

Experimento 8

OSCIOSCÓPIO DE RAIOS CATÓDICOS-I

Esse experimento será realizado em duas etapas e deverá produzir dois relatórios distintos. Na primeira etapa (I) você aprenderá os princípios básicos de funcionamento e manuseio de um osciloscópio analógico e realizará medidas simples de sinais de tensão elétrica (d.d.p.). Na segunda etapa (II) você utilizará o osciloscópio como uma ferramenta para observar e medir os sinais de tensão elétrica em um circuito contendo um resistor e um capacitor conectados em série. Observará também a composição de sinais senoidais em eixos perpendiculares.

8.1 OBJETIVOS

Familiarização com o osciloscópio, aparelho de importância fundamental em medidas físicas.

8.2 PARTE TEÓRICA

8.2.1 Osciloscópio

O osciloscópio é um instrumento de medida que torna possível visualizar uma diferença de potencial elétrico (sinal de tensão, sinal ou tensão) em uma tela ou anteparo através do deslocamento de um ponto luminoso. Esse deslocamento do ponto luminoso na tela é diretamente proporcional à diferença de potencial aplicada entre os terminais ou conectores na entrada desse instrumento. O ponto luminoso pode deslocar-se tanto na vertical quanto na horizontal de modo independente, sendo possível também o deslocamento simultâneo (composição de movimentos).

O osciloscópio possui duas entradas de sinais que podem ser configuradas como uma entrada vertical e uma entrada horizontal; cada entrada é composta por dois terminais. Para uma d.d.p. nula nas entradas podemos ajustar o osciloscópio para que o ponto luminoso fique centralizado na tela (origem de um sistema cartesiano). Se em seguida alterarmos a d.d.p. para um valor diferente de zero e constante no tempo, em qualquer das duas entradas, observaremos que o ponto luminoso se deslocará do centro de acordo com o valor

da d.d.p. e da entrada utilizada. Por exemplo, uma d.d.p. positiva (medida com relação ao terminal de referência ou “terra” da entrada) de valor 3 volts aplicada à entrada vertical produzirá um deslocamento para cima no ponto luminoso. Se duplicarmos a d.d.p. para 6 volts observaremos o dobro do deslocamento para cima. Valores negativos de d.d.p., nessa mesma entrada, produzirão deslocamentos para baixo. De modo semelhante, valores positivos aplicados à entrada horizontal produzirão deslocamentos para a direita enquanto que valores negativos produzirão deslocamentos para a esquerda. Em resumo, as diferenças de potenciais aplicadas às entradas funcionam como as coordenadas cartesianas do ponto luminoso na tela do osciloscópio.

Como vimos, sinais (d.d.p.) constantes no tempo produzirão deslocamentos também constantes. Caso os sinais variem no tempo, observaremos o ponto luminoso movimentando-se na tela e se essa variação for lenta conseguiremos acompanhar o movimento do ponto luminoso com os olhos. Se a variação for muito rápida teremos a sensação de um risco ou uma linha na tela devido à persistência do material da tela e da retina (sistema visual).

Sinais variáveis no tempo aplicados simultaneamente nas duas entradas (vertical e horizontal) aparecerão na tela formando figuras. A visualização, as medidas e a análise dessas figuras é que fazem do osciloscópio um instrumento de extrema utilidade e importância.

8.2.2 Construção do osciloscópio

Se você tiver interesse em compreender como é possível produzir o ponto luminoso, realizar o deslocamento desse ponto proporcionalmente à d.d.p. bem como entender o funcionamento interno do osciloscópio, vá para o apêndice desse texto e delicie-se com as informações que lá estão contidas. Se não for esse o seu desejo, continue a ler nessa sequência.

8.2.3 Noções sobre sinais (tensão ou corrente) alternados

Dizemos que um sinal é alternado quando o mesmo alterna ou varia seu valor, trocando de positivo para negativo e vice-versa, ao longo do tempo. A forma mais útil e talvez a mais importante de um sinal alternado seja a forma senoidal que pode ser escrita como

$$s(t) = s_0 \text{sen}(\omega t + \phi)$$

onde:

- $s(t)$ representa uma tensão, $v(t)$, ou uma corrente, $i(t)$, variável no tempo;
- s_0 é chamado de amplitude ou valor máximo, $\omega t + \phi$ é chamado de fase da senoide sendo ϕ a fase inicial (quando $t=0$);
- ω é chamado de frequência angular (expresso em rad/s) e $\omega = 2\pi f$, $f = 1/T$ sendo T o período temporal.

Consideremos um circuito formado por um gerador de tensão senoidal e um elemento de circuito qualquer (resistor, capacitor, indutor ou uma combinação destes elementos) como mostra a figura (Fig. 8.1).

Tomemos $v(t) = v_0 \text{sen}(\omega t)$, onde fizemos a fase inicial nula ($\phi = 0$) por comodidade.

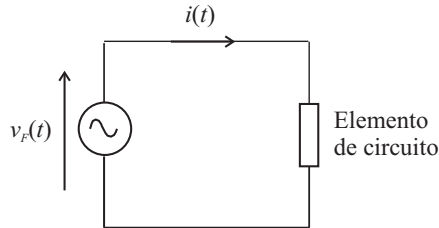


Figura 8.1: Circuito composto por uma fonte de tensão alternada e um outro elemento de circuito.

