

CAPÍTULO 2

OSCILOSCÓPIO

INTRODUÇÃO

O osciloscópio é considerado um instrumento básico de teste em oficinas e na indústria, assim como em laboratórios de pesquisas e desenvolvimento de projetos eletrônicos.

O osciloscópio permite ao técnico ou engenheiro observar tanto o valor como a forma do sinal em qualquer ponto de um circuito eletrônico. Suas principais aplicações são:

- Medições de valores de: potência, tensão, ângulo de fase etc.
- Comparação entre uma frequência desconhecida e uma frequência padrão, determinando assim o valor desconhecido.

O osciloscópio é um instrumento que consiste basicamente de um tubo de raios catódicos e de circuitos amplificadores auxiliares.

TUBO DE RAIOS CATÓDICOS

O tubo de raios catódicos (TRC) é um tubo de vidro projetado especialmente para medir fenômenos elétricos que não podem ser medidos por outros meios.

O tubo de raios catódicos não é só a parte principal do osciloscópio como também é amplamente usado nos equipamentos de radar para observação visual das informações obtidas pelo receptor deste.

Atualmente o TRC é largamente difundido podendo ser encontrado em equipamentos de eletromedicina, terminais de vídeo de microcomputadores etc.

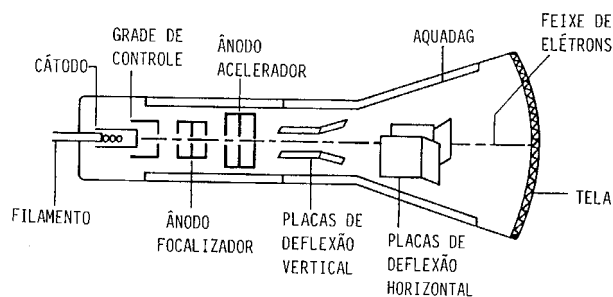


Figura 2-1 Tubo de raios catódicos

Os elementos de operação do tubo de raios catódicos estão encerrados em seu interior que contém um alto vácuo a fim de preservar o

filamento e permitir que o feixe de elétrons seja bem definido.

Canhão Eletrônico

A parte mais importante do TRC é o canhão eletrônico, que está situado em um de seus extremos e que tem por finalidade projetar um feixe de elétrons de um extremo a outro do tubo. Constituem o que denominamos “raio catódico”. O canhão eletrônico consiste de um filamento, um cátodo, uma grade de controle, um ânodo focalizador (1º ânodo) e um ânodo acelerador (2º ânodo). Esses elementos são mostrados na figura 2-2.

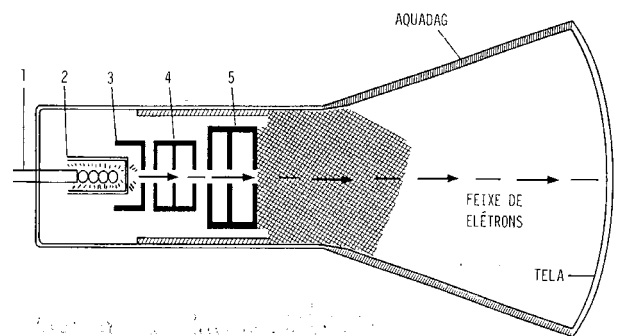


Figura 2-2 Canhão eletrônico

As conexões com os diversos elementos são efetuadas por meio de pinos que estão na base do tubo. Em muitos casos, o cátodo está ligado internamente ao filamento.

Os filamentos são aquecidos geralmente por CA, aplicada por um transformador de filamento, separado.

O cátodo é um cilindro de níquel cujo extremo está coberto com óxido de bário e estrôncio, de maneira que quando aquecido emite elétrons livremente na direção desejada. O ânodo acelerador também é um cilindro. Em seu interior há um diafragma que tem uma abertura em seu centro. Como o ânodo acelerador é altamente positivo, atrairá os elétrons emitidos pelo cátodo.

As tensões aplicadas ao ânodo acelerador variam desde 250V até 10.000 V. Esta alta tensão faz com que o feixe de elétrons (raio catódico) adquira uma alta velocidade. Embora a maioria dos elétrons seja atraída e capturada pelo ânodo de aceleração, muitos podem passar

através da abertura que existe no diagrama do tubo.

