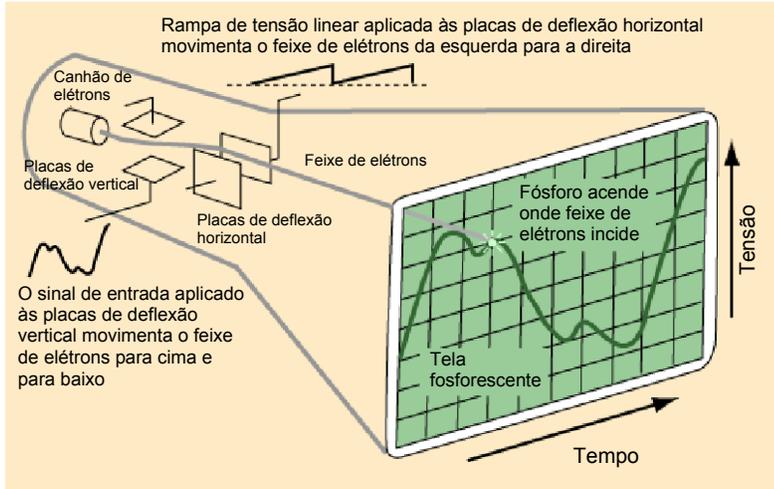


Introdução ao Osciloscópio

Prof. Marlio Bonfim

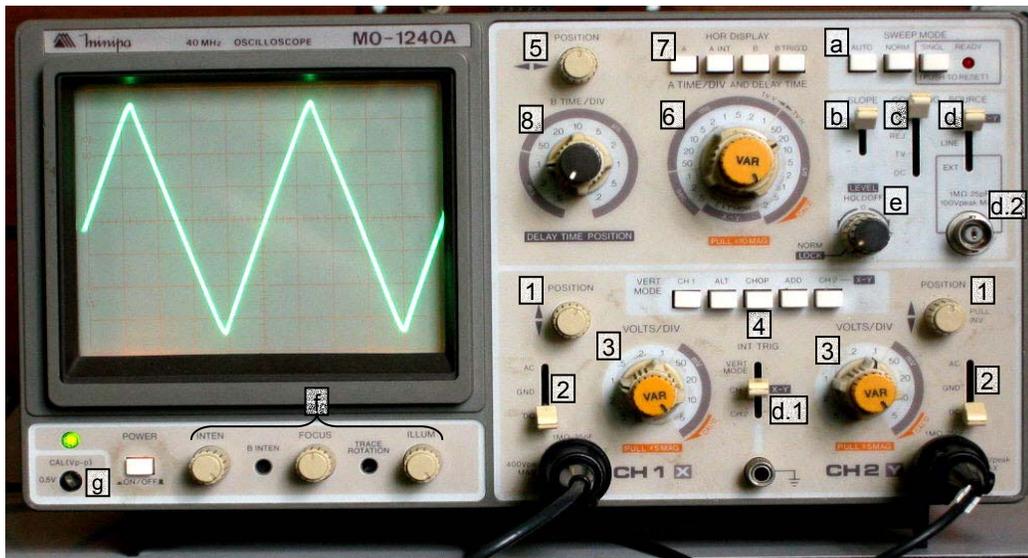
O Osciloscópio é um instrumento que permite a visualização e/ou medida do valor instantâneo de uma tensão em função do tempo. A leitura do sinal é feita numa tela sob a forma de um gráfico tensão × tempo (vertical × horizontal).

Elementos básicos do Osciloscópio Analógico:

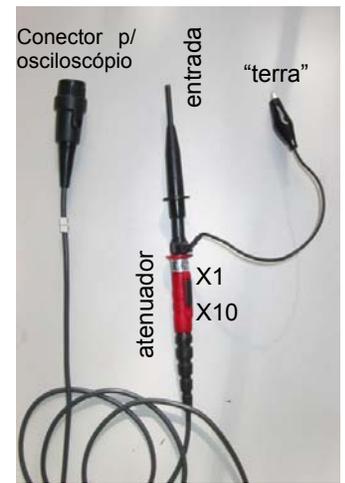
- **Tubo de raios catódicos (TRC):** é o componente principal do osciloscópio que permite a visualização de um feixe eletrônico numa tela fosforescente. Um filamento aquecido por uma corrente elétrica emite elétrons que são, em seguida, acelerados e focalizados na direção da tela fosforescente, formando nesta um ponto luminoso. Placas metálicas de deflexão horizontal e vertical são utilizadas para produzir um campo elétrico perpendicular à trajetória do feixe eletrônico, possibilitando a sua deflexão e conseqüente deslocamento do ponto luminoso na tela fosforescente. O ponto luminoso deslocando-se na tela em alta velocidade fornece a impressão visual de uma linha contínua.
- 