A experiência mostra que, para um tempo suficientemente longo (que pode ser da ordem de microssegundos), a corrente $i(t)$ que se estabelece no circuito toma uma forma senoidal com a mesma frequência da tensão

$$i(t) = i_0 \text{sen}(\omega t + \phi).$$

Os valores da amplitude i_0 e da fase inicial ϕ (ou diferença de fase) dependem do elemento de circuito e pretendemos determiná-los a seguir.

Nesse circuito, consideramos a tensão como “excitação” e a corrente como “resposta” em função do gerador impor uma tensão (causa) e a corrente aparecer como uma consequência. Porém, nada impede que seja feito o contrário, ou seja, poderíamos ter um gerador de corrente excitando o circuito (causa) enquanto que a tensão apareceria como resposta (consequência).

Resistência

Consideremos que o elemento de circuito seja um resistor com valor de resistência R como mostra a figura (Fig. 8.2).

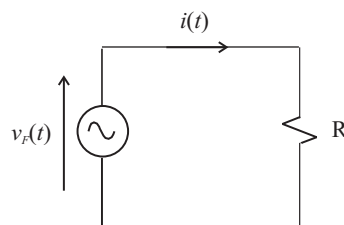


Figura 8.2: Circuito composto por uma fonte de tensão alternada e um resistor.

Nesse caso, a corrente e a tensão estão relacionados pela simples expressão, $v(t) = Ri(t)$. Com

$$v(t) = v_0 \text{sen}(\omega t) \quad \text{e} \quad i(t) = i_0 \text{sen}(\omega t + \phi)$$

teremos,

$$v_0 \text{sen}(\omega t) = Ri_0 \text{sen}(\omega t + \phi).$$

Essa igualdade se manterá para qualquer valor do tempo t se

$$v_0 = Ri_0 \text{ e } \phi = 0 \quad \therefore i_0 = \frac{v_0}{R} \text{ e } \phi = 0.$$

Portanto, $i(t) = v_0/R \text{ sen}(\omega t)$ (corrente em fase com a tensão).

Como esse resistor está sendo atravessado por uma corrente oscilante, estará sendo dissipada uma potência $P(t)$ que pode ser calculada por

$$P(t) = v(t)i(t) = \frac{v(t)^2}{R} = Ri(t)^2.$$

Como essa potência é variável no tempo (porém sempre positiva) podemos calcular seu valor médio durante um período de oscilação da corrente (ou da tensão). Da definição de valor médio temos

$$\langle P(t) \rangle = \frac{1}{T} \int_0^T P(t) dt.$$

Portanto,

$$\langle P(t) \rangle = \frac{1}{T} \int_0^T \frac{v(t)^2}{R} dt = \frac{1}{T} \int_0^T \frac{v_0^2 \text{ sen}^2(\omega t)}{R} dt.$$

Lembrando que $\omega = 2\pi/T$ e que

$$\text{sen}^2\theta = \frac{1 - \cos 2\theta}{2}$$

encontraremos facilmente que

$$\frac{1}{T} \int_0^T \text{sen}^2(\omega t) dt = \frac{1}{2} \quad (\text{mostre!}).$$

Logo

$$\langle P(t) \rangle = \frac{1}{2} \frac{v_0^2}{R}.$$

Comparando com um circuito alimentado por uma fonte de tensão constante (bateria, por exemplo) de valor V_{ef} , figura (Fig. 8.3), temos uma potência dissipada constante dada por

$$P = \frac{V_{ef}^2}{R}.$$

Para que esses dois circuitos sejam equivalentes, em termos de dissipação de energia, deveremos ter $\langle P(t) \rangle = P$

$$\frac{1}{2} \frac{v_0^2}{R} = \frac{V_{ef}^2}{R}, \quad \therefore V_{ef} = \frac{v_0}{\sqrt{2}}.$$

V_{ef} é denominado de “tensão eficaz” e para uma tensão senoidal de amplitude v_0 seu valor foi calculado como $v_0/\sqrt{2}$. Para outras formas de variação que não sejam senoidais teremos outras expressões que devem ser determinadas.

O mesmo raciocínio vale para a corrente eficaz, I_{ef} , que no caso senoidal é dada por $I_{ef} = i_0/\sqrt{2}$.

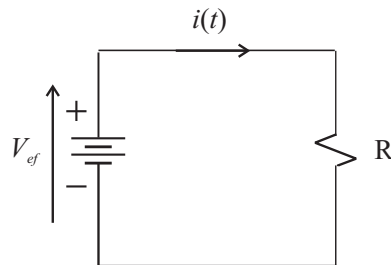


Figura 8.3: Circuito composto por uma fonte de tensão constante V_{ef} e um resistor.

8.2.4 Teoria da medida

O osciloscópio é um instrumento muito versátil, pois além de permitir a realização de medidas de amplitude, período (ou frequência) e diferença de fase diretamente na tela, permite ainda visualizar a composição de sinais periódicos (ou de movimentos) em eixos perpendiculares, vertical e horizontal, e retirar informações de diferença de fase e de relação de frequências a partir das figuras formadas. Nosso objetivo, agora, é apresentar a teoria que nos mostra como obter tais informações.

