

# Osciloscópio

## Introdução

O osciloscópio é um instrumento que permite a verificação da forma de onda de sinais elétricos assim como medir a tensão pico a pico ( $V_{pp}$ ), a frequência e fase destes sinais. A principal característica de um osciloscópio que se leva em consideração na hora de comprar é a máxima frequência que ele pode medir com precisão. Desta forma, temos osciloscópios de 10, 20, 40, 60, 100 ou mais MHz. Veja na Figura 1 dois exemplos de osciloscópio, um de 20 e outro de 60 MHz:

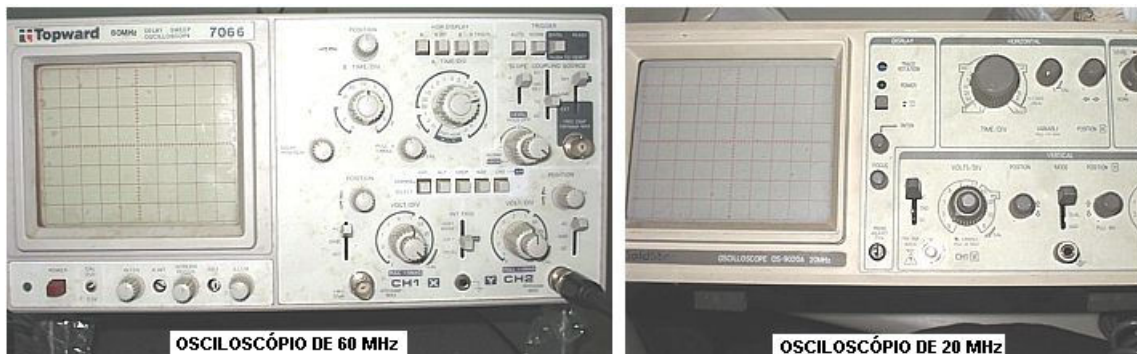


Figura 1 - Exemplos de osciloscópios com diferentes limites de leitura de frequência.

Um osciloscópio apresenta grandes vantagens em comparação a um simples multímetro, porém seu custo é muito superior e em determinadas aplicações não se justifica sua aquisição. O preço de um equipamento deste é da ordem de US\$ 800,00 sendo encontrado no mercado osciloscópios com preços muito superiores a este.

## Classificação dos osciloscópios

**Por tipo - Analógicos**, cujas funções são controladas por chaves e potenciômetros e os **digitais**, controlados por teclas. Alguns têm saída para ligação no PC. Assim podemos salvar no computador as formas de ondas obtidas em determinados circuitos e também imprimi-las;

**Por traço - Traço simples**, com um único canal ou **duplo traço** com dois canais (CH1 e CH2) que permitem a verificação de dois sinais ao mesmo tempo e até sobrepor um ao outro. Há também disponível osciloscópio com até quatro canais de leitura simultânea;

**Por visor – TRC (tubo de raios catódicos)** usa um tubo de imagem redondo ou quadrado com fósforo verde que têm dentro dois pares de placas de deflexão (a deflexão do tubo de TV é magnética) e o **LCD (display de cristal líquido)**, que usa uma tela de cristal líquido. Este último modelo vem substituindo os osciloscópios de TRC.

A escolha do equipamento depende do tipo de aplicação a que se destina, por isso é aconselhável estudar todas as possibilidades futuras antes da aquisição de um osciloscópio.

## CONTROLES DE UM OSCILOSCÓPIO

Os osciloscópios têm vários ajustes e funções, porém a quantidade varia de um modelo para o outro. Mas os ajustes básicos são os mesmos e para esta explicação usaremos um osciloscópio disponível no laboratório ilustrado na Figura 2.