A tela do TRC tem por finalidade transformar a energia cinética do elétron em energia luminosa. A tela é composta de uma substância semitransparente, conhecida como fósforo, e está situada na parte interior do tubo. Quando o feixe de elétrons atinge a tela, esta emite a luz cuja cor depende da composição do fósforo.

O revestimento mais comumente usado é o silicato de zinco que emite luz verde. Uma consideração importante é a persistência que indica a quantidade de tempo em que a tela continuará incandescente, depois de ser atingida pelo feixe.

Pode-se notar que se deve proporcionar algum meio de eliminar os elétrons da tela; do contrário, a carga negativa na tela aumentaria a tal que ponto que não chegariam mais elétrons até ela.

O método usado para eliminar tais elétrons, é colocar um revestimento de condutor de AQUADAG, ao longo de toda parte interior do tubo, com exceção da tela, e conectá-la ao cátodo. A emissão de elétrons secundários pode assumir efeitos graves e, portanto, é coletada pelo revestimento de AQUADAG e devolvido ao cátodo.

O cátodo é circundado pela grade de controle, a qual é mantida a um potencial mais negativo que este e serve para controlar o fluxo de elétrons que saem do cátodo.

A intensidade do brilho na tela é regulada pelo valor da tensão negativa de polarização aplicada à grade de controle, quanto mais negativa for a tensão de polarização, menos intenso será o brilho.

Se a grade se tornar suficientemente negativa, não haverá mais fluxo de elétrons para a tela e conseqüentemente, deixará de haver brilho. O ajuste do potencial é feito pelo controle de intensidade.

Se não houver um meio para proporcionar o foco, os elétrons serão emitidos, mas devido a repulsão mútua se difundirão e golpearão a tela como uma massa dispersa que terá aspecto embaçado.

Os ânodos de focalização e aceleração agem como uma espécie de lente que concentra o feixe e torna nítida a imagem na tela.

O ânodo de focalização tem um potencial de 1200V e o ânodo de aceleração tem 2.000V. Por causa dessa diferença de 800V, existe um campo eletrostático muito forte na região entre os dois ânodos. A intensidade desse campo pode ser variada, mudando-se as tensões do ânodo focalizador.

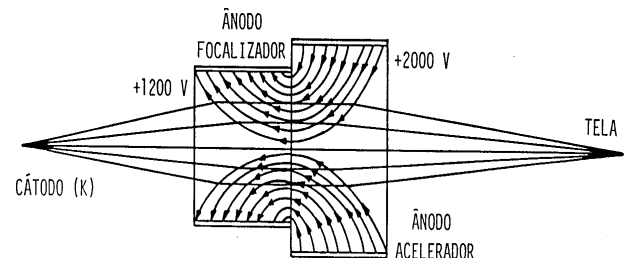


Figura 2-3 Processo de focalização

O campo eletrostático é representado pelas linhas curvas.

Os elétrons que passarem por este campo sofrerão a ação de uma força que tentará fazê-los seguir as linhas de força.

Um elétron que entra na lente tem sobre si duas forças atuantes: uma força que é motivada pela aceleração dada pela atração do ânodo acelerador e outra motivada pelo campo eletrostático que existe entre os ânodos. A tendência do elétron é desviar-se, e em lugar de se deslocar em linha reta, desloca-se em um direção tangencial à das linhas de força.

Esta curvatura por sua vez depende da diferença de potencial que existe entre os dois ânodos. Todos os elétrons que passam pela lente tendem a unir-se em um ponto chamado ponto focal.

Variando-se o potencial aplicado ao ânodo focalizador, pode-se conseguir uma focalização correta na tela.

Deflexão vertical e horizontal

Se o TRC não possuir outros elementos além do canhão eletrônico e a tela, o feixe de elétrons atingiria o centro desta e produziria um ponto luminoso.

Para movimentar o feixe e colocar o ponto luminoso em várias partes da tela, utiliza-se sistemas de deflexão ou de desvio vertical e horizontal.

Existem dois tipos de deflexão ou desvio: o eletrostático e o eletromagnético.