Mencionamos anteriormente que o deslocamento do ponto luminoso na tela do osciloscópio é diretamente proporcional ao valor da d.d.p. aplicada à entrada do instrumento. A constante de proporcionalidade entre o deslocamento e a d.d.p. é chamada de sensibilidade e é expressa em volt / divisão, uma divisão corresponde aproximadamente à 1 cm na tela quadriculada. A sensibilidade pode ser ajustada através de um botão de controle no painel do instrumento de modo que o deslocamento do ponto fique dentro dos limites da tela. Esse ajuste pode ser feito de modo discreto em valores previamente calibrados ou de modo contínuo sem calibração. Para a realização de medidas absolutas o modo contínuo deve estar desligado, o botão correspondente deve ser levado para a posição “calibrado”(CAL).

Para medir o valor da tensão basta observar o valor do deslocamento do ponto e multiplicar pelo valor da sensibilidade em uso. Por exemplo, se o ponto desloca-se 3,2 divisões verticais a partir do centro da tela e a sensibilidade está ajustada em 2 volts / div, o valor da tensão é 6,4 volts.

Com a finalidade de minimizar o erro relativo de leitura na tela, ajustamos a sensibilidade para obter sempre o maior deslocamento possível do ponto dentro dos limites da tela. A menor subdivisão da grátícula da tela vale 0,2 divisões e é possível avaliar até metade desse valor de forma que, qualquer medida sempre terá um desvio avaliado de 0,1 divisões.

Para medir a amplitude de um sinal alternado (oscilante) senoidal, ou qualquer outro sinal alternado simétrico com relação ao zero, basta medir o deslocamento pico a pico vertical e dividir por dois. Para facilitar a leitura e reduzir o erro de leitura, costuma-se posicionar o sinal na tela de modo que um dos extremos do sinal tangencie ou toque um traço horizontal extremo da grátícula (em cima ou em baixo) e em seguida mede-se o deslocamento do ponto.

O osciloscópio também pode ser utilizado para medir o período e a frequência de um sinal periódico no tempo ou mesmo a duração de um sinal não periódico. Para executar essa medida é necessário fazer a composição de dois deslocamentos ou movimentos do ponto luminoso na tela como descreveremos a seguir:

O sinal que se deseja observar é aplicado a uma das entradas verticais (esse osciloscópio possui duas entradas verticais, dois canais). Ajustando convenientemente a sensibilidade vertical, observaremos o ponto luminoso movimentar-se verticalmente na tela executando uma oscilação. Se a frequência for suficientemente baixa, menor que 24 Hz, nossos olhos conseguirão acompanhar o movimento do ponto luminoso. Caso contrário veremos um traço luminoso vertical.

Suponhamos agora que, de modo independente do sinal de entrada, o ponto luminoso seja obrigado a deslocar-se horizontalmente da esquerda para direita com velocidade constante. Esse movimento é chamado de varredura e é realizado automaticamente pelo osciloscópio quando desejamos.

O ponto luminoso se deslocará na tela realizando a composição desses dois movimentos e traçando uma curva. Se esses movimentos forem repetitivos e bem sincronizados (a varredura começar sempre no mesmo valor do sinal vertical), as curvas serão traçadas repetidas vezes sobre as curvas anteriores e veremos uma curva fixa na tela. Se a frequência de repetição for baixa a curva parecerá piscar na tela mas estará fixa. Se a frequência for alta, não piscará e estará fixa. Como o sinal é periódico, visualizaremos na tela um ou mais períodos se a velocidade da varredura for suficientemente baixa.

O tempo gasto na varredura pode ser ajustado em valores discretos e calibrados ou de modo contínuo e descalibrado pelo ajuste dos botões de controle da taxa de varredura. Em medidas absolutas utilizamos o modo calibrado. Para medir o período do sinal basta medir na tela o comprimento correspondente a um período e multiplicar pelo valor ajustado para o tempo de varredura (SEC / DIV). Por exemplo, se um período ocupa 7,4 divisões na tela e o tempo de varredura vale 0,5 ms / div, o período valerá 3,7 ms. A frequência será o inverso desse valor, ou seja, 270 Hz.

Nota: Taxa de varredura não é a mesma coisa que tempo de varredura. A primeira é quantas vezes a varredura ocorre por unidade de tempo enquanto que o tempo de varredura é o tempo gasto para executar a varredura. Um é o inverso do outro.

8.3 PARTE EXPERIMENTAL

8.3.1 Lista de material

Antes de iniciar o experimento identifique cada item da lista seguinte:

- Osciloscópio modelo YB - 4328 / 20 MHz,
- voltímetro ou multímetro,
- placa de ligações,
- pilhas,
- gerador de sinais,
- fios de ligação,
- transformador.

8.3.2 Gerador de sinais e osciloscópio

O gerador é um equipamento capaz de produzir uma d.d.p. variável no tempo na forma de uma função periódica que pode ser escolhida entre uma função senoidal, uma função triangular e uma função retangular (pulsos). A figura (Fig. 8.4) mostra o aspecto do painel frontal do gerador. A seleção da função se faz pela utilização da tecla **WAVE** na parte inferior do painel do instrumento. Cada vez que você pressionar essa tecla de modo sequencial você alternará entre as funções disponíveis e isso será indicado no mostrador ou “display” na forma de números: 1, 2 ou 3 correspondentes às três funções.

