

OSCILOSCÓPIO

1. INTRODUÇÃO

Muitos instrumentos de medição utilizados em Eletrônica e Telecomunicações, tais como o VOM, podem ser classificados como medidores quantitativos, já que, pela leitura na sua escala ou nos dígitos fornecem um valor correspondente à grandeza medida. O osciloscópio é um instrumento que além de uma medida quantitativa, apresenta também uma medida qualitativa da grandeza que está sendo objeto de análise. Na maioria dos casos o osciloscópio apresenta a variação de uma tensão em função do tempo. Por este motivo o osciloscópio torna-se um instrumento de grande versatilidade. Porém para aproveitar ao máximo desta versatilidade é necessário que se saiba usá-lo corretamente, conhecendo o seu funcionamento.

2. TRC - TUBO DE RAIOS CATÓDICOS

Um osciloscópio, na realidade, nada mais é do que um tubo de raios catódicos (TRC), acoplado a alguns circuitos.

O TRC é uma válvula eletrônica, portanto, um bulbo de vidro, dentro do qual existe vácuo relativo, e onde foram dispostos: um canhão eletrônico, quatro placas defletoras, uma camada de material fosforescente e um anodo coletor.

O canhão eletrônico é composto por um filamento, cátodo, grade de controle e algumas grades de convergência e aceleração. Sua função é emitir um feixe estreito de elétrons, com uma certa velocidade, em direção à tela. Pode-se controlar a intensidade deste feixe (número de elétrons por segundo) variando-se a tensão aplicada entre o cátodo e a grade de controle.

A parte frontal do TRC é revestido internamente por uma camada de material fosforescente que, ao ser atingido por um feixe de elétrons, emite luz naquele ponto. A intensidade desta luz é proporcional à intensidade do feixe de elétrons.

Normalmente o feixe emitido pelo canhão atinge a tela no centro, mas é possível fazermos o feixe incidir em outro ponto da tela. Esta é a função das placas defletoras; desviar a trajetória do feixe, sendo que as placas 1 e 2 (fig. 1) são chamadas de placas defletoras horizontais e as 3 e 4 de placas defletoras verticais. Se ligarmos uma tensão contínua nas placas 3 e 4 (fig. 1) com o positivo na placa 3 e o negativo na placa 4, a placa 3 atrairá o feixe de elétrons (cargas diferentes se atraem), já que ela é positiva e o feixe de elétrons é negativo, assim como a placa 4 repelirá o feixe (cargas iguais se repelem). Isto ocasionará uma mudança na direção do feixe, portanto o ponto luminoso será deslocado, neste caso, para cima. Dependendo das tensões aplicadas nas placas defletoras verticais e horizontais podemos deslocar o ponto luminoso para qualquer posição na tela.

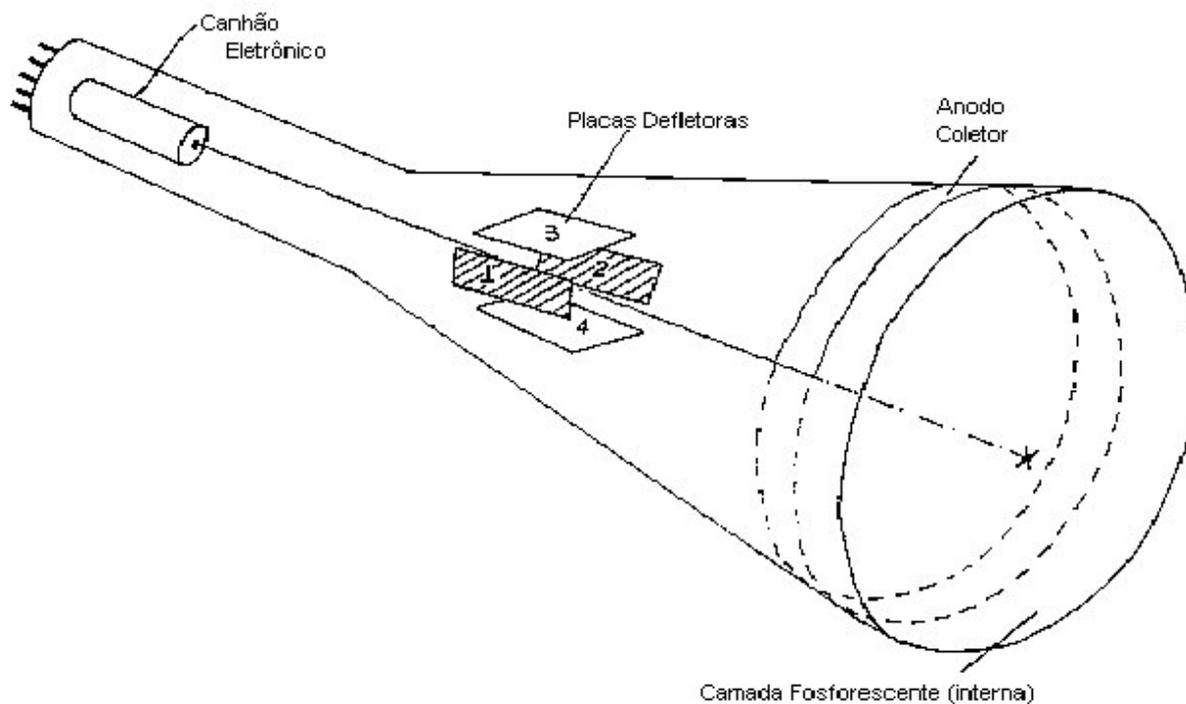


Figura 1 - T R C

Depois que os elétrons colidem com a camada fosforescente, eles são atraídos e coletados pelo ânodo coletor, já que este é polarizado positivamente em relação ao cátodo.

