

## Laboratório 6

### Gerador de Funções e Osciloscópio

#### Objetivo

Familiarizar-se com a utilização do gerador de funções e do osciloscópio.

#### Material utilizado

- Gerador de funções
- Osciloscópio
- Cabos coaxiais com conector BNC

### 1. Gerador de Funções

Nas experiências que realizamos até agora, utilizamos sempre um gerador de corrente contínua e estudamos o comportamento de correntes e voltagens estacionárias, ou seja, não variáveis com o tempo.

Para analisarmos circuitos com voltagens que variam com o tempo, usaremos um dispositivo chamado **gerador de funções** ou **gerador de sinais**. O gerador de função é um aparelho que gera voltagens variáveis com o tempo. As voltagens geradas são periódicas de período  $T$ , frequência  $f$  e amplitude  $V_0$ . As funções geradas são chamadas **forma de onda**, e podem ser de três tipos: quadrada, triangular ou senoidal. A voltagem gerada pode ter valores positivos ou negativos em relação a uma referência chamada GND ou terra. A Figura 6.1 mostra um gerador de funções do nosso laboratório.

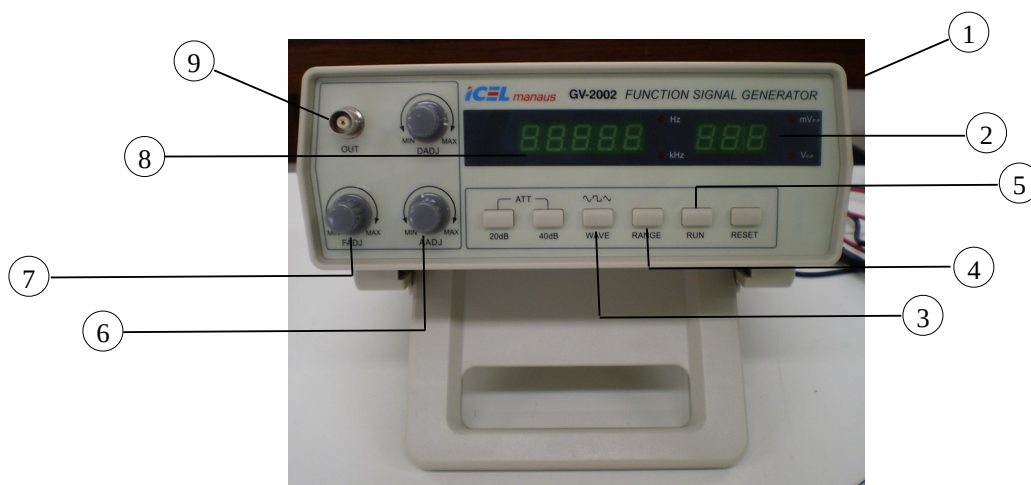


Figura 6.1 – Gerador de Funções

Descreveremos abaixo o significado de cada um dos botões do gerador de funções indicados na Figura 6.1

1. Botão liga-desliga. Encontra-se no painel traseiro do aparelho.
2. Mostrador da amplitude do sinal gerado em V ou mV.
3. Chave **WAVE**. A chave WAVE permite selecionar a forma de onda desejada. A medida que a chave for pressionada, será exibido no lado esquerdo do mostrador (8) os dígitos 1, 2 ou 3, correspondendo às formas de onda senoidal, quadrada e triangular, respectivamente.

4. Chave **RANGE**. Essa chave é usada para selecionar a escala de frequência de saída do gerador. Cada escala corresponde a um intervalo de frequência de operação. A medida que a chave é pressionada, é exibido no lado direito do mostrador (8) os dígitos de 1 a 7. A relação entre esses dígitos e a máxima frequência que pode ser selecionada em cada modo de operação é mostrada na tabela abaixo.

Dígito no mostrador	Intervalo de Frequência
1	2 Hz
2	20 Hz
3	200 Hz
4	2 kHz
5	20 kHz
6	200 kHz
7	2 MHz

5. Chave **RUN**. A chave RUN deve ser pressionada após a seleção da forma de onda e da escala de frequência.

6. Chave **AADJ**. Essa chave controla a amplitude do sinal de saída.

7. Chave **FADJ**. Essa chave permite variar continuamente a frequência do sinal dentro do limite de cada escala selecionada pela chave do item (4). O valor da frequência selecionado por essa chave é aproximado. Para determinar o valor preciso, devemos medir o período da onda através de um aparelho que permite visualizar o sinal gerado. Faremos isso nesta experiência.