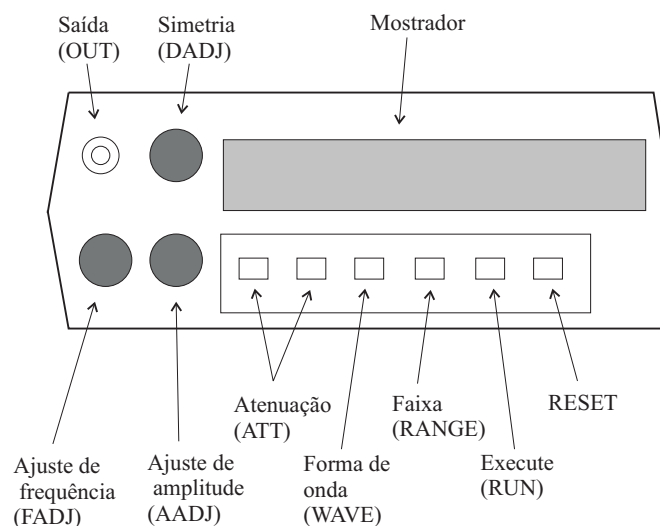


Figura 8.4: Gerador de funções.

Para cada função, é possível ajustar a frequência, a amplitude e a simetria do sinal. A frequência pode ser ajustada de modo discreto por faixas de alcance pressionando a tecla **RANGE** e de modo contínuo girando o botão **FADJ** (frequency adjust). Cada vez que você apertar a tecla de modo sequencial, você mudará de faixa e isso será indicado no mostrador como números: 1, 2, 3... e o valor da frequência será posteriormente indicado em Hz ou kHz no mostrador. A amplitude pode ser ajustada de modo contínuo girando-se o botão **AADJ** (amplitude adjust) ou pode ser atenuada de modo discreto pressionando-se as teclas marcadas como 20dB ou 40dB (dB significa decibel). A simetria é ajustada por um único botão **DADJ** (duration adjust) e age na duração do pulso retangular (distorce as funções senoidal e triangular) e deve ser ajustado para obter um sinal quadrado perfeito.

O gerador é, de modo bastante simplificado, constituído por um oscilador de frequência ajustável, seguido de um amplificador de ganho variável. Assim consegue-se um sinal de saída onde se pode variar à vontade a frequência e a amplitude.

Esse gerador é micro-processado e sintetiza as funções de modo digital, por isso, existem ainda duas teclas que devem ser utilizadas: A tecla **RESET** faz com que todos os ajustes voltem aos valores mais baixos e a tecla **RUN** dá partida ao microprocessador para que os ajustes realizados tenham efeito.

O osciloscópio utilizado (modelo YB - 4328 / 20MHz) é um modelo de dois canais,

isto é, pode-se observar até dois sinais distintos simultaneamente. Para isso, possui duas entradas verticais (canal 1 e canal 2) separadas com os respectivos ajustes de ganho dos amplificadores (sensibilidade). Essas duas entradas também podem ser utilizadas como entradas horizontal e vertical (X - Y), sendo necessário acionar o controle que comuta para esse tipo de operação (botão de ajuste da taxa de varredura na posição X - Y).

Esse osciloscópio possui vários recursos que podem ser utilizados para medidas especiais, como por exemplo analisar um sinal de vídeo de TV. Utilizaremos apenas os recursos básicos, portanto não se assuste com a quantidade de botões que ele apresenta. Cada um tem uma finalidade específica, mas nem todos serão utilizados. Durante a realização das medidas você aprenderá a usá-los.

OBS: O osciloscópio é um instrumento delicado que deve ser manuseado com cuidado. Não encoste a ponta do lápis ou da caneta na tela para não riscá-la. Não force os botões de controle além da posição máxima e, para evitar o desgaste prematuro, não acione os controles sem necessidade. Pense sempre no que é necessário ajustar antes de fazê-lo. Em todo o caso, você deve agir com delicadeza.

A figura (Fig. 8.5) mostra o painel frontal do equipamento com a lista descritiva dos diversos controles. Não há necessidade de memorizá-los, o uso tornará isso uma coisa automática, mas procure compreender o que faz cada controle.

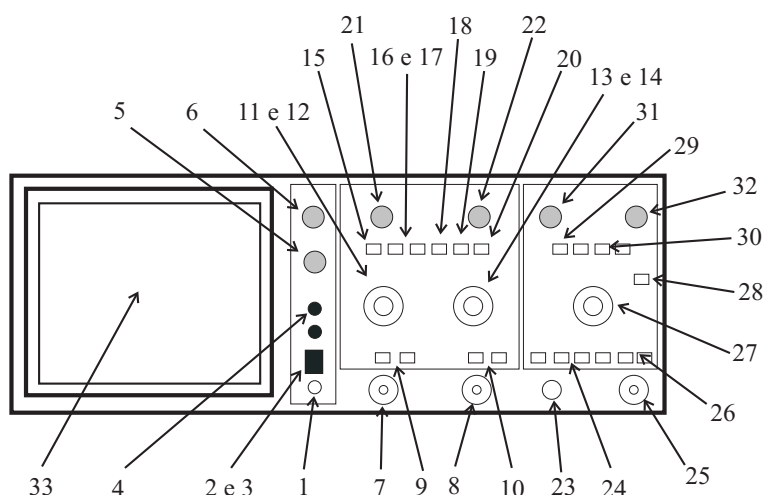


Figura 8.5: Osciloscópio modelo YB - 4328 / 20MHz.