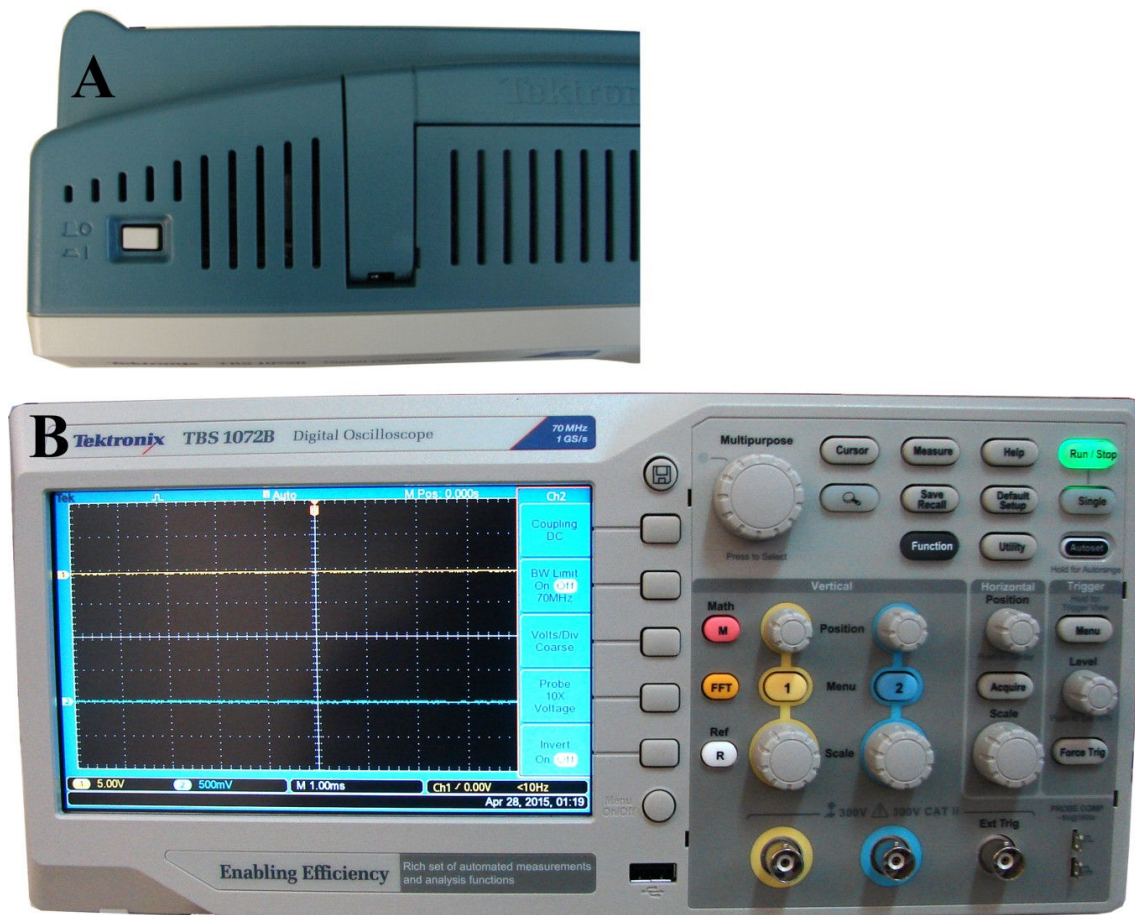


Figura 2 – Osciloscópio digital de duplo canal para medida de sinais elétricos alternados de até 70 MHz.

O botão de liga desliga do osciloscópio é ilustrado na Figura 2A. Na Figura 2B é possível observar a tela do equipamento bem como seu painel de controle, com destaque para os controles *Vertical* e *Horizontal* que servem para ajustes e leituras de parâmetros como amplitude e frequência de um sinal elétrico respectivamente. A tecla Run/Stop serve para ativar a leitura em tempo real, neste caso a tecla fica acesa em verde, ou para congelar a leitura, situação em que a tecla fica acesa em vermelho. O botão Menu On/Off ira ativar ou desativar os menus laterais da tela de leitura. O potenciômetro Multipurpose (multifunção) serve para selecionar opções dos menus de configurações, girando esse botão é possível escolher as opções disponíveis em cada menu de configuração e pressionando no meio do botão é confirmada a seleção.

## SELETOR DO CANAL

Para selecionar o canal que será visualizado na tela deve-se apertar o botão com o número do canal (1 ou 2) no painel de controle vertical, ilustrado em detalhes na Figura 3. Assim que o canal é selecionado um traço horizontal ira aparecer na tela com

a mesma cor do botão de seleção de canal e um menu lateral ira surgir mostrando as configurações possíveis para o canal. No painel vertical logo abaixo dos botões de controles verticais existem dois conectores do tipo BNC, onde se devem conectar as pontas de provas que iram medir o sinal no circuito a ser testado.



Figura 3 - Controles verticais para os canais de entrada 1 (em amarelo) e 2 (em azul). Entradas pontas de prova são conectores do tipo BNC de 50 $\Omega$ .