8. Mostrador da frequência selecionada. Ao escolhermos o valor da frequência com a chave (7), o gerador selecionará automaticamente a unidade apropriada (Hz ou kHz).

9. Saída para conexão de um cabo BNC.

Num circuito, o gerador de funções é representado pelo símbolo mostrado na Figura 6.2. A forma de onda gerada é representada dentro do círculo.

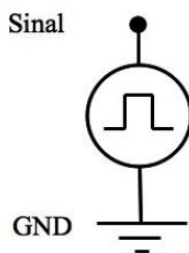


Figura 6.2 – Representação do gerador de funções num circuito.

## 2. Osciloscópio

O osciloscópio é um instrumento empregado para visualizar e medir voltagens que variam com o tempo. O primeiro osciloscópio foi construído em 1897 pelo alemão Karl F. Braun, ganhador do Nobel de Física em 1909. Basicamente, o aparelho é formado por um tubo de raios catódicos e por circuitos que fazem com que um feixe de elétrons seja defletido de acordo com o sinal elétrico injetado. O sinal

é mostrado numa tela fosforescente. A Figura 6.3 mostra um sinal senoidal visto na tela de um osciloscópio.

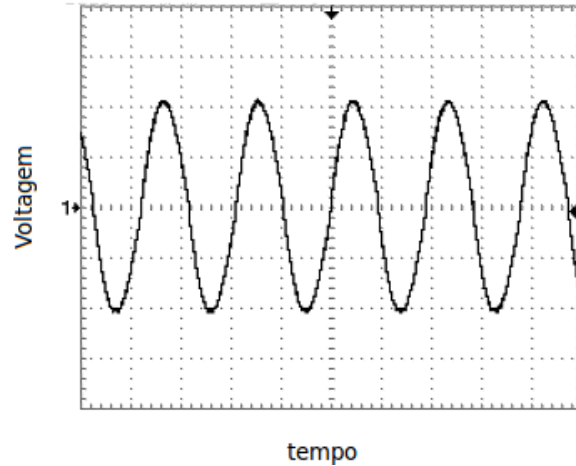


Figura 6.3 – Sinal senoidal visto na tela do osciloscópio.

A Figura 6.4 mostra o esquema de um osciloscópio semelhante ao que usaremos em nossas medidas. A descrição detalhada de todas as funções do osciloscópio foge aos nossos objetivos. A seguir, discutiremos apenas as funções mais relevantes para nossos experimentos.

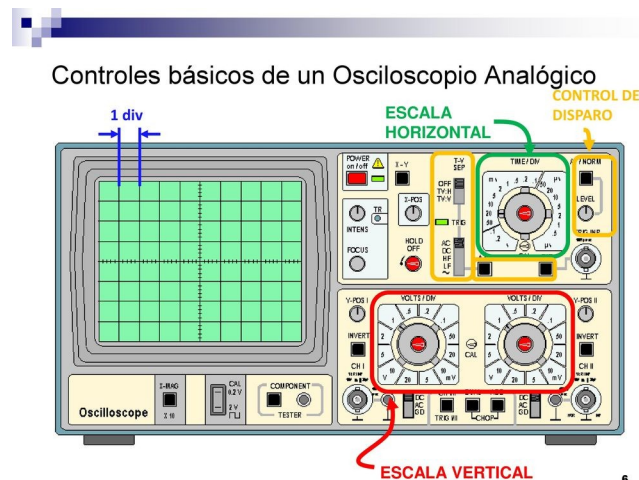


Figura 6.4 – Representação do painel frontal de um osciloscópio analógico.

## 2.1 – Mostrador

O mostrador do osciloscópio é representado na Figura 6.4 pelo retângulo à esquerda. O mostrador possui uma grade para que o operador possa medir o **tempo** ao longo do eixo horizontal e a **voltagem** ao longo do eixo vertical. A tela do osciloscópio é feita de material fosforescente que converte a energia do feixe de elétrons em luz visível. A intensidade luminosa na tela pode ser controlado pela chave “Intensity”. Verifique sempre a intensidade quando ligar o osciloscópio.