(1) PROBE ADJUST - Terminal de saída de sinal quadrado de 0.5 volts pico a pico e 1 kHz para aferir a calibração do aparelho. Tocando com o terminal interno (positivo) da ponta de prova nesse ponto, aparecerá na tela o sinal de calibração.

(2) e (3) POWER ON/OFF - LED de indicação (luz vermelha) de alimentação e chave liga - desliga.

(4) TRACE ROTATION - Permite ajustar o traço (com uma pequena chave de fenda) para que fique perfeitamente na posição horizontal (Não mexer!).

(5) FOCUS - Ajuste do foco da imagem. Ajuste esse controle para a mais nítida imagem possível.

(6) INTENSITY - Controle da intensidade do ponto luminoso ou do traço. Procure utilizar o menor brilho possível que garanta uma boa imagem.

(7) - Terminal de entrada do canal 1. A parte externa do terminal está conectada à carcaça do aparelho.

(8) - Terminal de entrada do canal 2. Idêntico à (7).

(9) GND AC DC - Chaves de entrada do canal 1. Na posição GND (Ground ou “terra”, tecla pressionada), a entrada está desconectada e aterrada internamente. Na posição AC, só entra a componente alternada do sinal. Na posição DC entra a componente contínua e alternada do sinal.

(10) GND AC DC - Chaves de entrada do canal 2. Idêntico ao item (9).

(11) e (12) VOLT/DIV - Controle da sensibilidade vertical do canal 1. O botão externo faz o ajuste em valores discretos e calibrados entre 10 volts / divisão e 5 milivolts / divisão. O botão interno faz o ajuste da sensibilidade de modo contínuo. Girando-o no sentido anti-horário varia-se a sensibilidade perdendo a calibração. Girando-se totalmente no sentido horário até se ouvir um estalo volta-se à posição calibrada (CAL).

(13) e (14) - Idêntico a (11) e (12) só que para o canal 2.

(15) x 5 MAG - Tecla para ampliar 5 vezes a imagem do canal 1 quando pressionada.

(16) e (17) CH1 e CH2 -Teclas para seleção da apresentação dos canais 1 e 2. Quando pressionadas permitem a visualização dos dois canais individualmente. Quando soltas, fazem a soma algébrica dos dois canais.

(18) CHOP / ALT - Tecla que permite o traçado no modo picotado ou alternado dos canais 1 e 2 na tela. Para sinais de baixa frequência (< 30 Hz) o modo picotado facilita a visualização dos dois canais simultaneamente. A tela mostra um pouco de cada canal muito rapidamente de modo que o olho não perceba o picote. No modo alternado mostra-se primeiro um canal integralmente e em seguida o outro. Esse modo facilita a visualização para sinais rápidos (> 30 Hz).

(19) CH2 INVERT - Tecla que realiza a inversão de polaridade do sinal mostrado através do canal 2 quando pressionada.

(20) x 5 MAG - Tecla para ampliar cinco vezes a imagem do canal 2 quando pressionada.

(21) POSITION - Botão de posição vertical na tela do sinal do canal 1.

(22) POSITION - Botão de posição vertical na tela do sinal do canal 2.

(23) Terminal para aterramento da carcaça do aparelho.

(24) TRIGGER SOURCE - Conjunto de teclas para selecionar a fonte de sinal que será utilizada para comandar o disparo da varredura (sinal de sincronismo). Pode-se utilizar o sinal do CH1 (canal 1), do CH2 (canal 2), LINE (linha de alimentação doméstica) ou EXT (externo) quando pressionadas.

(25) EXT INPUT - Terminal para entrada de sinal externo para comandar o disparo da varredura.

(26) COUPLING - Teclas que selecionam o modo de acoplamento do sinal de sincronismo. Em DC é utilizada a componente contínua do sinal, em AC é utilizada a componente alternada e em TV é utilizado o sinal de sincronismo de vídeo de um sinal de televisão.

(27) SEC / DIV - Botão de controle do tempo de varredura. O botão externo controla o tempo de modo discreto e calibrado. Girando-se no sentido horário diminui-se o tempo (aumentando-se a taxa de varredura). O botão interno faz o ajuste de modo contínuo e descalibrado. Para a operação no modo calibrado esse botão deve ser girado totalmente no sentido horário até ouvir-se um estalo.

(28) x 5 MAG - Tecla para ampliar a imagem na horizontal de cinco vezes quando pressionada.

(29) SLOPE - Tecla que permite selecionar a inclinação (derivada) do sinal que fará o disparo da varredura. Quando pressionada utiliza-se a inclinação negativa.

(30) SWEEP MODE - Conjunto de três teclas para a seleção do modo de varredura. A tecla AUTO quando pressionada coloca a varredura no modo automático, ou seja, a varredura é disparada automaticamente mesmo na ausência de sinal de entrada. Quando a tecla NORM é pressionado seleciona-se o modo normal, ou seja, a varredura só é disparada na presença do sinal de entrada. Quando as duas teclas estão soltas (SINGLE), a varredura só poderá ser disparada apenas uma vez, ou seja, só haverá um único disparo de varredura pelo sinal de entrada. A tecla RESET "arma" o sistema de disparo da varredura quando pressionada. O LED TRG 'D fica aceso quando o sinal de sincronismo está sendo detectado nos modos AUTO ou NORM ou quando o sistema está armado para executar uma única varredura no modo SINGLE.

