DIV		
5,0 V/DIV		

Altere as escalas de tempo para 0,1 ms e 0,5 ms por divisão e apresente os valores do período e da frequência na tabela 2. Novamente as medidas devem ser feitas pelo sistema das graticulas, e as incertezas serão metade da menor divisão, ou seja, 10 % do valor da escala.

Tabela 2

Escala horizontal	$T \pm \sigma_T$ (ms)	σ_T/T
0,1 ms/DIV		
0,5 ms/DIV		

Quais escalas de voltagem e de tempo proporcionam uma medida com menor incerteza relativa?

2.6.4 Procedimento IV: utilizando o menu de medidas.

Uma alternativa à medida “visual”, pelo sistema de graticulas, é configurar o osciloscópio para fazer medições automáticas. Há vários tipos disponíveis de medições, tanto de voltagens quanto de tempo, como período, frequência, tensão pico-a-pico, amplitude, etc..

Pressionando o botão do menu de medidas automáticas, “Measure”, você poderá escolher em qual sinal será feita a medida, se no do canal 1 ou no do canal 2, e que tipo de medida será realizada. Também é possível realizar medidas na forma de onda resultante de operações matemáticas que tenham sido feitas entre as ondas dos canais 1 e 2.

é importante notar que as medidas são realizadas na forma de onda que aparece na tela. Assim sendo, para medidas da estrutura temporal do sinal, é preciso que ao menos um período da onda esteja sendo mostrado. Para medidas de voltagem, os limites inferior e superior da forma de onda devem estar visíveis, e para medidas de valores médios de voltagem, é preciso ajustar na tela do osciloscópio múltiplos inteiros de um comprimento de onda.

NOTA: se aparecer um ponto de interrogação (?) na leitura de valor, o sinal estará fora da faixa de medição. Ajuste a escala vertical do canal adequado para ou altere a configuração da escala horizontal, até que o ponto de interrogação deixe de ser mostrado ao lado do valor medido.

Meça a frequência, o período, a voltagem pico-a-pico, o tempo de subida e a largura positiva do sinal quadrado inicial e complete a tabela 3 com valores medidos.

Tabela 3

Grandeza	Valor $\pm \sigma$
f	
T	
V_0	
V_{pp}	
L_{pos}	

2.6.5 Procedimento V: usando os 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 2.12: 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 2.13). 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. Utilizando os cursores de “tempo” (barras verticais, como na fig. 2.13), meça o período da oscilação da subida da voltagem. Para isto posicione o cursor 1 no primeiro pico

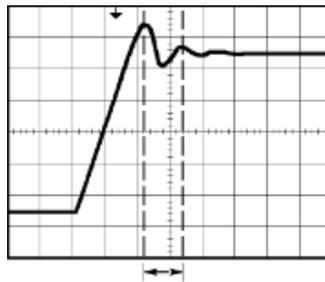


Figura 2.13: Figura que deve ser observada para medida do período de oscilação.

da oscilação, e posicione o cursor 2 no segundo pico da oscilação (veja a Figura 2.13). A leitura da diferença de tempo da leitura de cada cursor, Δt , dará o período, enquanto a leitura de $1/\Delta t$ dará o valor da frequência desta oscilação. Anote todos estes valores e preencha a Tabela 4.

Tabela 4

Tipo Tempo - frequência de oscilação			
Cursor 1	Cursor 2	Δt	$1/\Delta t$

- Ainda usando os "Cursors" na tela, selecione agora tipo "Amplitude". Aparecem 2 linhas horizontais na tela.
- Meça a amplitude dos picos da oscilação posicionando o cursor 1 no topo do primeiro pico e o cursor 2 na base do segundo pico. Agora no menu "Cursors" faça a leitura da grandeza ΔV , a diferença de voltagem entre os pontos onde cada cursor cruza a forma de onda, conforme a figura 2.14.
- Anote todos estes valores e preencha a Tabela 5.

Tabela 5

Tipo Amplitude - amplitude dos picos da oscilação		
Cursor 1	Cursor 2	ΔV

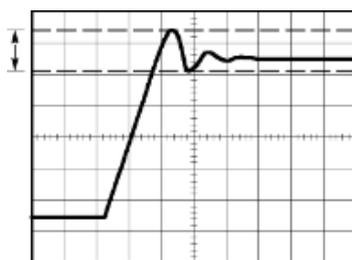


Figura 2.14: Figura que deve ser observada para medida da amplitude de oscilação.