3.GERADOR DE VARREDURA

Na maioria dos casos o osciloscópio é utilizado para a análise de uma forma de onda, ou seja, a variação de uma tensão em função do tempo. Para que isto aconteça é necessário que o ponto luminoso se desloque na tela com uma velocidade constante no

sentido horizontal que é o eixo do tempo.

Já que a posição do ponto luminoso é diretamente proporcional à tensão aplicada ao respectivo par de placas defletoras, temos que aplicar uma tensão que varie linearmente com o tempo (fig 2).

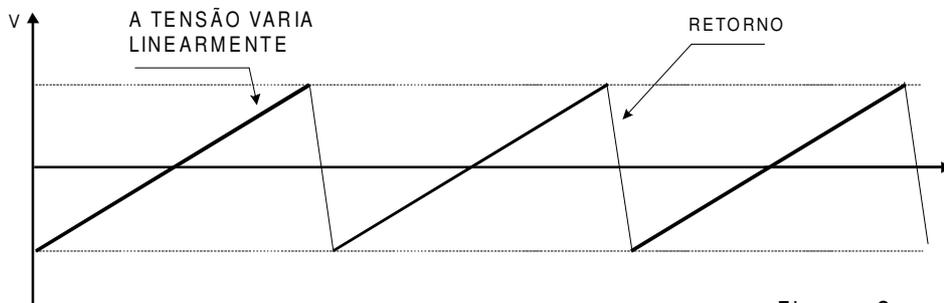


Figura 2

Verifica-se portanto que a forma de onda, ou seja, o gráfico da tensão em função do tempo que devemos aplicar nas placas que vão provocar o movimento horizontal, terá que ser uma reta, ou melhor, uma “rampa” porque a tensão vai aumentando linearmente. Quando o ponto chega na extremidade da tela (lado direito) há necessidade de fazê-lo retornar o mais rapidamente possível, pois o retorno não será utilizado para a formação da imagem. Este sinal é chamado de “dente de serra”. (fig.2).

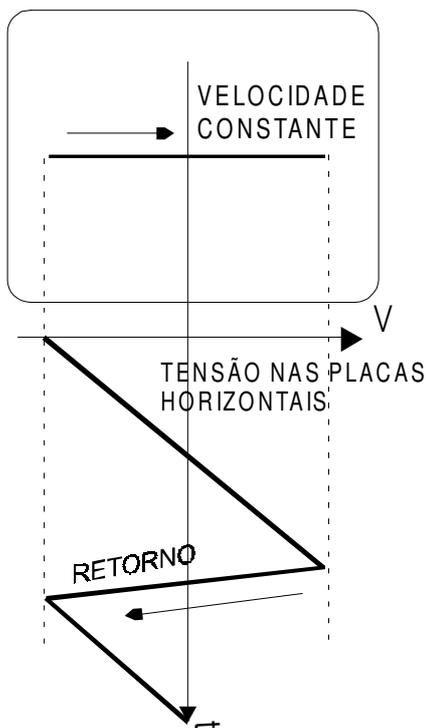


Figura 3

Aplicando-se um sinal “dente de serra” às placas defletoras horizontais, obtemos na tela do TRC um ponto luminoso se deslocando da esquerda para a direita, com velocidade constante voltando rapidamente e repetindo a trajetória. Se aumentarmos a frequência, o tempo que o ponto leva de uma extremidade para outra será menor, mas sempre com velocidade constante, fazendo com que tenhamos a percepção de uma linha horizontal na tela. Isto se deve a persistência do olho humano e da camada de fósforo.

Analise atentamente a figura 3, para compreender bem este processo.

4. DEFLEXÃO VERTICAL

O sinal que desejamos observar deverá ser aplicado às placas de deflexão vertical, fazendo com que o ponto luminoso se movimente para cima e para baixo conforme o nível de tensão presente.

Note que agora a velocidade não é mais constante, e sim, depende do tipo de

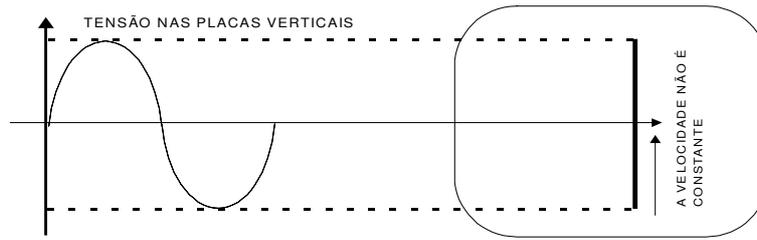


Figura 4

sinal que estamos aplicando. Analise atentamente a figura 4, onde está se aplicando nas placas uma onda senoidal.