## 2.2 – Canais de Entrada

Em geral, um osciloscópio possui duas entradas para voltagens independentes e uma série de chaves e botões para o ajuste do sinal na tela. Essas entradas são chamadas de **canais** (CH1 e CH2 no osciloscópio).

Em cada canal é possível definir uma escala para a leitura dada em **Volts/Div** (volts por divisão). Essa escala indica que voltagem corresponde a uma divisão **vertical** do quadrado de 1 cm de lado do mostrador. Por exemplo, se a escala selecionada para a medida foi de 5 Volts/Div, cada retículo no mostrador terá altura de 5 V. A seleção da escala é feita girando um seletor.

Podemos fazer três tipos de leitura em cada canal: GND, DC e AC para cada um dos canais. Se a opção escolhida for GND, o canal estará ligado à terra, e portanto a voltagem será nula, aparecendo como uma linha horizontal na tela do osciloscópio. Utilize essa opção para determinar na tela a posição do potencial zero. Quando a opção AC é escolhida, o sinal é submetido a um filtro que corta frequências inferiores a 10 Hz. A opção DC fará com que apareça na tela uma eventual voltagem constante, somada ao potencial variável.

Para cada canal, existe ainda uma chave utilizada para mudar a posição de referência dos sinais, deslocando-os para cima ou para baixo. Essa chave é chamada *position*. Também é possível descolar a imagem do sinal para a esquerda ou para a direita.

Nos osciloscópios do nosso laboratório, é possível observar até dois sinais independentemente. Pode-se escolher visualizar no mostrador apenas o sinal do CH1, apenas o sinal do CH2, ou ambos.

Para ajustar o intervalo de tempo em que o sinal é visualizado, usamos a chave “Escala Horizontal” mostrada na figura. A escala de tempo é dada em Tempo/Div (s/Div, ms/Div ou  $\mu$ s/Div). Assim como no caso da voltagem, a escala de tempo indica o tempo correspondente a uma divisão **horizontal** do quadrado de 1 cm de lado. Quando a chave seletora está posicionada em 1ms/Div, por exemplo, cada retículo (Div) do mostrador terá largura equivalente a 1 ms.

Quando dois sinais estão sendo exibidos simultaneamente, existe a opção de observarmos na tela do osciloscópio o sinal do CH2 em função do sinal do CH1. Essa função é obtida selecionando a opção X-Y no painel direito do osciloscópio.

## 2.3 – Gatilho (*trigger*)

O sistema de gatilho estabelece o momento em que o osciloscópio começa a desenhar o sinal. Ele é responsável por fazer repetidas formas de onda aparecerem estáticas na tela do osciloscópio. Em outras palavras, o gatilho sincroniza o osciloscópio com o sinal desejado.

Um sinal periódico no tempo tem sempre duas regiões, uma com valores positivos e outra com valores negativos em relação ao valor médio. Pode-se escolher com qual das duas regiões queremos sincronizar o osciloscópio através da chave SLOPE. O valor da voltagem onde ocorrerá a sincronização é especificado pela chave LEVEL.

Há três diferentes métodos de se fazer o sincronismo do osciloscópio com o sinal medido: automático(AUTO), normal (NORM) e varredura única.

*Sincronismo automático:* nesse modo sempre haverá algum tipo de sinal sendo mostrado na tela, independentemente da presença de sinais no CH1 e CH2. Se nenhum sinal estiver presente, um *timer* no osciloscópio dispara a varredura.

*Sincronismo normal:* nessa situação o sincronismo só acontece quando o sinal de entrada passa de um determinado valor, especificado pelo usuário. Só aparecerá uma forma de onda na tela quando um sinal estiver presente num dos canais. Nesse modo, o sinal pode não ser mostrado na tela se a chave LEVEL não for ajustada corretamente.

*Varredura única:* nessa situação um sinal de sincronismo é disparado uma única vez. Esta função é utilizada para visualizar sinais não periódicos no tempo.

Além de escolher a forma de sincronismo, é necessário selecionar qual dos sinais (CH1 ou CH2) desejamos ter sincronizado.