### SELETOR DE ENTRADA AC/DC

O osciloscópio pode medir tensões alternadas e também alternadas somadas a tensões contínuas, para selecionar a forma como ele ira medir o sinal de entrada é preciso selecionar o tipo de acoplamento de sinal. Esta seleção pode ser feita por meio do menu do canal que esta realizando a medida. Para isso pressione a tecla menu com o número do respectivo canal que se deseja configurar, o menu lateral ira aparecer e utilizando as teclas do lado direito do menu selecione “*Coupling*” um sub-menu ira aparecer, como ilustra a Figura 4, com o auxilio do botão *Multipurpose* selecione a configuração desejada e pressione o botão *Multipurpose* para confirmar. Na posição **GND** a entrada do canal fica desligada e aparece apenas um traço na tela. Em **AC** podemos visualizar uma tensão alternada aplicada e em **DC** podemos visualizar uma tensão contínua ou um sinal que varie, porém mantenha um eixo de CC como referência.



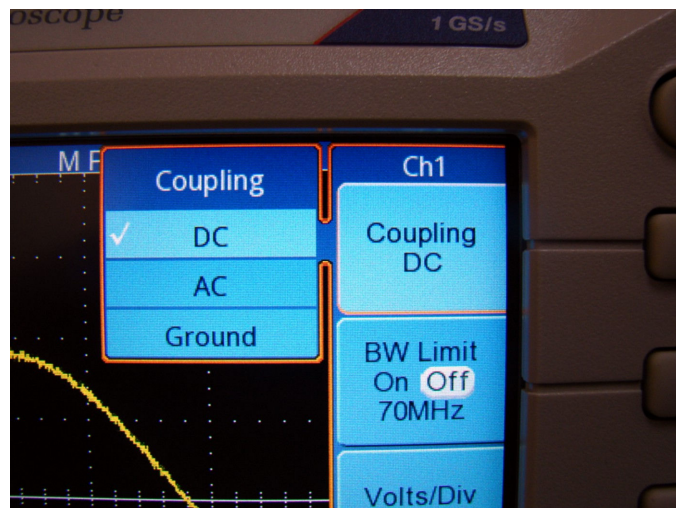


Figura 4 – Detalhes do menu de configurações do canal de entrada, onde pode-se escolher o tipo de acoplamento de entrada do canal.

### ESCALAS DE TENSÃO

Para cada canal do osciloscópio há uma chave seletora de tensão. A tensão é lida no eixo vertical da tela (Y). O ajuste da escala de tensão são feitos nos botões *Scale* do menu vertical, ver Figura 3. Além do ajuste da escala de tensão para se fazer a leitura correta da amplitude do sinal alternado é necessário configurar a atenuação da ponta de prova. A atenuação é um recurso que reduz o sinal medido, por um fator multiplicador, antes de o sinal entrar no osciloscópio, assim, é preciso configurar no osciloscópio o valor correto de atenuação para se ter uma medida precisa. A atenuação da ponta de prova é ajustada no menu do canal de entrada selecionando a opção *Attenuation*, como ilustrado na Figura 5. Verifique na ponta de prova utilizada em que posição se encontra a chave de atenuação (1X ou 10X) e selecione no sub-menu *Attenuation* o valor correto, com o auxílio do botão *Multipurpose* selecione a configuração desejada e pressione o botão *Multipurpose* para confirmar.

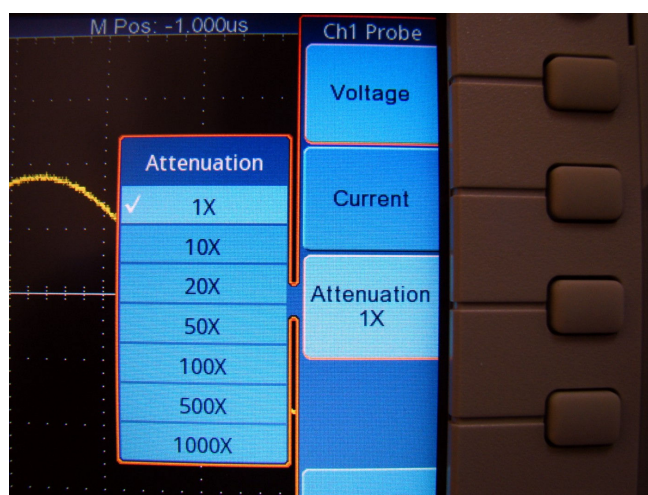


Figura 5 - Detalhes do menu de configurações do canal de entrada, onde pode-se escolher a atenuação de sinal entrada do canal, observar que essa função é somente para se poder fazer a correta leitura de amplitude do sinal a atenuação efetiva se encontra na ponta de prova.