Se ligarmos simultaneamente o sinal do gerador de varredura (dente de serra) nas placas defletoras horizontais, e um sinal senoidal de mesma frequência nas placas defletoras verticais, obtemos na tela uma composição destes dois sinais, que sempre

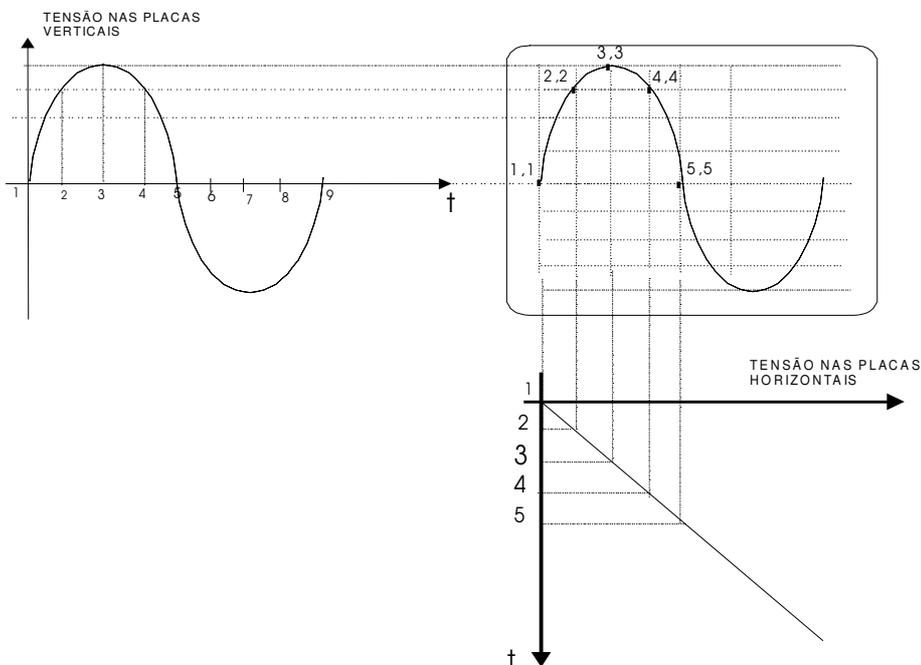


Figura 5

reproduzirá a forma de onda do vertical. Analise a figura 5 ponto a ponto para compreender melhor este efeito.

Como a excursão do sinal no sentido vertical é proporcional à tensão aplicada em cada instante, podemos graduar a tela em uma escala de tensão.

Normalmente o sinal que temos nas pontas de prova não tem amplitude conveniente para ser aplicado diretamente às placas defletoras. Utiliza-se então um amplificador e um atenuador na entrada, provido de um seletor, apenas para adequar o sinal.

5. SINCRONISMO

Apresentamos uma seqüência de figuras (fig 6, 7, 8 e 9) mostrando a necessidade e a maneira pela qual o sincronismo é obtido. Em todos os desenhos a primeira forma de onda é a que está presente na entrada VERTICAL, ou seja, nas placas defletoras verticais. A segunda forma de onda é proveniente da saída do gerador de varredura, ou seja, aplicada nas placas defletoras horizontais. Logo abaixo, a imagem que apareceu na tela em cada ciclo do gerador de varredura, e ao lado, a resultante que se observaria na tela do osciloscópio.