### **3. Largura de banda e resolução de um osciloscópio**

Uma das mais importantes especificações para osciloscópios é a largura de banda, que é o sinal de frequência mais alta que você pode testar com confiança. A largura de banda média de um osciloscópio de bancada encontra-se na faixa de 20-35 MHz, o que é suficiente para a maioria das aplicações. Depurações especializadas e reparos, tais como testes em computadores ou em equipamentos de ultrafrequência, demandam larguras de banda da ordem de 100 MHz.

A maioria dos osciloscópios tem resolução de 0,5  $\mu$ s. Embora a tela do osciloscópio possa exibir sinais de eventos com períodos menores que a sua resolução, o sinal aparecerá apenas como um pico de voltagem.

### **4. Medidas com o Osciloscópio**

Para realizar medidas com o osciloscópio, devemos basicamente seguir o seguinte roteiro:

- Fixe a sonda de teste à entrada de um dos canais do osciloscópio.
- Ajuste o seletor de posição vertical para definir o nível de referência 0 V do osciloscópio.
- Selecione o tipo de sinal (AC ou DC).
- Ajuste o controle Volts/Div para definir a faixa de voltagem.
- Ajuste o controle Tempo/Div para definir a fatia de tempo do sinal. A fatia de tempo do sinal é a porção do sinal mostrada na tela do osciloscópio.
- Selecione o modo do gatilho.
- Conecte o terra da sonda ao terra do circuito, e o teste ao ponto do circuito que se deseja medir.
- Leia a forma de onda exibida na tela.

Para fazer medidas de voltagem e período com o osciloscópio, é necessário correlacionar o que está sendo exibido na tela com as configurações selecionadas. Como exemplo, considere que o sinal exibido no osciloscópio seja aquele mostrado na Figura 6.3.

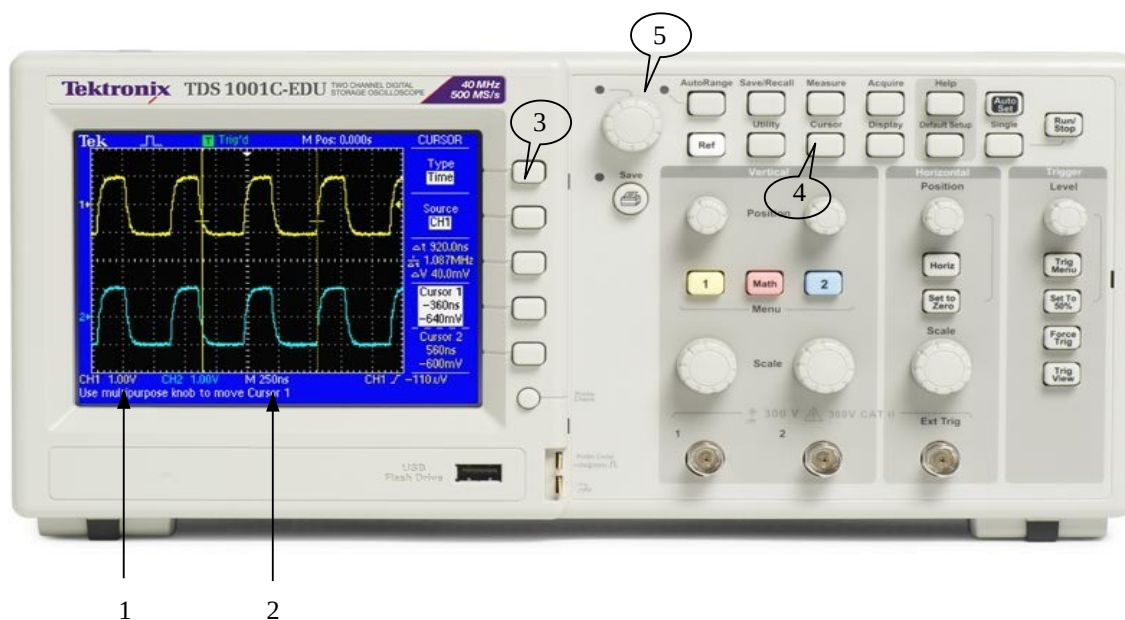
Queremos determinar a amplitude e o período dessa forma de onda. Suponha que tenham sido utilizados as escalas 5 Volts/Div e 1 ms/Div para as medidas de voltagem e tempo, respectivamente. Para determinar o período e a amplitude, utilizamos o reticulado da tela do osciloscópio como régua. Basicamente, precisamos determinar quantas divisões verticais correspondem à amplitude, e quantas