Desvio Eletrostático

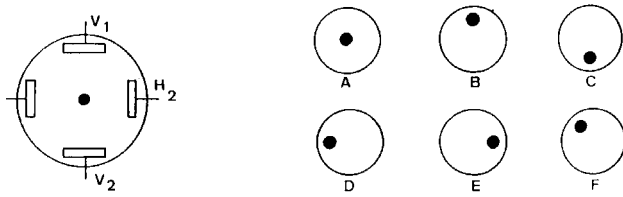


Figura 2-4 Placas de desvio eletrostático

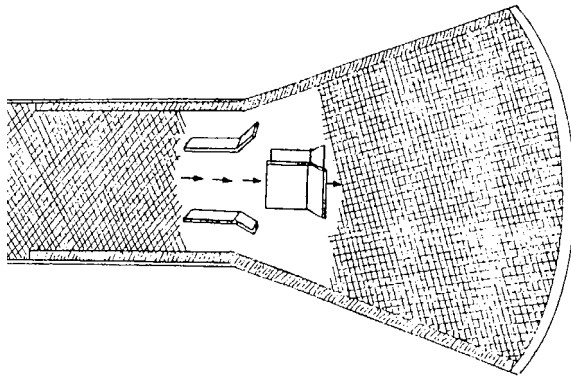


Figura 2-5 Disposição das placas

O desvio eletrostático utiliza dois pares de placas de desvio, colocadas em ângulo reto entre si e o feixe de elétrons passa entre elas, como mostrado na figura 2-4.

A figura 2-5 mostra a vista de topo do TRC mostrando a disposição das placas defletoras ao feixe eletrônico, que é visto como um ponto no centro.

Se não for aplicada uma tensão externa a nenhum par de placas, o feixe permanecerá no centro da tela produzindo um ponto luminoso.

Se a placa vertical V1 se torna positiva, em relação a V2, o feixe será atraído em direção a V1 e o ponto luminoso consequentemente também subirá.

Se a placa vertical V1 é negativa com respeito a V2, o ponto se desloca para baixo. Estas três situações são ilustradas na figura 2-4 A, B e C. As três ilustrações pressupõem que não exista tensão alguma nas placas defletoras horizontais (H1 e H2).

Se as placas verticais estiverem a zero volts e a placa horizontal H1 foi tornada positiva em relação a H2, o feixe será atraído em direção a H1 e o ponto se moverá para a esquerda da tela. Finalmente se a placa H2 é positiva em relação a H1, o ponto será desviado

para a direita da tela. Estas três situações são mostradas na figura 2-4D, E e F.

Em qualquer caso, a distância em que o ponto é afastado do centro da tela é diretamente proporcional à tensão às placas defletoras.

Se forem aplicadas tensões positivas e iguais, simultaneamente às placas V1 e H1, o feixe será atraído para cima e para a esquerda, por forças idênticas.

O resultado é um desvio do ponto luminoso para uma posição de 45° do centro da tela. Outras combinações de tensões aplicadas às placas defletoras farão com que o ponto se desloque para posições diferentes da tela do TRC.

Até agora só estudamos os efeitos de tensões contínuas (CC) aplicadas nas placas defletoras verticais e horizontais.

A corrente alternada, ao contrário da corrente contínua, está variando constantemente de polaridade e valor.

Assim ao ser aplicada uma CA às placas defletoras, o ponto luminoso se moverá rapidamente para várias posições na tela, à proporção que a tensão varia de polaridade e valor. Isto ocorre da seguinte maneira:

Se uma CA é aplicada às duas placas de deflexão vertical (V1 e V2), o ponto luminoso se movimentará para cima e para baixo. Se a frequência da tensão aplicada for baixa, talvez seja possível ver o ponto subir e descer.

Dois fatores, porém não permitem que isso ocorra. A inércia do olho humano e também a reação da camada do fósforo que reveste o interior da tela do TRC.

Ambos os fatores fazem com que se tenha a sensação de persistência luminosa na tela, em forma de um traço luminoso.

Se a placa V1 for polarizada positiva em relação a V2, durante o primeiro semiciclo positivo, o ponto luminoso se movimentará para cima e novamente para baixo, até retornar ao centro. O semiciclo negativo movimentará o ponto luminoso para baixo e novamente para cima, até retornar ao centro.

A distância que o ponto se afasta do centro para cima e do centro para baixo, depende do valor da tensão de pico.