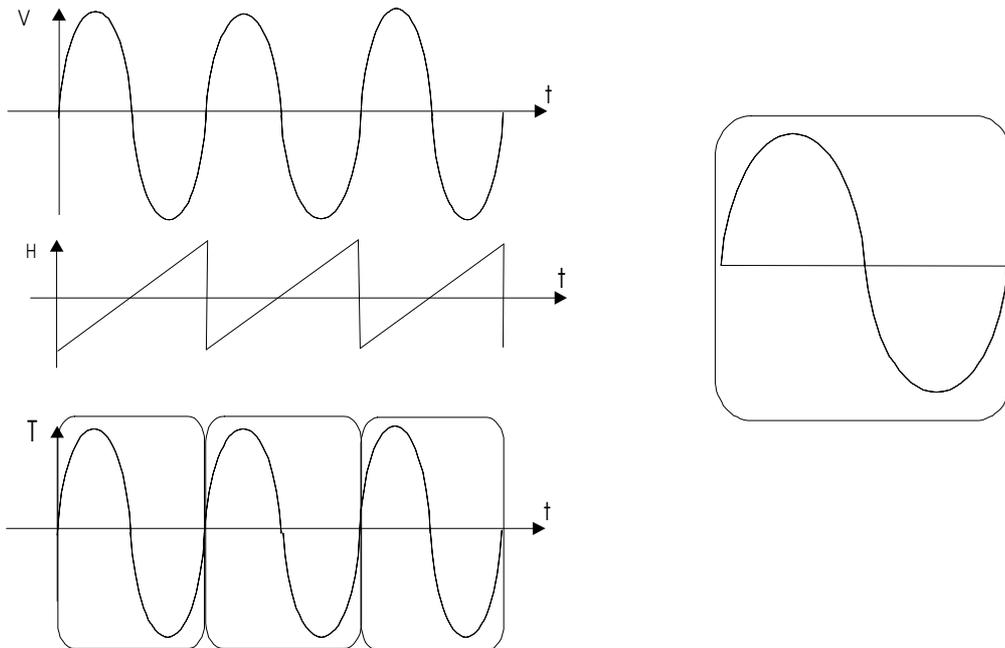


Figura 6

FIG. 6: Um sinal aplicado ao vertical e o gerador de varredura ajustado para a mesma freqüência. A imagem na tela aparece estável porque a cada ciclo do gerador de varredura, o ponto luminoso descreve a sua trajetória sobre a trajetória anterior, ou seja, desenha uma imagem sobre a outra, dando a impressão que a imagem está parada.

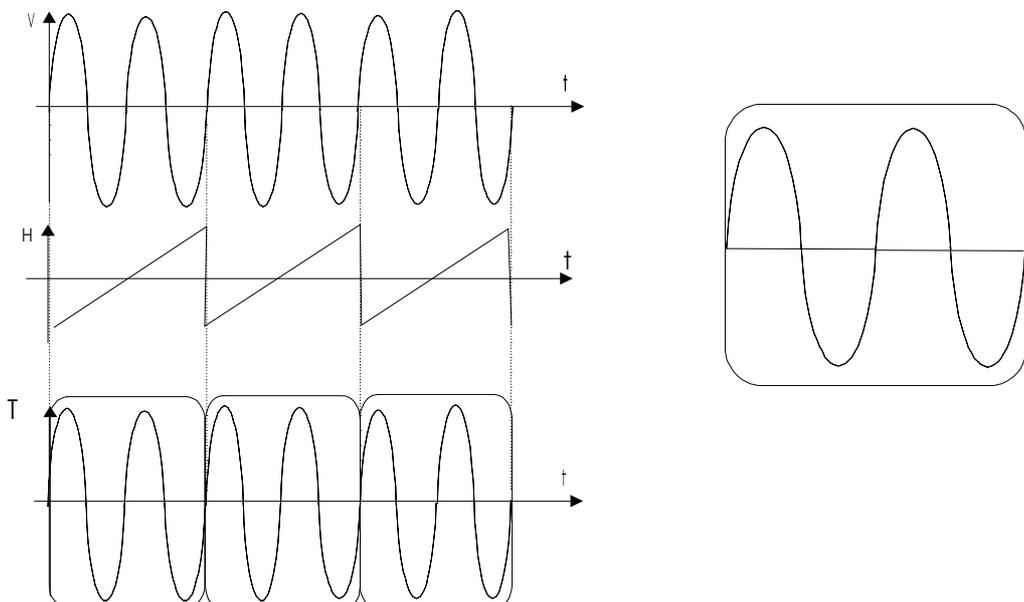


Figura 7

FIG.7: Um sinal aplicado ao vertical e o gerador de varredura ajustado para a metade da frequência. Processo semelhante ao da fig. 6, só que aparecem dois ciclos na tela.

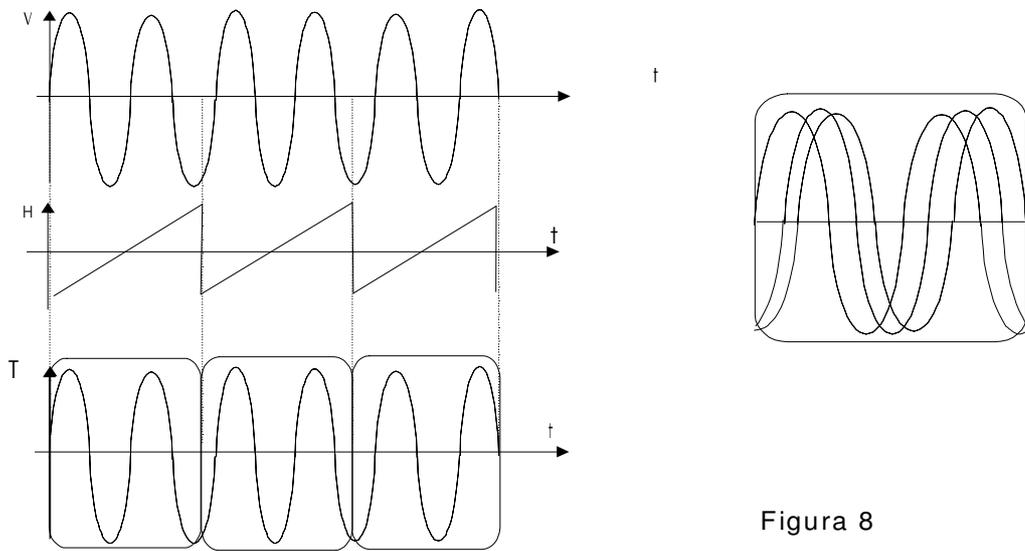


Figura 8

FIG.8: Um sinal aplicado ao vertical e o gerador de varredura ajustado para uma frequência qualquer diferente (não à igual, nem 1/2 ou 1/3, 1/4, etc). A imagem na tela aparece confusa, porque a cada ciclo do gerador de varredura é reproduzido na tela um desenho (senóide neste caso) em posições diferentes, dando a impressão de que a imagem está “correndo”.