O diagrama ilustra o funcionamento interno de um tubo de raios catódicos. À esquerda, um canhão de elétrons emite um feixe de elétrons que passa por duas placas de deflexão vertical. Um sinal de entrada aplicado a essas placas causa o deslocamento vertical do feixe. Em seguida, o feixe atravessa duas placas de deflexão horizontal. Uma rampa de tensão linear aplicada a essas placas move o feixe da esquerda para a direita. A combinação desses movimentos resulta na formação de uma onda na tela fosforescente. O eixo vertical da tela representa a tensão e o eixo horizontal representa o tempo.
- **Varredura vertical:** o sinal a ser medido é amplificado e aplicado às placas de deflexão vertical que produzem um campo elétrico responsável pelo deslocamento vertical do feixe. Dessa forma a posição vertical do feixe na tela está diretamente relacionada com a amplitude do sinal de entrada. A tela fosforescente possui divisões que permitem uma medida visual do valor instantâneo do sinal. Tensões da ordem de centenas de Volts são necessárias para a deflexão completa do feixe na tela. Um seletor de escalas baseado em um divisor resistivo é usado para adequar o sinal de entrada aos níveis do amplificador vertical.
 - **Varredura horizontal:** para que o sinal a ser medido (vertical) possa ser visualizado em função do tempo (horizontal), é aplicada uma rampa linear de tensão nas placas de deflexão horizontal, produzindo um deslocamento do feixe da esquerda para a direita na tela, com uma velocidade constante. Esta rampa de tensão é baseada na carga de um capacitor por uma fonte de corrente constante. Uma vez que o feixe atinge a extremidade direita da tela, o mesmo retorna rapidamente à extremidade esquerda e é reiniciado o processo. Um seletor de escalas ajusta a velocidade de varredura do feixe através da carga do capacitor (corrente e/ou capacitância). Obs.: eventualmente pode ser usado um sinal externo qualquer para acionar a deflexão horizontal (modo X×Y).
 - **Sincronismo horizontal:** a visualização “estática” de um sinal **periódico** na tela do osciloscópio só é possível quando a varredura horizontal do feixe está sincronizada em fase e frequência com este sinal. Para que isso ocorra é necessário que o início da varredura horizontal seja definido por um sinal de disparo (*trigger*) proveniente do sinal a ser visualizado. Isso é obtido pela comparação do nível do sinal de entrada com uma tensão de referência interna ajustável.
 - **Principais características do osciloscópio:**
 - Banda passante (BW): define a frequência máxima de operação do osciloscópio (dezenas de MHz até dezenas de GHz).
 - Faixa de tensão de entrada: define os valores máximos e mínimos de tensão que podem ser medidos corretamente com o instrumento (de mV à kV).
 - Impedância de entrada: associação paralela das resistências e capacitâncias do circuito de entrada. Tipicamente $R_i = 1M\Omega$ e $C_{ip} \approx 20pF$. A impedância de entrada pode introduzir erros consideráveis na medida de circuitos de alta impedância, principalmente em se tratando de sinais de alta frequência.
 - Canais de entrada: normalmente possuem dois canais independentes de entrada, porém um único feixe de elétrons. Existem osciloscópios com até quatro canais.

Osciloscópio Minipa MO-1240A:



h) Ponta de prova:



■ Controles da varredura vertical:

- 1) Posição do feixe na tela: ajuste da tensão de *offset* do amplificador vertical de modo que se possa escolher a posição vertical do feixe na tela. Em geral o feixe é posicionado no centro da tela para $v_i = 0$ V (acoplamento GND).
- 2) Acoplamento do sinal de entrada: **DC**: direto; **GND**: "terra"; **AC**: capacitor em série (bloqueia nível DC). Para a maioria dos sinais ou quando o sinal a ser medido é desconhecido utiliza-se preferencialmente o acoplamento DC.
- 3) Seletor de escalas Vertical: ajuste do nível do sinal de entrada. O valor selecionado corresponde à tensão visualizada em uma divisão vertical da tela: VOLTS/DIV (cada divisão possui 5 subdivisões para facilitar a leitura). O "botão amarelo" deve estar no seu valor máximo (sentido horário), caso contrário a escala estará descalibrada. Puxando este botão, "zoom" vertical de 5X.
- 4) Seleção vertical do feixe (VERTMODE): **CH1**: feixe acionado pelo sinal do canal 1; **CH2**: feixe acionado pelo sinal do canal 2; **ALT**: ambos os canais acionam o feixe alternadamente a cada nova varredura (alta frequência). **CHOP**: acionamento do feixe chaveado entre os canais 1 e 2 várias vezes durante cada varredura (baixa frequência). **ADD**: soma dos canais 1 e 2. Se um dos canais estiver invertido, o resultado é a diferença entre os mesmos.

■ Controles da varredura horizontal:

- 5) Posição do feixe na tela: ajuste da tensão de *offset* do amplificador horizontal para centrar o feixe horizontalmente na tela.
- 6) Seletor de escalas Horizontal: ajusta a velocidade de varredura do feixe na tela. O valor selecionado corresponde ao tempo visualizado em uma divisão horizontal da tela: SEGUNDOS/DIV. O "botão amarelo" deve estar no seu valor máximo (sentido horário), caso contrário a escala estará descalibrada. Puxando este botão, "zoom" horizontal de 10X.
- 7) Tipo de varredura: **A**: varredura normal; **A int**, **B**, **B Trig'd**: varredura auxiliar com possibilidade de "delay" e "zoom" horizontal. Na maioria dos casos usa-se a varredura normal.
- 8) Seletor da varredura auxiliar: usado para "delay" e "zoom" horizontal de uma região previamente selecionada da tela.