A referência da escala selecionada no botão *scale* é indicada na parte inferior da tela do osciloscópio, conforme indica as setas na **Figura 6**. A escala de cada canal é indicada logo após o número do canal, exibido na tela, com a mesma cor do traço que referencia os respectivo canal que esta realizando a leitura.

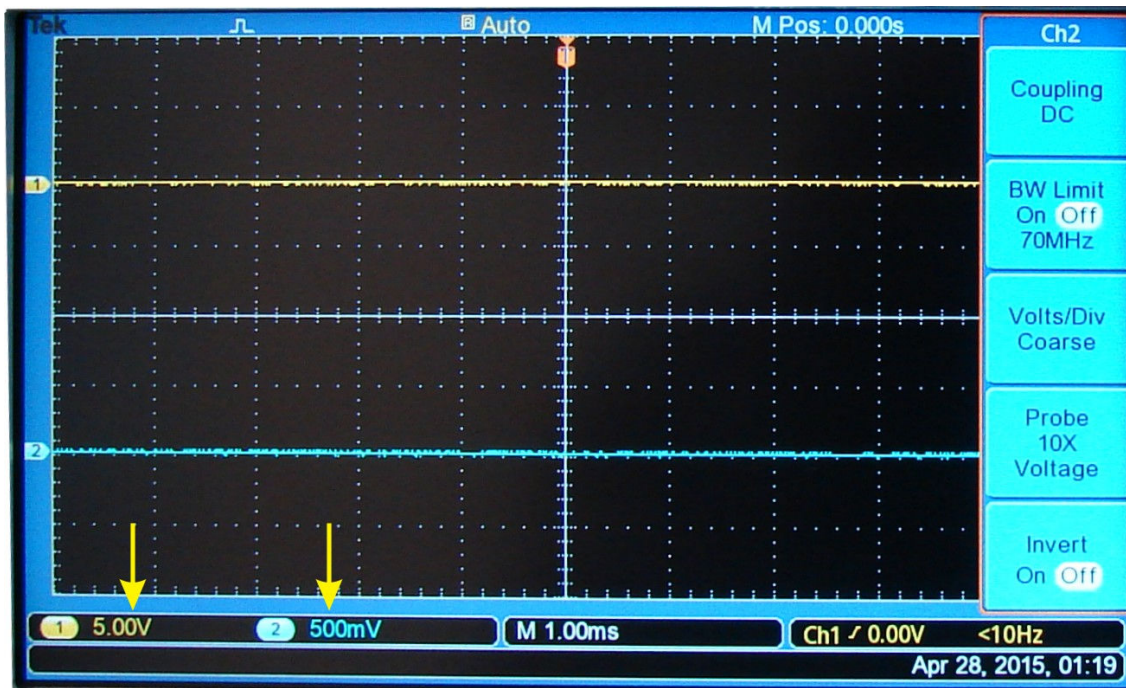


Figura 6 - Informações das respectivas escalas utilizadas para realizar a leitura do sinal de entrada são indicadas pelos respectivos números dos canais seguidos pelo valor da escala. Os valores de escalas estão indicados pelas duas setas.

Como vemos na Figura 6, a escolha da escala de tensão funciona de forma semelhante à do multímetro. Cada posição da chave indica o valor de cada divisão para cima ou para baixo do eixo central. Observe que cada divisão possui 5 subdivisões. O valor máximo de tensão que o osciloscópio pode medir é indicado da seguinte forma: a maior escala multiplicada por 8 (número de divisões total) x10 (fator de redução máximo da ponta de prova, que pode variar dependendo da ponta de prova utilizada). Exemplo: Se a maior escala do osciloscópio é de 5 V fica  $5 \times 8 \times 10 = 400$  V. Aqui vale a seguinte observação: **Se não se sabe o valor da tensão do sinal que vai ser medido, comece com a maior escala e use o fator x10 da ponta de prova. Após vá abaixando a escala até se conseguir uma leitura precisa do valor. Se a tensão for muito maior que a escala pode danificar o osciloscópio.**