Para sanar o problema mostrado na fig.8, há necessidade de “sincronizar o gerador de varredura com o sinal de entrada. O sincronismo consiste em fazer com que o ciclo de varredura comece sempre num mesmo ponto do sinal de entrada, como na fig. 9.

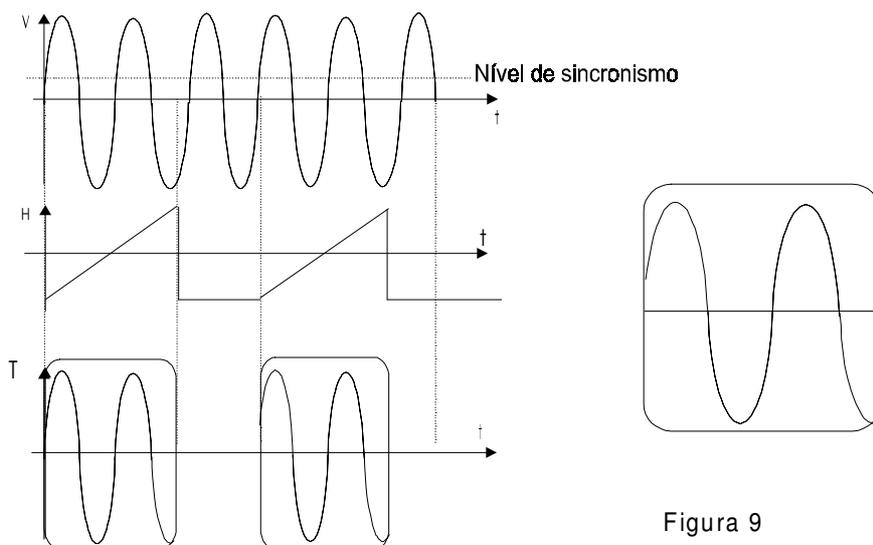


Figura 9

FIG.9: Um sinal aplicado ao vertical e o gerador de varredura sincronizado por este sinal. Quando o primeiro ciclo do gerador de varredura (que começou quando o sinal de entrada passou pelo zero subindo, isto é, de uma tensão negativa para uma positiva) terminar, o segundo não começará logo em seguida como nos casos anteriores,

e sim, somente depois que o circuito de sincronismo der o comando, o que ocorrerá quando o sinal de entrada passar novamente pelo zero, subindo. Portanto, a imagem na tela será estável. Durante o tempo em que o gerador de varredura termina um ciclo e fica na espera do comando do sincronismo, o feixe fica parado no lado esquerdo da tela.

O controle de “NÍVEL de SINCRONISMO” (trigger level-niveau) serve para determinar o nível em que ocorrerá o disparo do gerador de varredura, isto é, em que nível de tensão começará o desenho da forma de onda.

O controle de (POLARIDADE de SINCRONISMO” (trigger slope) serve para determinar se o disparo do gerador de varredura ocorrerá durante a “subida” ou “descida” do sinal, ou seja, se o primeiro ciclo desenhado na tela, será positivo ou negativo.

O controle de “FONTE de SINCRONISMO” (trigger source) serve para selecionar o sinal que irá sincronizar a forma de onda. Pode ser interno, isto é a partir do próprio sinal injetado no vertical; rede, isto é, a partir da rede de energia elétrica (60Hz) ou externo, sendo que neste caso devemos injetar um sinal na entrada de sincronismo externo.

6. AMPLIFICADORES:

Como os sinais que se deseja medir, nem sempre tem uma amplitude adequada para as placas defletoras, há necessidade de amplificadores: HORIZONTAL e VERTICAL, e também um atenuador para adequar o sinal ao amplificador.

Em alguns casos e aplicações é necessário utilizar uma varredura externa no horizontal (figuras de Lissajous, curvas de transferência, etc.), então geralmente o osciloscópio possui uma chave seletora e uma entrada horizontal.