■ Controles do sincronismo horizontal:

- a) Modo de varredura (SWEEP MODE): **Normal**: a varredura só é efetuada quando existe um sinal de sincronismo adequado, caso contrário o feixe não é visualizado na tela; **Automático**: varredura normal quando há sinal de sincronismo adequado, caso contrário o sincronismo é forçado por um disparo interno e o feixe é visualizado na tela. **Único (SINGLE)**: uma única varredura horizontal é efetuada a partir do acionamento manual de uma chave "push bottom".
- b) Polaridade (SLOPE): seleciona o sincronismo pela subida (+) ou pela descida (-) do sinal;
- c) Acoplamento: **DC**; **AC**; Rejeição de alta frequência (**HFREJ**); **TV**.
- d) Fonte de sincronismo (SOURCE): **d.1 Interno**: CH1: sinal proveniente do canal 1; CH2: sinal proveniente do canal 2; Alternado (VERTMODE): alternância entre os sinais dos canais 1 e 2. **d.2 Externo**: sincronismo proveniente de sinal acoplado a um conector externo; Linha (**LINE**): sincronismo proveniente da rede elétrica (60 Hz, no Brasil).
- e) Nível de sincronismo (LEVEL): define o nível de tensão do comparador de disparo de sincronismo. Manual: nível ajustado manualmente; Automático (**LOCK**): nível definido pelo valor médio do sinal.

■ Diversos:

- f) Ajustes gerais do feixe: Intensidade, Foco, Rotação, Iluminação da tela.
- g) Sinal de calibração: onda quadrada de amplitude e frequência conhecidas (tipicamente $0,5 V_{pico}$; 1 kHz) usada para calibração da ponta de prova do osciloscópio.
- h) Ponta de prova: cabo coaxial com conectores para acoplar corretamente o sinal de entrada. Possui chave de atenuação X1 e X10 (divide sinal de entrada por 10; a escala de tensão selecionada deve ser multiplicada por 10; a impedância de entrada é multiplicada por 10).

Atenção: O "terra" é comum aos dois canais do Osciloscópio e normalmente é ligado ao "neutro" da rede elétrica.

Experimento 9 – Medidas com o Osciloscópio

Prof. Mario Bonfim

Aluno:	Nº matrícula:	Data:
--------	---------------	-------

1. Medida de tensões DC e verificação da precisão de leitura do osciloscópio:

- Ajuste a posição vertical do feixe na metade da tela para $V_i=0$ V (acoplamento do sinal em GND)
- Conecte a entrada da ponta de prova às tensões DC especificadas, respeitando a polaridade + e - (acoplamento do sinal em DC);
- Ajuste a escala de tensão (vertical) que melhor se adapta à cada medida;
- Para cada tensão, faça 2 leituras independentes com o osciloscópio (cada medida efetuada por 1 integrante da equipe), procurando identificar o valor com pelo menos dois algarismos significativos;
- Repita a medida com o multímetro para encontrar o “valor real”;
- Calcule o erro de leitura para cada uma das tensões: $E\% = \frac{\text{valor medido} - \text{valor real}}{\text{valor real}} \times 100\%$

	Escala (V/div)	Amplitude (V)		Multímetro (valor real)	Erro (%)	
		Medida 1	Medida 2		Medida 1	Medida 2
+5V						
+12V						
-12V						

A partir dos valores máximos dos erros obtidos, especifique a precisão de leitura do instrumento para cada uma das escalas utilizadas.

2. Medida das características de um sinal alternado (sinal de calibração):

- Conecte a entrada da ponta de prova no sinal de calibração do osciloscópio;
- Ajuste as escalas de tensão e tempo de modo a visualizar 1 ou 2 períodos da forma de onda;
- Ajuste o sincronismo para uma correta visualização do sinal na tela;
- Meça a amplitude, o período, a frequência e os tempos de subida e descida do sinal.

	Amplitude (V)	Período (s)	Frequência (Hz)	Tempo de subida (s)	Tempo de descida (s)
Ponta de prova X1					

Indique as escalas selecionadas (tensão e tempo) e os cálculos utilizados na determinação dos valores medidos.

3. Utilização do osciloscópio como amperímetro:

Assim como o osciloscópio, o multímetro tem como base a medida de uma tensão através de um voltímetro. Circuitos e componentes adicionais permitem a medida suplementar de resistência e corrente.

Baseado nisto, proponha um circuito de medida de corrente para o osciloscópio, de modo que 1 divisão vertical na escala de 0,1V/div corresponda a uma corrente de 1A. Faça um desenho do esquema de ligação da ponta de prova, circuito de medida e circuito a ser medido.

Obs: Cada aluno deve entregar esta folha no final da aula. As questões devem ser respondidas no verso.