divisões horizontais correspondem ao período. Como cada retículo está subdividido em 5 divisões menores, o erro de cada medida será 0,1 DIV. Da figura, vemos que a amplitude e o período são  $V_0 = 2,1 \pm 0,1 \text{ DIV}$  e  $T = 2,0 \pm 0,1 \text{ DIV}$ . Uma vez que cada divisão vertical corresponde à 5 V e cada divisão horizontal corresponde à 1 ms, teremos:  $V_0 = (2,1 \pm 0,1) \times 5 = (10,5 \pm 0,5) \text{ V}$  e  $T = (2,0 \pm 0,1) \times 1 = (2,0 \pm 0,1) \text{ ms}$ . Note que a amplitude é medida em relação à posição de referência 0 V ajustada previamente pelo usuário.

## 5. O Osciloscópio Digital

O laboratório conta com dois osciloscópios digitais da Tektronix. Os osciloscópios digitais possuem um conversor analógico-digital para converter a voltagem medida em informação digital. Diferente do osciloscópio analógico, o osciloscópio digital pode calcular e mostrar diretamente na tela informação como amplitude e frequência do sinal.

O procedimento para realização de medidas com o osciloscópio digital é o mesmo descrito anteriormente. A figura abaixo mostra o osciloscópio digital do nosso laboratório. A seguir, descreveremos brevemente a utilização de alguns botões e algumas informações mostradas na tela do equipamento.



1. Fator de escala vertical (Volts/Div).
2. Fator de escala horizontal
3. Quando o canal "1" ou "2" é selecionado, esta chave seleciona o tipo de leitura: GND, DC ou AC.
4. A chave *cursor* mostra um cursor vertical ou horizontal na tela. Utilize a chave (3) para selecionar o tipo de cursor (*Voltage*, *Time* ou *off*). O cursor pode ser movimentado com a chave (5).

## 6. Procedimento Experimental

1. Conecte o MAIN OUT do gerador de funções ao canal CH1 do osciloscópio com um cabo coaxial.
2. Ligue o gerador de funções e selecione a forma de onda quadrada. Utilizando a chave “RANGE”, selecione a escala de frequência “4”. Pressione a chave “RUN”. Utilizando a chave “FADJ”, ajuste a frequência do sinal para 250 Hz. Caso o gerador não alcance essa frequência, mude a escala para “5”. Utilizando a chave “AADJ”, ajuste a amplitude do sinal para 5 V.
3. Pressione a chave GND do osciloscópio. Alinhe o feixe de elétrons à linha central do mostrador do osciloscópio (ou seja, defina a referência 0 V).
4. Escolha a opção “AC” do osciloscópio. Relate o observado.
5. No gerador de funções, selecione as formas de onda triangular e senoidal. Observe o sinal no osciloscópio.
6. Selecione a forma de onda senoidal no gerador de funções. Mude aleatoriamente o nível de sincronismo ajustando a função LEVEL e descreva o observado.
7. Varie a posição da chave VOLTS/DIV no osciloscópio. A amplitude do sinal mudou ?
8. Varie a posição da chave SEC/DIV no osciloscópio. O período do sinal foi alterado ?
9. Ajuste agora a amplitude do sinal no gerador de funções para  $V_0 = 2 \text{ V}$ .
10. Utilize a chave “LEVEL” do osciloscópio **analógico** para obter uma imagem estática do sinal.
11. Meça a amplitude do sinal senoidal utilizando as escalas indicados na tabela abaixo.

V/DIV	No. de DIV	$\sigma$ (DIV)	$V_0$ (volts)	$\sigma_{V_0}$ (volts)	$\sigma_{V_0} / V_0$ (%)
0,5					
1					
2					

12. Qual escala permite menor incerteza ?
13. Fixe a chave VOLTS/DIV do osciloscópio em 1 V/DIV.
14. Meça o período do sinal utilizando as escalas indicadas na tabela. Calcule também a frequência  $f$  do sinal ( $f = 1/T$ ) e o seu erro.

ms/DIV	No. de DIV	$\sigma$ (DIV)	$T$ (ms)	$\sigma_T$ (ms)	$f$ (Hz)	$\sigma_f$ (Hz)
0,5						
1						
2						