7. DIAGRAMA EM BLOCOS

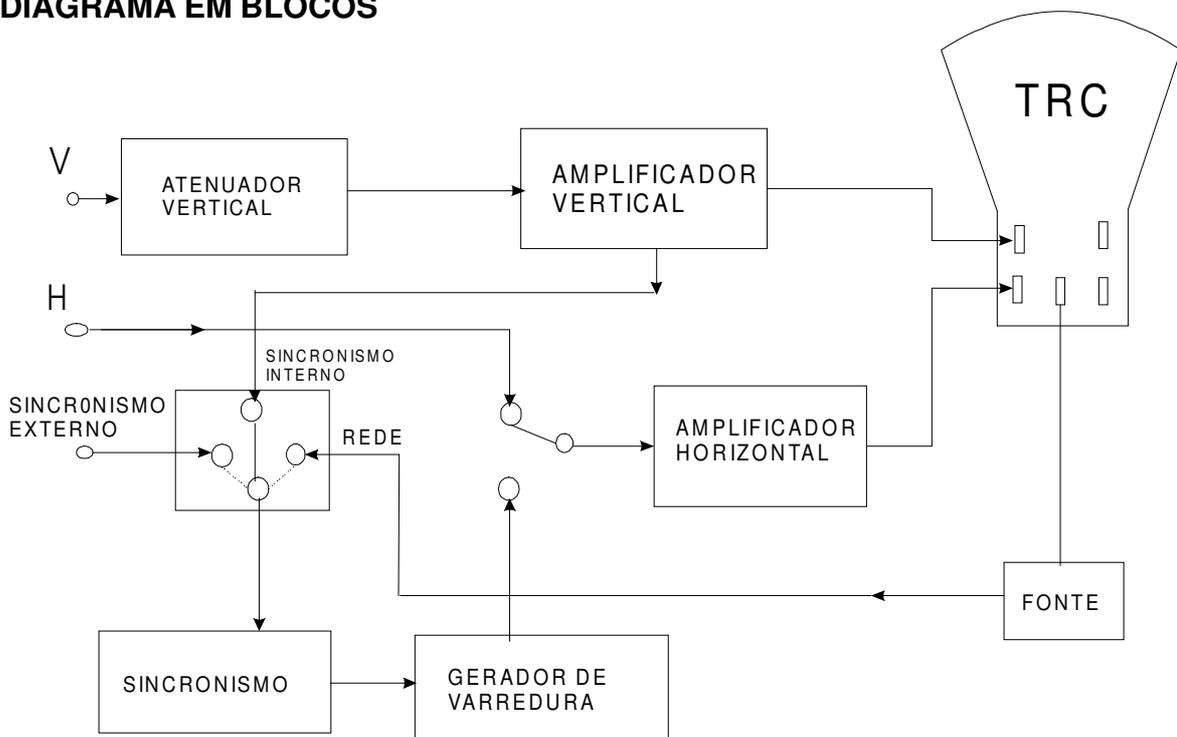
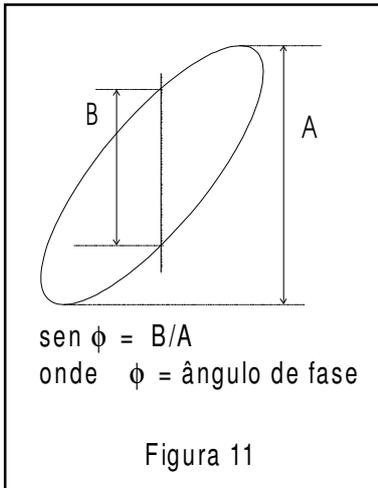


Figura 10

8. FIGURAS DE LISSAJOUS

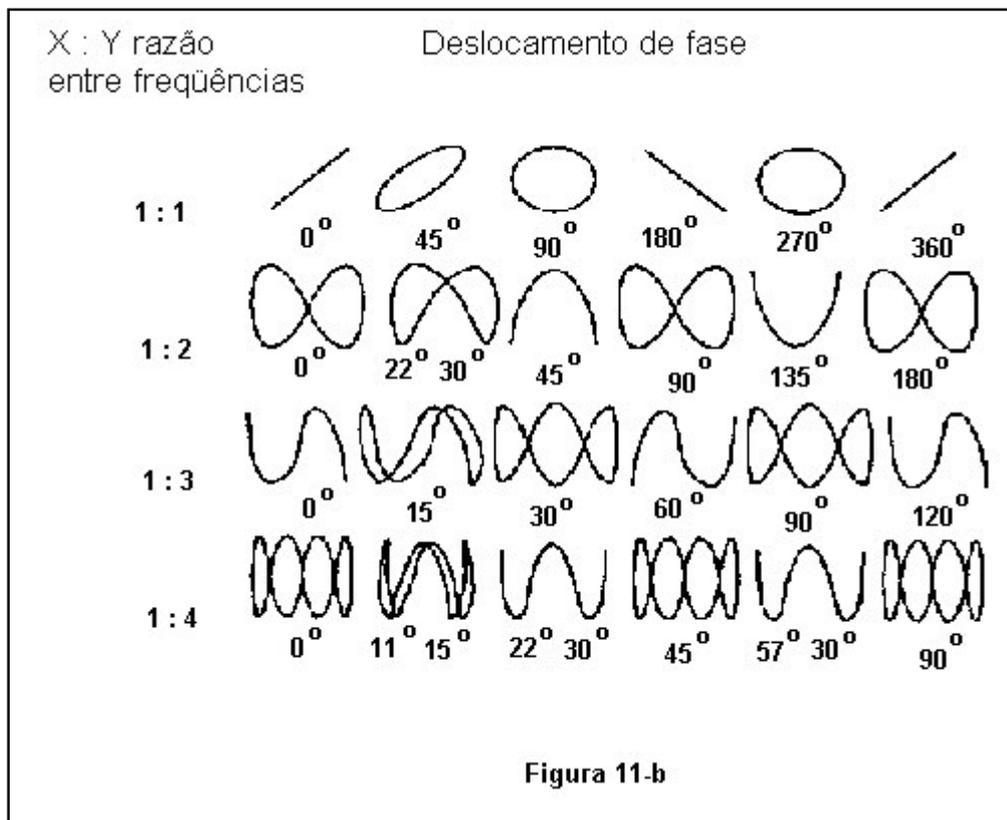
São usadas para medição de fase ou frequência. Para sinais de mesma frequência, são usadas para medição da diferença de fase entre estes sinais. Para sinais de frequências diferentes são usadas para medir a relação de frequência entre dois sinais .