Em virtude da velocidade com que se move o ponto luminoso, associado aos fatores de inércia do olho humano e persistência

luminosa da tela do TRC, fazem com que aquele ponto surja como um traço reto.

Quando uma CA é aplicada às placas horizontais H1 e H2, teremos, pelas mesmas razões já explicadas, um traço horizontal. Este processo é ilustrado na figura 2-6 A e B.

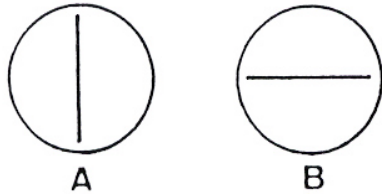


Figura 2-6 Aplicação de CA

Se forem aplicadas tensões alternadas iguais, de maneira que V1 e H1 tenham a mesma polaridade, assim como V2 e H2, teremos um traço na tela em uma posição de 45° entre a vertical e a horizontal.

Porém se V1 e H2 forem polarizados igualmente, assim como V2 e H1, o traço ficará também a 45° mas em direção invertida. Este processo descrito está ilustrado na figura 2-7.

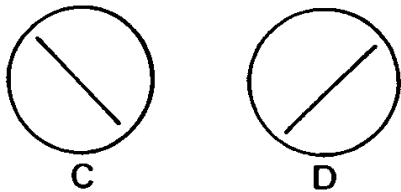


Figura 2-7 Aplicação de tensões alternadas iguais

Desvio Eletromagnético

O desvio eletromagnético é usado onde não é possível obter uma tensão adequada para o desvio eletrostático.

O desvio eletromagnético deve-se ao campo magnético estabelecido dentro do tubo de raios catódicos pelo conjunto de bobinas que estão colocadas ao redor do tubo. O desvio eletromagnético é mais sensível do que o eletrostático.

As bobinas estão colocados proporcionalmente à corrente, como é mostrado na figura 2-8.

O deslocamento do feixe de elétrons é afastado pelo campo magnético da mesma forma que é afetado pelo campo eletrostático.

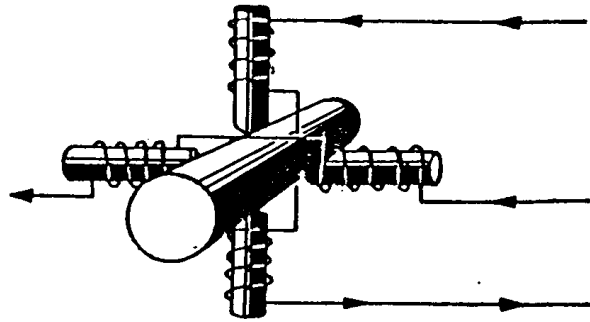


Figura 2-8 Conjunto de bobinas

CIRCUITO GERADOR DE BASE DE TEMPO

Para reproduzir as formas de onda que surgem na tela de um osciloscópio é necessário que este tenha, além do TRC, um circuito gerador de base de tempo, também conhecido como gerador dente de serra.

Sua finalidade é fazer com que o feixe eletrônico se mova da esquerda para a direita da tela a uma velocidade uniforme e logo regresse rapidamente ao lado esquerdo. Este movimento é chamado de varredura linear.

Para se dar a varredura no feixe eletrônico, o gerador produz uma tensão que cresce uniformemente de zero até um certo ponto e decai rapidamente ao nível zero, como mostra a figura 2-9.

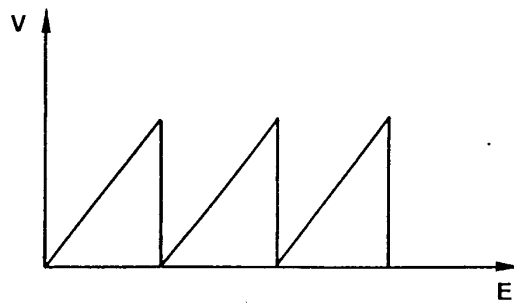


Figura 2-9 Tensão dente de serra

Este perfil é denominado dente de serra ou triangular. Esta tensão é aplicada às placas de deflexão horizontal.

O aumento gradual de tensão faz com que a placa H1 se torne cada vez mais negativa e H2 cada vez mais positiva.

Assim, o feixe eletrônico vai se deslocando da esquerda para a direita com velocidade uniforme. A queda rápida da tensão

faz com que o feixe regresse em muito pouco tempo, e esse tempo é denominado tempo de retorno.