## ESCALAS DE FREQUÊNCIA

No osciloscópio, a frequência é lida no eixo horizontal (x). Porém não é a frequência que vem indicada e sim o período do sinal. **Frequência (F)** é o número de vezes que um sinal muda de sentido (ciclo completo) por segundo. **Período (T)** é o tempo necessário para o sinal completar um ciclo. Estas grandezas são inversamente proporcionais:  $F = 1/T$ . Por exemplo, a frequência da rede elétrica é 60 Hz e o seu período é:  $T = 1/60 = 0,016$  s ou 16,6 ms. O botão que seleciona o tempo para cada

divisão no eixo horizontal se encontra no painel Horizontal e se chama *scale* como ilustra a Figura 7.



Figura 7 - Detalhes do controle horizontal e do sistema de gatilho de sinal do osciloscópio.

Assim como no eixo vertical no eixo horizontal a escala é indicada na própria tela do osciloscópio no rodapé inferior, como indica a seta na Figura 8.

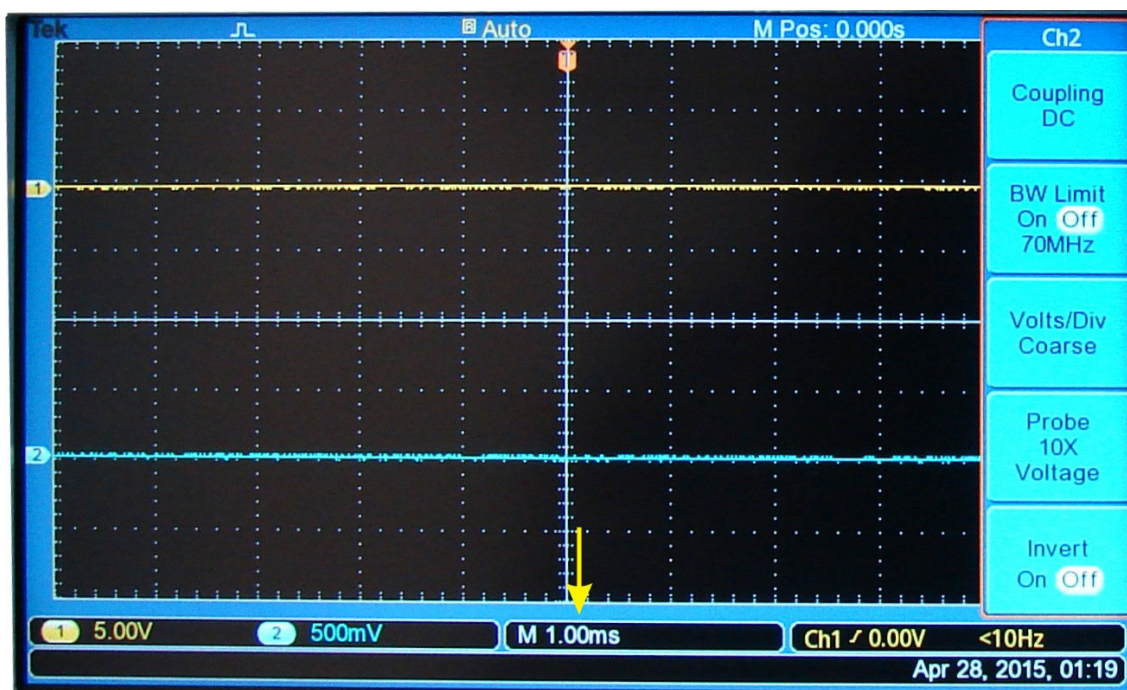


Figura 8 – O valor da escala de tempo é indicado na tela do osciloscópio como destacado pela seta indicativa.

As escala são divididas em tempos de milissegundos (ms) para frequências mais baixas e microssegundos ( $\mu$ s) para frequências mais altas. Para facilitar, fazemos o seguinte: Quando a chave estiver em ms, dividimos o número 1.000 ( $10^3$ ) pela indicação



para sabermos a frequência e quando a chave estiver em  $\mu\text{s}$ , dividimos 1.000.000 ( $10^6$ ) pela indicação para sabermos a frequência.