A diferença de fase entre dois sinais, de mesma frequência, pode ser calculada conforme mostrado na figura 11 .

Na figura 11-b são mostradas as diferenças de fase, para diversas razões de frequências, entre dois sinais.

Para fazer este tipo de medida, o osciloscópio é selecionado na posição XY (horizontal externo). Um dos sinais é aplicado na entrada horizontal e o outro na entrada vertical.



9. GATILHAMENTO DO SINAL DE SINCRONISMO (TRIGGER)

Um gatilhamento adequado é essencial para a perfeita operação de um osciloscópio. É possível definir 3 tipos de fonte para fazer o gatilhamento:

CH1 ou CH2: é usado o sinal de um destes canais para iniciar a varredura do sinal.

LINE: um sinal com frequência igual ao da alimentação AC(rede) é utilizado como sinal de gatilho.

EXT : a varredura é gatilhada por meio de um sinal externo aplicado ao terminal de entrada de gatilho externo.

10. MODOS DE FAZER O GATILHAMENTO (TRIGGER MODE)

AUTO: a varredura flui no modo excursão livre, mesmo quando nenhum sinal de gatilhamento é aplicado.

NORM : se nenhum sinal de gatilhamento for aplicado, a varredura fica num estado de prontidão e o traço fica apagado. Neste caso é necessário aplicar um sinal de trigger externo.

X-Y : operação X-Y (horizontal externo). O canal 1 produz a deflexão vertical (eixo Y) e o canal 2 produz deflexão horizontal (eixo X).

11. ACOPLAMENTO (COUPLING)

É usado para relacionar o acoplamento do sinal de gatilhamento ao circuito de gatilho.

AC : bloqueia o componente CC do sinal de entrada.

DC : permite passagem de AC + DC.

HF REJ: remove componentes do sinal acima de uma certa frequência (por exemplo acima de 50 kHz).

TV : este acoplamento é utilizado para gatilhamento de TV, para observação de sinais de vídeo de TV.

12.AMPLIAÇÃO DA VARREDURA

Para ver alguns detalhes de um sinal, é necessário expandir o sinal no tempo. Neste caso pode-se usar o botão X10 MAG. Ele fará com que a forma de onda visualizada seja expandida em 10 vezes.

13. CONTROLE DE HOLD OFF

Quando o sinal a ser medido tiver uma forma de onda complexa, com 2 ou mais frequências de repetição (períodos), o gatilhamento apenas com o controle de nível poderá não ser suficiente para obter uma imagem estável.

Neste caso a varredura poderá ser sincronizada para a forma de onda do sinal medido através do ajuste de tempo do HOLD OFF (tempo de pausa de varredura), como mostrado na figura 12.

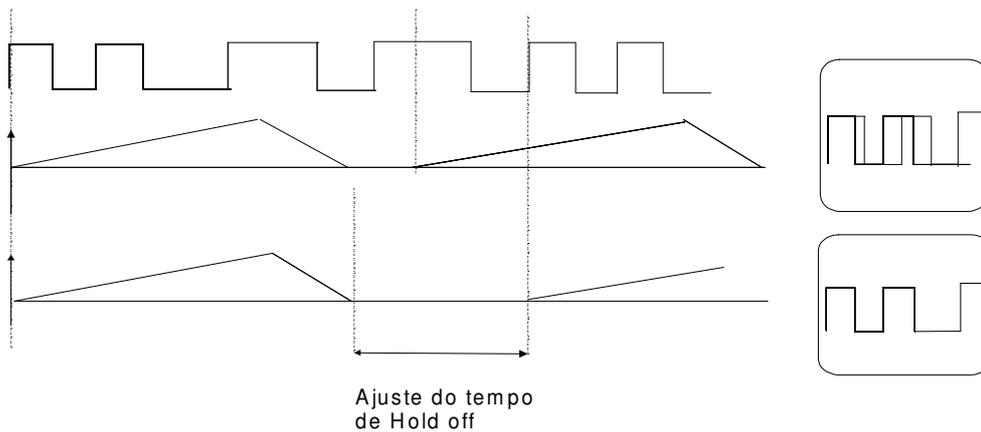


Figura 12

14. OBTENÇÃO DA CURVA CARACTERÍSTICA DO DIODO COM O OSCILOSCÓPIO

Normalmente usa-se o osciloscópio para observar a amplitude do sinal com o passar do tempo. Para isto, o sinal a ser visto é aplicado na entrada vertical, isto é, a amplitude do sinal é que provoca a varredura vertical. A varredura horizontal é uma rampa com inclinação constante. Isto pode ser visto na figura 13.