(31) POSITION - Botão de posição horizontal do traço da varredura na tela.

(32) LEVEL - Botão de ajuste do nível de sinal vertical que será utilizado para disparar a varredura. O ajuste desse botão permite selecionar o ponto de partida do sinal mostrado na tela dentro dos limites verticais da excursão do sinal de entrada. Se o ajuste não estiver correto, não haverá sincronismo entre o sinal vertical e a varredura, a imagem do sinal na tela ficará se movimentando.

(33) - ECRAN OU DISPLAY - Tela azul graticulada com dez divisões horizontais e oito divisões verticais

Nota: Na parte traseira do aparelho existe a chave de seleção para a tensão de alimentação, uma entrada para modulação do feixe de elétrons que forma o ponto luminoso na tela (eixo Z) e uma saída do sinal de sincronismo.

8.3.3 Primeiros ajustes para as medidas

Agora você aprenderá a manusear o osciloscópio e utilizá-lo para efetuar medidas elétricas. Se for interromper o experimento anote todos os ajustes.

O painel do osciloscópio poderá estar parcialmente coberto escondendo botões e controles desnecessários para as primeiras medidas deixando expostos apenas os controles essenciais. Esse painel está dividido em quatro colunas. À esquerda está a tela e em seguida uma coluna estreita com dois botões (INTENSITY e FOCUS) e a tecla POWER. No centro existe uma coluna larga denominada VERTICAL (controles dos canais 1 e 2) e à direita uma coluna denominada HORIZONTAL (controles de varredura e sincronismo). Essa última coluna poderá estar parcialmente coberta.

A finalidade desse item é ajustar o osciloscópio para que o ponto luminoso apareça posicionado no centro da tela e com pouco brilho, o suficiente apenas para visualizá-lo. Brilho excessivo queimará a tela, portanto, seja cuidadoso. O botão de intensidade deve ser ajustado convenientemente

Ligue o osciloscópio, se já não estiver ligado, e espere um minuto para o aquecimento.

Coloque em curto circuito as entradas verticais. Para isso, coloque na posição GND as duas teclas (9) e (10) (GND AC DC). Coloque a tecla SWEEP MODE (Modo de varredura) na posição AUTO (automático), as teclas CH1 e CH2 do VERTICAL MODE (modo vertical) na posição DUAL (dois canais) e ajuste o tempo de varredura (SEC/DIV) em 1ms/divisão. Deverão aparecer um ou dois traços horizontais na tela. Ajuste os controles

de intensidade (INTENSITY) e foco (FOCUS) para que os traços fiquem finos e sem brilho excessivo. Caso não apareçam os traços chame o professor.

Cada traço desses corresponde à varredura de um canal. Ela é muito rápida, por isso você não consegue ver o ponto se movimentando na tela. Posicione os dois traços na tela de modo que você possa distingui-los girando os botões de posicionamento vertical (POSITION). Agora, altere o tempo de varredura (SEC/DIV), girando no sentido anti-horário, aos poucos, até que você possa perceber o ponto se movimentando na tela. Você agora deverá conseguir acompanhar a varredura da esquerda para a direita com velocidade constante.

Para facilitar o estudo vamos trabalhar, por enquanto, apenas com o canal 2. Para isso, mantenha a tecla correspondente ao canal 2 (CH2 em VERTICAL MODE) pressionada e solte a tecla correspondente ao canal 1 (CH1). Deverá ficar apenas um ponto se movimentando. Posicione esse movimento na metade vertical da tela e diminua bastante a intensidade até ficar bem fraco, porém visível. Gire o controle do tempo de varredura no sentido anti-horário até o ponto parar na tela. Esse controle deverá estar na posição X - Y (observe a marca na lateral do botão). Verifique se o brilho não está excessivo (com formação de halo) e ajuste-o se for necessário.

Nessa configuração, a entrada do canal 1 será correspondente ao eixo x e a entrada do canal 2 será correspondente ao eixo y.

Posicione o ponto no centro da tela, utilizando os controles POSITION do canal 2 e POSITION horizontal.

8.3.4 Observação do deslocamento do ponto luminoso com a d.d.p.

Ajuste a sensibilidade (VOLTS/DIV) do canal 2 para 1 volt / divisão e conecte a entrada desse canal à bateria de 3 V. Positivo da bateria no fio vermelho do terminal de entrada e negativo da bateria no fio preto (que é o GND). Coloque a teclas de entrada do canal 2, (10) na posição DC (desligue a tecla GND). O ponto luminoso deverá se deslocar para cima de algumas divisões na tela a depender do estado de carga da bateria. Anote quantas divisões se deslocou.

Inverta a polaridade da bateria (troque as posições dos fios) e observe o deslocamento do ponto luminoso. Anote o observado. Ao terminar, leve a chave de entrada desse canal, (10), de volta para GND.

Repita os mesmos passos utilizando o canal 1 que está atuando como eixo x. Observe o deslocamento na horizontal. Ao terminar, leve a chave de entrada desse canal, (9), de volta para GND.