- 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 90% da forma de onda. Ajuste a escala vertical de maneira que a amplitude da forma de onda seja próxima de 5 divisões.

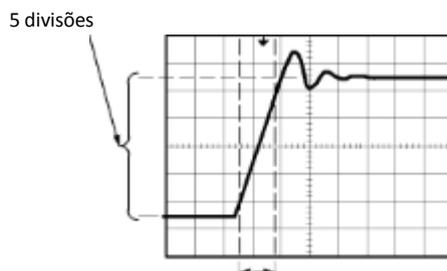


Figura 2.15: Figura que deve ser observada para medida do tempo de subida.

- Pressione o botão “1” (que habilita a exibição do menu do canal 1 na tela), e selecione a opção de “Ganho variável Fino”.
- Ajuste a escala vertical de maneira que a amplitude da onda quadrada seja exatamente 5 divisões (ver figura 2.15).
- 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.
- Usando os cursores do tipo “Tempo” posicione o cursor 1 no ponto em que a forma de onda cruza a segunda linha da graticula abaixo do centro da tela (ver Figura 2.15). Esse é o nível de 10% da forma de onda.
- Posicione o cursor 2 no ponto em que a forma de onda cruza a segunda linha da graticula acima do centro da tela. Esse é o nível de 90% da forma de onda.
- A leitura Δt no menu “Cursores” é o tempo de subida da forma de onda; preencha a Tabela 6.

Tabela 6

Tipo Tempo - tempo de subida				
Cursor 1	Cursor 2	Δt	$1/\Delta t$	ΔV

2.6.6 Procedimento VI: observação de 2 formas de onda simultaneamente.

Como mencionado anteriormente, os osciloscópios disponíveis no laboratório têm a capacidade de mostrar simultaneamente 2 formas de ondas independentes. Vamos utilizar essa capacidade para observar 2 formas de onda produzidas pelo gerador de ondas.

1. Conecte com um cabo coaxial a saída principal do gerador de funções (pode estar identificada como "Output" ou "Main", dependendo do modelo utilizado) ao canal 2 do osciloscópio.
2. Conecte com um outro cabo coaxial a saída auxiliar do gerador de funções (pode estar identificada como "TTL/CMOS" ou "Sync", dependendo do modelo utilizado) ao canal 1 do osciloscópio.
3. Selecione uma forma de onda senoidal, e ajuste a frequência e a amplitude do sinal para 1 kHz e 4 V, respectivamente.
4. Caso as 2 formas de onda não estejam aparecendo na tela do osciloscópio, use o ajuste automático (botão "Autoset"). O aluno deve ver 2 formas de onda diferentes, cada uma mostrada com uma cor. Selecione uma base de tempo que permita a visualização de ao menos um período completo da onda quadrada.
5. Pressione o botão que habilita a exibição do Menu de "trigger". No lado esquerdo da tela, veja qual sinal está sendo utilizado como "trigger" (é a opção "Origem"). Selecione o sinal do canal 1 como o sinal do "trigger" (caso esta opção já não esteja selecionada). Note que a seta que indica o nível do "trigger" na tela tem a cor do sinal selecionado como origem.
6. Varie o valor do nível do "trigger", sem no entanto levá-lo acima (abaixo) do patamar superior (inferior) da onda quadrada. As formas de onda se deslocam horizontalmente na tela?
7. Selecione agora o sinal do canal 2 como o sinal do "trigger". Novamente varie o valor do nível do "trigger", sem no entanto levá-lo acima (abaixo) do valor máximo (mínimo) da onda senoidal. Desta vez as formas de onda se deslocam horizontalmente na tela? Explique.

2.6.7 Procedimento VII: adicionando valores constantes aos sinais.

Os geradores de funções permitem que se some um valor constante (“offset”) às formas de onda produzidas. Normalmente o operador pode escolher o valor deste “offset”.

1. Mantendo o mesmo arranjo do procedimento anterior, selecione uma forma de onda quadrada e, no osciloscópio, desabilite a exibição do canal 1.
2. Aperte o botão “DC Offset” e varie o valor somado ao sinal periódico com o botão giratório “DC Offset”; dependendo do modelo do gerador, você deverá puxar o botão “DC Offset” e então girá-lo. Ajuste o valor do “offset” de maneira que o patamar inferior da onda quadrada esteja sobre a linha de 0 V.
3. Agora habilite a exibição do menu do canal 2 e, na opção “Acoplamento”, selecione a opção “CA”. O que ocorre com a forma de onda? Explique.