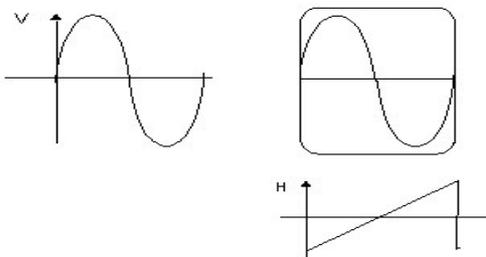


Figura 13

Para se obter a curva característica de um componente eletrônico, devem-se compor dois sinais, como por exemplo tensão e corrente sobre um diodo, tensão V_{ce} e I_c de um transistor, etc.

A curva de um diodo pode ser obtida através do circuito mostrado na figura 14. Nesta figura a tensão sobre o diodo é aplicada na entrada horizontal. A corrente que passa pelo diodo é obtida indiretamente, através do resistor R , pois a forma de onda da corrente no diodo, é igual à forma de onda de tensão em cima do resistor R , e é aplicada na entrada vertical.

Para observar a curva característica, usamos o modo XY. Neste modo, é retirado o sinal de varredura horizontal, e na entrada horizontal (entrada x) é aplicada a forma de onda de tensão sobre o diodo. A forma de onda de corrente no diodo é aplicada na

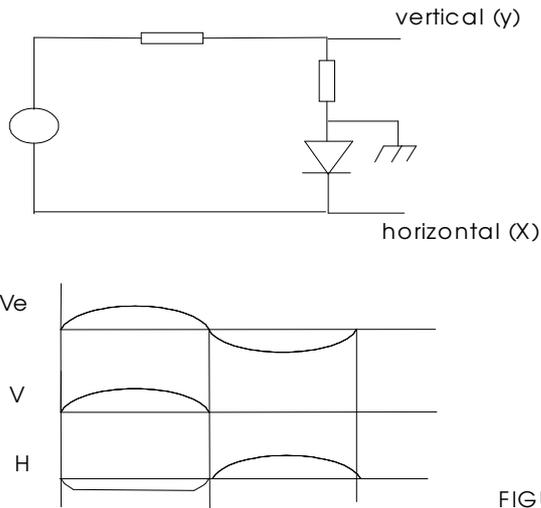


FIGURA 14

entrada vertical.

Na figura 15, é mostrado o resultado da composição dos dois sinais. Devido ao fato que a referência (massa) é única, o sinal obtido em cima do diodo é negativo. Desta maneira a curva característica obtida está invertida.

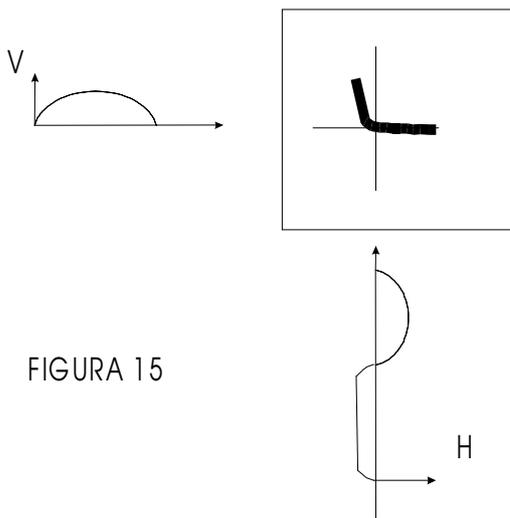


FIGURA 15

O sinal aplicado à entrada horizontal, no primeiro semi-ciclo é negativo. Isto provoca uma deflexão do feixe horizontalmente para a esquerda. Enquanto isto, o sinal aplicado à entrada vertical é positivo e provoca uma deflexão do feixe verticalmente para cima. O resultado é uma composição destes dois sinais, e é visto no segundo quadrante da curva, na figura 15.

No segundo semi-ciclo o sinal aplicado à entrada horizontal é positivo, provocando uma deflexão do feixe para a direita, no sentido horizontal. Enquanto isto a tensão aplicada na entrada vertical está com zero volts. Desta forma o feixe se deflexiona para a direita, no sentido horizontal. Isto é visto no primeiro quadrante da curva, na figura 15.

DESENHOS ORIGINAIS: Prof. Joarez Vrubel
 NOVOS DESENHOS: Prof. Paulo Roberto Brero de Campos
 TEXTO: Profs. Roberto Wilhelm Bartnig e Carlos Ademar Purim