8.3.5 Observação dos sinais produzidos pelo gerador de funções

Ligue o gerador, selecione a função senoidal, ajuste a frequência em qualquer valor entre 1 Hz e 5 Hz e gire o controle de amplitude para a metade do valor máximo.

Verifique se o ponto luminoso está no centro da tela, corrigindo se for necessário. Conecte o gerador à entrada do canal 2 (eixo y) e coloque a chave (tecla) de entrada desse canal na posição DC desligando o GND.

Ajuste a sensibilidade vertical para que o deslocamento do ponto luminoso não ultrapasse os limites da tela. Observe atentamente o movimento do ponto. Você consegue perceber

em que região a velocidade é máxima? Você consegue perceber que o deslocamento é uma função senoidal do tempo? Observe as inversões de movimento nos extremos.

Mude para função triangular. Observe o movimento. Você consegue perceber que a velocidade é constante (função linear) até atingir os extremos? Observe as inversões de movimento e compare com o caso senoidal.

Mude para função quadrada e observe. Ao terminar leve a chave de entrada para a posição GND.

Conecte agora o gerador, em função senoidal, ao canal 1 (eixo x) e leve a chave de entrada desse canal para a posição DC. Ajuste a sensibilidade e observe o movimento. Ao terminar leve a chave de entrada para GND e desconecte o gerador.

Vamos agora sair do modo X - Y e voltar ao modo de varredura automática. Ajuste o tempo de varredura (SEC/DIV) em 0,1 s / divisão e posicione o traço (POSITION) para que o mesmo comece o traçado no canto esquerdo da tela. Leve a chave VERTICAL/MODE para a posição CH1 (canal 1) para que possamos utilizá-lo como eixo y. Desative o canal 2 se estiver ativado (solte a tecla CH2).

Vamos agora fazer a composição do movimento de varredura, feito com velocidade constante na horizontal, com um movimento senoidal na vertical. Para isso conecte novamente o gerador de função, com os mesmos ajustes de frequência e amplitude no modo senoidal anteriores, ao canal 1 e leve a chave de entrada desse canal para a posição DC. Selecione em TRIGGER SOURCE a tecla CH1 (o próprio sinal do canal 1 será utilizado como o sinal que irá comandar o disparo da varredura). Ajuste a sensibilidade vertical para que a senoide resultante não ultrapasse os limites da tela na vertical.

Como a frequência é muito baixa, a figura poderá estar movimentando na tela, devido a uma possível falta de sincronismo automático que ocorre para frequências muito baixas. Você pode tentar “parar” a figura ajustando manualmente a frequência do gerador. Em todo caso, você observará o ponto descrevendo a composição dos dois movimentos, ou seja, a senoide.

Para facilitar a visualização aumente bastante a frequência do gerador ao mesmo tempo em que ajusta o tempo de varredura para manter a senoide visível e estável. Você pode ir para a faixa dos kHz se quiser.

Verifique a atuação da chave SLOPE (inclinação) e do controle do nível de sincronismo, LEVEL, girando-o um pouco no sentido horário e anti-horário. A observação deve ser feita no início da senoide no lado esquerdo da tela. Posicione-a, deslocando horizontalmente se for necessário. Observe a perda do sincronismo quando você ultrapassar os limites verticais do sinal. Ao terminar retorne o botão LEVEL para a posição central aproximadamente.

Observe as outras funções do gerador (triangular e quadrada) e volte para a função senoidal em seguida.

8.3.6 Medida de frequência

Ajuste o gerador para 2,0 kHz e o tempo de varredura de modo observar 1 ou 2 períodos na tela. Certifique-se que o controle de variação contínua do tempo de varredura (botão interno), (27), encontra-se na posição “calibrada”(CAL). Meça na tela quantas divisões ocupa um período (1 divisão = 5 subdivisões). Observe que é melhor medir o período entre os pontos A e B que entre C e D em virtude dos pontos serem mais bem definidos, uma vez que correspondem à interseção com o eixo e não um ponto de tangência. Figura (Fig. 8.6). A medida deve ser efetuada estimando-se um erro igual à metade da subdivisão.

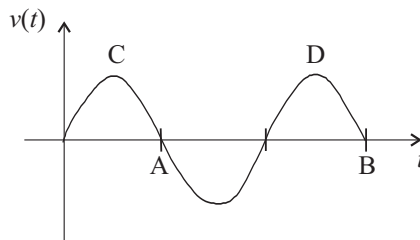


Figura 8.6: Sinal alternado para a medida da frequência.

Note bem: Para uma melhor definição dos pontos A e B, aumente a sensibilidade vertical para obter uma figura de grande amplitude na tela do osciloscópio.

Multiplique o número de divisões do período pelo tempo de varredura para obter o período temporal T e o seu erro. Calcule a frequência (em kHz) e o seu erro. Compare com o valor indicado no gerador lembrando-se que este também não é perfeito. Não desligue o gerador.

8.3.7 Medida de amplitude dos sinais senoidal e quadrado

Ajuste a amplitude do sinal do gerador em direção amplitude máxima (mas que não produza distorção no sinal) e a sensibilidade vertical do osciloscópio para obter a maior senoide possível, sem ultrapassar os limites da tela. Desloque a senoide para baixo (POSITION) até que sua parte mais baixa tangencie a linha inferior da graticula da tela. Desloque agora na horizontal (POSITION) de modo que a crista corte o eixo vertical central subdividido. Meça o valor pico a pico do sinal (do pico inferior ao pico superior na vertical!) em termos de divisões na tela, estimando o erro de metade da subdivisão. Multiplique o resultado pela sensibilidade (VOLTS/DIV) para obter o valor de tensão pico a pico, V_{pp} . A amplitude vale metade desse valor. Calcule o valor eficaz $V_{ef} = V_{pp}/(2\sqrt{2})$.