A escolha da escala de tempo do osciloscópio pode começar nos ms ou  $\mu\text{s}$  e ir girando a chave para um lado ou outro até obtermos uma boa visualização do sinal (dois ou três ciclos completos do sinal). A seguir contamos quantas divisões (e subdivisões) ocupa um ciclo completo do sinal e multiplicamos pela escala que estiver à botão do tempo (scale na Horizontal), obtendo um tempo T. Se a chave estiver em ms, fazemos  $1.000/T$  e se a chave estiver em  $\mu\text{s}$ , fazemos  $1.000.000/T$  e teremos a frequência. Veja a seguir exemplo da Figura 9, as setas indicam o intervalo de tempo de um ciclo completo, neste intervalo temos 2,9 subdivisões horizontais ocupadas pelo ciclo completo. Este valor é então multiplicado pela escala de 50,0  $\mu\text{s}$  o que nos dá um período  $T = 145$ , como é  $\mu\text{s}$  fazemos  $F = 1.000.000/145$ , logo a frequência medida será de 6896,55 Hz. Pode se também calcular a frequência diretamente fazendo  $F = 1/(2,9 \times 50 \times 10^{-6}) = 6896,55 \text{ Hz}$ .

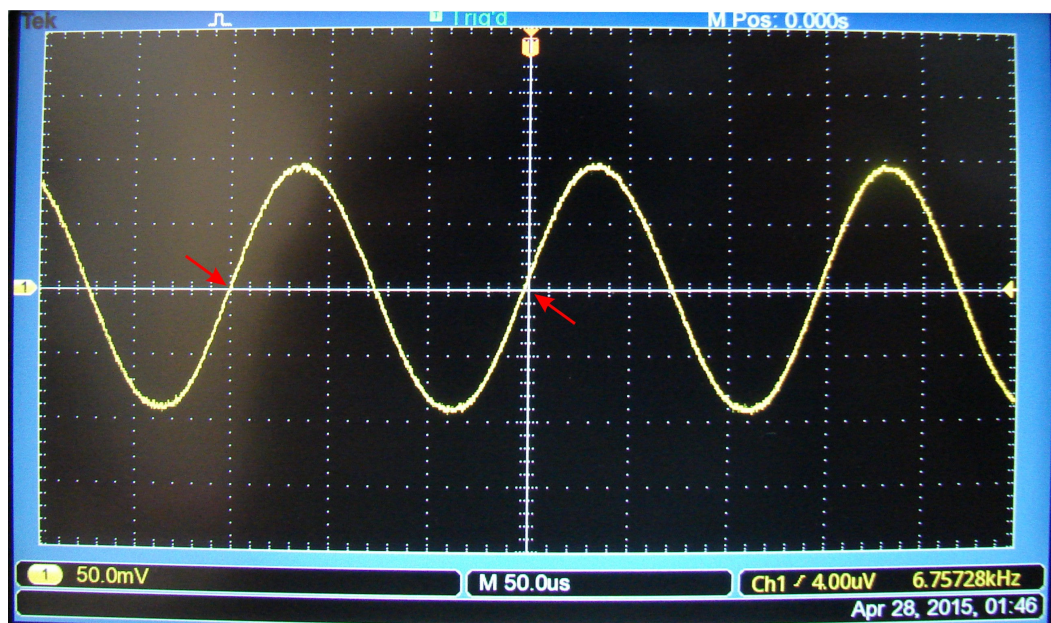


Figura 9 – Detalhes para leitura do período e determinação da frequência do sinal alternado. As setas indicam o intervalo que deve ser considerado para leitura de um ciclo completo do sinal de entrada.

### POSICIONAMENTO DO SINAL NA TELA

O osciloscópio dispõe de dois controles para movimentar o sinal indicado na tela. Um deles movimenta para cima e para baixo (botão *position* no painel Vertical, como ilustra a Figura 3), sendo útil para posicionar o sinal numa divisão inteira de leitura da tensão. O outro movimenta para os lados (botão *position* no painel Horizontal, como ilustra a Figura 7), sendo útil para posicionar o ciclo do sinal no início de uma divisão horizontal para a leitura do período e por consequência, da frequência do mesmo.