Dependendo da frequência da tensão de varredura teremos na tela um traço horizontal.

Se bem que uma tensão alternada aplicada às placas horizontais produza também um traço horizontal, esta não é adequada com base de tempo linear porque não possui as características desejáveis de uma tensão que se eleva de zero ao máximo de modo linear e volta a zero quase instantaneamente.

Para se examinar qualquer forma de onda por intermédio do osciloscópio, é necessário que apliquemos a tensão que se deseja analisar em suas placas de deflexão vertical e mantenhamos a tensão que se deseja analisar em suas placas de deflexão vertical e mantenhamos a tensão de dente de serra em suas placas horizontais. Isto fará com que o feixe eletrônico se desloque para cima ou para baixo e ao mesmo tempo para frente.

Quando a frequência da tensão de varredura for igual à frequência da tensão aplicada nas suas placas verticais, surge um ciclo na tela do TRC.

Diz-se que a relação da frequência entre a tensão de varredura e o sinal é de 1:1 (um para um).

Quando a frequência da tensão de varredura é metade da frequência do sinal aplicado, teremos dois ciclos na tela do TRC, conforme mostra a figura 2-10.



Figura 2-10

Portanto, para se calcular o número de ciclos que aparecem na tela de um osciloscópio devemos empregar a seguinte equação:

$$\text{Número de ciclos: } \frac{\text{Freq. aplicada}}{\text{Freq. de varredura}}$$

FUNÇÕES BÁSICAS DOS CONTROLES

- a) Intensidade: varia a quantidade de elétrons que chega à tela.
- b) Focalização: os ânodos ajustam a focalização do feixe na tela por meio deste comando.
- c) Posição vertical e horizontal: desloca o feixe para cima, para baixo, para esquerda ou para direita respectivamente.
- d) Entrada vertical: nessa entrada aplicam-se os sinais a serem medidos pelo aparelho.
- e) Entrada horizontal: normalmente às placas horizontais está aplicado um sinal periódico gerado internamente no osciloscópio, o sinal dente da serra, que tem uma velocidade de varredura constante na tela e faz com que o feixe vá de um lado à outro e o regresso não seja observado.
Injetando-se nessa entrada um sinal estaremos modificando a varredura; este procedimento é empregado em alguns casos, como na medida de fase entre dois sinais.
- f) Atenuador vertical:
O sinal aplicado à entrada vertical antes de ser levado às placas defletoras, poderá ter sua amplitude reduzida de múltiplos de 10.
- g) Ganho vertical: permite variar de maneira contínua a amplitude do sinal, antes que ele seja levado às placas defletoras.
- h) Ganho horizontal: permite variar a amplitude ao longo do eixo X.
- i) Seletor de varredura: permite a variação discreta na frequência da varredura interna.

- j) Varredura externa: usada quando pretende-se atuar externamente nas placas horizontais.
- k) Seletor de sincronismo: o sinal estará sincronizado quando tivermos uma configuração estável do mesmo na tela, o que corresponde a um sincronismo de varredura com o sinal aplicado às placas de deflexão vertical. O seletor deverá ser colocado na posição LINHA para o sincronismo com a rede; INTERNO para a varredura interna e EXTERNO para a varredura externa de um sinal colocado na entrada horizontal.
- l) Chave de sincronismo: uma vez escolhida a referência de sincronismo, a chave de

sincronismo permite o ajuste desejado.

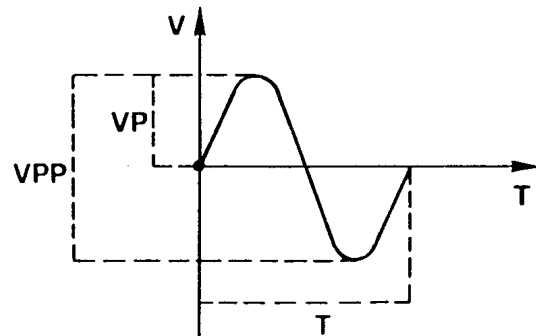


Figura 2-11 Exemplo de leitura com o osciloscópio

Onde:

V_p = valor de pico de tensão

V_{pp} = Valor pico a pico da tensão

T = Período do sinal.