Nota: Certifique-se que o controle variável da sensibilidade vertical esteja na posição “calibrado” (CAL).

Selecione no gerador a função quadrada e refaça essas mesmas medidas. Nesse caso $V_{ef} = V_{pp}/2$. Por que ?

Desligue e desconecte o gerador.

8.3.8 Medida de tensão contínua

Você agora vai medir a tensão de uma pilha ou bateria a partir do deslocamento vertical do traço da varredura. Por que é melhor utilizar o traço ao invés do ponto?

Conecte a bateria à entrada do canal 1 (positivo da bateria ligado ao fio vermelho). Leve a chave de entrada do canal 1 para GND e posicione o traço, que deverá estar com pouco brilho e fino, coincidindo com a linha inferior da graticula da tela. Ajuste a sensibilidade vertical para 5 volts / divisão e leve a chave de entrada para a posição DC. O traço se deslocará um pouco, como você observará. Aumente a sensibilidade de forma obter o máximo deslocamento dentro dos limites da tela. Verifique, com a chave em GND, se o traço ainda permanece na linha inferior. Caso contrário, reposicione-o.

Volte a chave para a posição DC e meça o deslocamento em termos de divisões com a respectiva estimativa de erro. Determine então a tensão da bateria e o seu erro.

Desconecte a bateria e meça sua tensão com um multímetro ajustado para DCV (tensão DC ou contínua). Não se esqueça do erro da medida.

Se os instrumentos estiverem bem calibrados, você perceberá que a tensão medida com o osciloscópio é um pouco maior que a tensão medida com o multímetro, apesar dos erros serem da mesma ordem. Por que será que isso acontece? (Dica: a resistência interna da entrada do osciloscópio é muito alta, $1\text{ M}\Omega$, enquanto a do multímetro é da ordem de $300\text{ k}\Omega$. Pense no efeito produzido pela resistência interna da bateria, principalmente se for velha, situação em que a resistência interna aumenta de valor).

8.3.9 Medida da tensão da rede com um transformador

A tensão da rede possui um valor muito elevado para medirmos diretamente com o osciloscópio, além de ser perigoso uma vez que um dos terminais de entrada está conectado à carcaça metálica do instrumento. Para medi-la utilizaremos um pequeno transformador abaixador de tensão que reduz a tensão para um valor seguro, além de promover um isolamento elétrico da rede, uma vez que o acoplamento é puramente magnético. No transformador encontra-se escrita a relação de transformação, ou seja, a relação entre a tensão de entrada e a tensão de saída.

Ligue o transformador na rede e conecte a saída à entrada do canal 1; observe que existem 3 terminais na saída do transformador correspondentes a 12V, 0V e 12V (ou mesmo 6V, 0V e 6V), você utilizará o terminal central e qualquer um dos laterais.

Ajuste a taxa de varredura e a sensibilidade vertical para obter uma senoide com poucos períodos (1 ou 2) dentro dos limites da tela. Caso a imagem não esteja parada (falta de sincronismo) verifique se a tecla CH1 em TRIGGER SOURCE está pressionada. Caso a imagem ainda esteja se movimentando experimente utilizar o próprio sinal da rede como sinal de sincronismo, para isso pressione a tecla LINE ao invés de CH1.

Você poderá observar uma senoide deformada na tela. Essa deformação ou distorção é introduzida pela rede de distribuição de energia, equipamentos ligados na rede e está associada às não linearidades do sistema (transformadores saturados, etc.).

Procedendo como nos itens 8.3.6 e 8.3.7, meça a frequência (em Hz), a tensão de pico a pico V_{pp} e calcule o valor eficaz desse sinal. Em seguida, calcule a tensão eficaz da rede utilizando a relação de transformação que está escrita no transformador. Não se esqueça de estimar os erros das medidas.

Desconecte o transformador do osciloscópio e conecte-o ao multímetro ajustado para ACV (tensão alternada). Leia na escala correspondente o valor da tensão eficaz; esse valor deve ser próximo ao calculado no parágrafo anterior. Estime o erro da medida e anote os resultados.

As medidas estão concluídas, mas não desligue ainda o osciloscópio, pois o mesmo precisa ser ajustado antes de ser desligado. Gire todos os botões de variação contínua para a posição calibrada, os botões internos dos controles das sensibilidades verticais e o botão interno do controle do tempo de varredura. Ajuste a taxa de varredura para observar um traço horizontal na tela. Leve as chaves em VERTICAL MODE para a posição DUAL e as duas chaves de entrada dos dois canais para a posição GND. Ajuste os posicionamentos de modo que os dois traços fiquem separados um do outro e visíveis na tela. Desligue o equipamento. Não é necessário desconectar os fios das entradas do osciloscópio nem da saída do gerador.

8.4 BIBLIOGRAFIA

[5], [6], [8], [9], [22], [23], [17], [24], [3], [25]