## TRIGGER (GATILHO)

O *trigger* ou gatilho é um sinal usado para sincronizar o osciloscópio de modo a mostrar a forma de onda estável na tela. O sinal de *trigger* pode ser aplicado por um cabo externo ou pode ser usado o próprio sinal a ser medido para sincronizar o osciloscópio. Ao se pressionar a tecla menu no painel de controle *trigger*, ver Figura 7, é possível ter acesso aos controles do gatilho. A opção *Type* pode se escolhe a forma como o *trigger* será disparado, clicando no botão ao lado dessa opção como ilustra a Figura 10 um sub menu ira aparecer com três opções de *trigger*. A opção *Edge* dispara o *trigger* em um determinado ângulo do sinal senoidal, mas frequentemente é ajustado para ser acionada na mudança do ciclo positivo para o negativo, a opção *Video* utiliza a referência do vídeo horizontal do osciloscópio dispara o trigger. A opção *Pulse* é utilizada quando medimos um sinal pulsado, mas somente com uma polaridade, e o trigger é acionado quando há mudança do estado digital 0 para 1 ou vice versa. Normalmente é utilizado com maior frequência o *trigger* na opção *Edge*.



Figura 10 – Menu de controle do trigger e o sub-menu Type.

Há a possibilidade também de se escolher a fonte de *trigger*, bastando para isso escolher no menu Source se o *trigger* será do canal 1 ou 2 e até mesmo ser um sinal externo de *trigger*, neste caso o sinal externo deve ser levado ao osciloscópio por meio de um cabo coaxial com conector BNC na extremidade e ser conectado no terminal *Ext Trig* no painel do osciloscópio, como ilustra a Figura 7. Além disso, pode se escolher se o disparo ira ocorrer na subida (Rising) ou na descida (Falling) do sinal medido através do sub menu Slope como mostra a Figura 11.



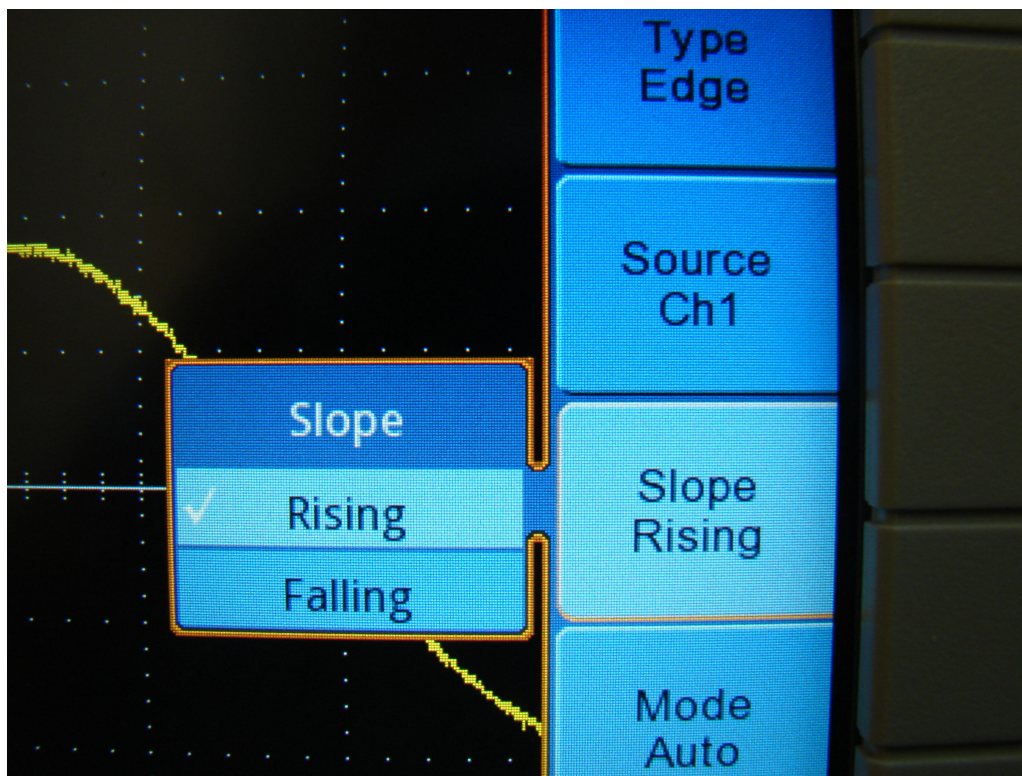


Figura 11 – Sub menu do trigger, ilustrado a opção Slope.

Para se ajustar o melhor ponto de sincronismo para imagem mostrada na tela tem o botão *Level*, no painel do *trigger* ver Figura 7. Ao girar todo para um lado a forma de onda começa no meio ciclo positivo e para o outro lado o meio ciclo negativo. Deve ficar na posição na qual a forma de onda mostrada na tela fique parada para uma correta leitura.

Se o potenciômetro estiver desajustado ou a entrada do sinal trigger selecionada não for adequada ao sinal a ser mostrado, a imagem ficará "rolando" na tela.

## **MEDIDA E LEITURA DE TENSÃO COM O OSCILOSCÓPIO**

Conforme já explicado, a leitura de tensão no osciloscópio é feita no eixo vertical (y). O procedimento para a medida de tensão basicamente é o seguinte:

- 1 - Selecione o canal a ser usado (CH1 ou CH2). A ponteira deve estar ligada na entrada do canal escolhido;
- 2 - Coloque a chave seletora em DC ou AC dependendo se a tensão a ser medida é contínua ou alternada;
- 3 - Ligue o osciloscópio e ajuste o brilho e o foco para melhor visualização do traço;
- 4 - Coloque a chave "time" na posição de ms (se a frequência da tensão for até 1 KHz) ou em  $\mu s$  (se a frequência for maior que 1 KHz). Esta chave pode ser ajustada depois para melhor visualização;
- 5 - Coloque a chave seletora de entrada do trigger em CH1 ou CH2 de acordo com o canal selecionado;

**6** - Coloque a chave seletora do trigger em Normal (não aparecerá o traço até que o sinal a ser medido seja aplicado) ou H TV (aparece o traço mesmo quando não há sinal aplicado na ponta de prova);

**7** - Selecione a tensão V/cm: Divida a tensão a ser medida por 8 e coloque na escala mais próxima acima até a maior escala que normalmente é 5. Por exemplo: Se for medir 6 V:  $6/8 = 0,75$ ; colocamos na escala de 1 V/cm. Podemos começar com a maior escala (5 V/cm) e ir reduzindo até chegar numa leitura mais precisa. **A maior tensão a ser medida é 40 V.**

**8** - Coloque a ponta preta no terra do aparelho a ser medida a tensão. Pode ser usado o terra que sai da própria ponta viva do osciloscópio ou um fio separado ligado no terminal de terra do osciloscópio;

**9** - Coloque a ponta viva no local onde vai ser medida a tensão. Assim que aparecer a forma de onda na tela, atue nos controles: time, V/cm, posição H e V até obter uma leitura mais precisa possível. Ajuste a posição V até colocar a forma de onda começando numa divisão maior no eixo y para uma leitura mais fácil da tensão. Os procedimentos descritos acima podem variar um pouco de acordo com a marca e modelo do osciloscópio usado.

## **MEDIDA E LEITURA DE FREQUÊNCIA COM O OSCILOSCÓPIO**

O procedimento para os ajustes são os mesmos explicados na medida de tensão. Porém a leitura da frequência é diferente. O osciloscópio tem uma chave chamada "time" que indica os períodos dos sinais. Tempo necessário para ele completar um ciclo. Posicionamos a chave time de forma a aparecer um ou dois ciclos apenas do sinal. Contamos quantas divisões no eixo x um ciclo do sinal ocupa e multiplicamos pela escala que estiver a chave time obtendo um período **T**. Se a chave estiver em ms, fazemos  $1.000/T$  e se estiver em  $\mu s$  fazemos  $1.000.000/T$  para termos a frequência em Hz.

### **Cuidados**

**O osciloscópio é um equipamento extremamente sensível por isso, o cuidado com equipamento é essencial para não provocar uma descalibragem do aparelho ou mesmo danificá-lo. Evite contar as divisões com canetas, lapiseiras e ou chaves de fendas, pois estes objetos podem riscar a tela do osciloscópio causando prejuízos ao mesmo. Sempre verifique a voltagem do equipamento antes de ligá-lo a tomada e na hora de guardar não enrole as pontas de provas, pois com o tempo elas podem se danificar.**

## **Experimento**

Para aprender a realizar a leitura de um sinal elétrico utilizando o osciloscópio, ajuste o gerador de funções para um valor aleatório de amplitude e frequência e realize a medida com o osciloscópio. Repita esse procedimento para mais cinco valores distintos de frequência e amplitude do sinal elétrico. Anote para cada ocasião os valores das escalas vertical e horizontal utilizadas para leitura.