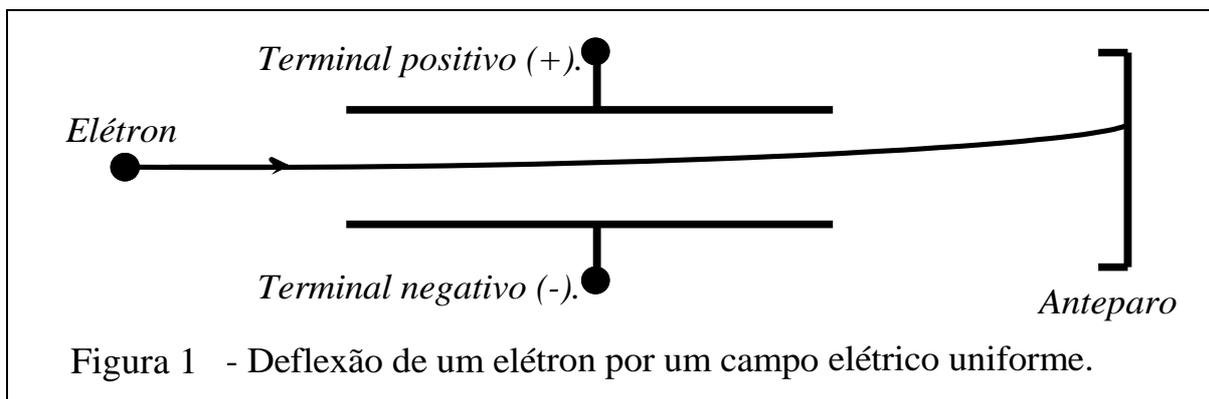


O OSCILOSCÓPIO

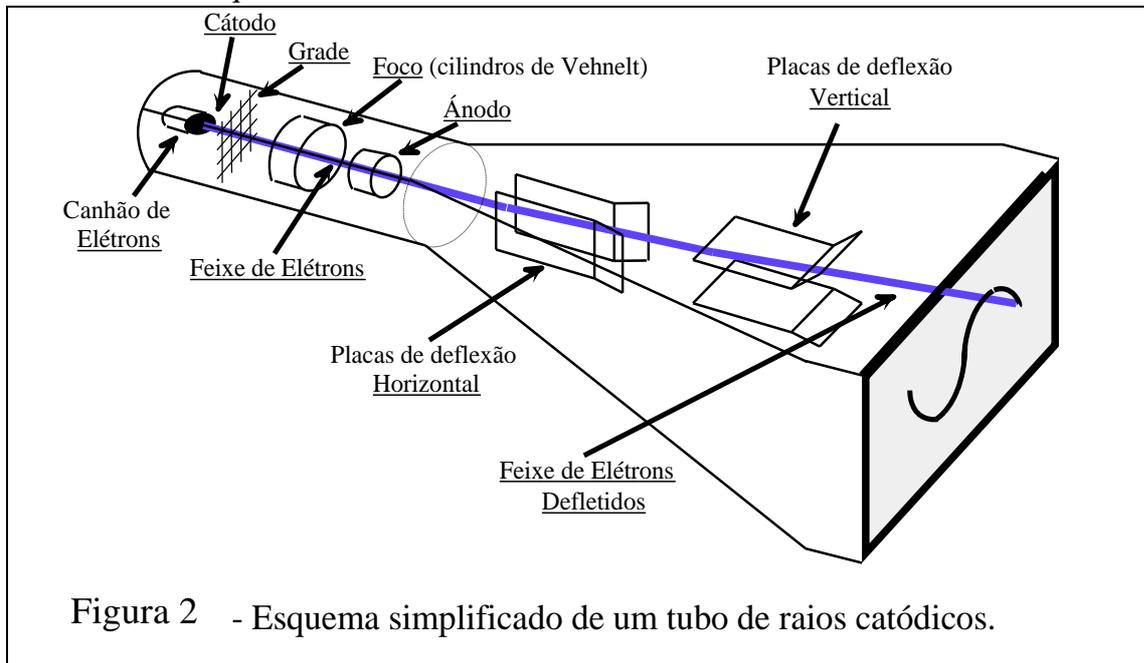
PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

Sabemos que um elétron de trajetória perpendicular a um campo elétrico uniforme sofrerá uma deflexão na direção do campo. A forma de conseguir um campo elétrico uniforme é através de um capacitor de placas paralelas e o elétron pode ser obtido de uma placa aquecida. A ilustração desta situação é dada na figura 1. Este é o princípio básico para entender o funcionamento do osciloscópio (deflexão dos elétrons pelo campo elétrico).



O osciloscópio é um tubo onde existem placas destinadas a defletir um feixe de elétrons que incidirá em uma tela fluorescente, sobre a qual a trajetória do elétron é traçada. A figura que aparecerá no anteparo (tela fluorescente) corresponderá à forma da tensão aplicada em uma de suas placas (entrada do osciloscópio) ou a uma combinação das tensões aplicadas nas suas placas (figuras de Lissajous). Este tubo possui um nome específico: TUBO DE RAIOS CATÓDICOS (CRT) e é semelhante ao tubo de imagem de um televisor. Na figura 2 é mostrado o esquema simplificado de um CRT. O CRT inclui: *canhão de elétrons*, *cilindros de Vehnelt*, *duas placas de deflexão (vertical e horizontal)* e *a tela fluorescente*. O canhão de elétrons não passa de um filamento, idêntico ao de uma lâmpada incandescente, que ao ser ligado aquece uma placa próxima ao filamento fazendo com que a mesma emita elétrons, isto devido à alta temperatura atingida pela placa. Estes elétrons são acelerados pelo campo elétrico (muito intenso) que se estabelece, entre o *canhão de elétrons (cátodo)* e o *ânodo*. O feixe de elétrons, assim produzido, passa em seguida entre duas placas verticais e duas horizontais, sendo defletido pelos campos elétricos existentes entre estas nas placas, e então incidirá sobre uma tela fluorescente apresentando uma trajetória cuja forma depende da tensão aplicada em cada par de placas. A *grade*, veja a figura 2, entre o *canhão de elétrons* e o *ânodo* serve para controlar a intensidade do feixe de elétrons que é emitido pelo *canhão de elétrons*. Quanto maior for o potencial (campo elétrico) aplicado na *grade* em relação ao potencial do *cátodo*, maior será o número de elétrons que passa pela *grade*, ou seja, ajustando este potencial estaremos controlando a intensidade do feixe. Após a *grade* temos os *cilindros*

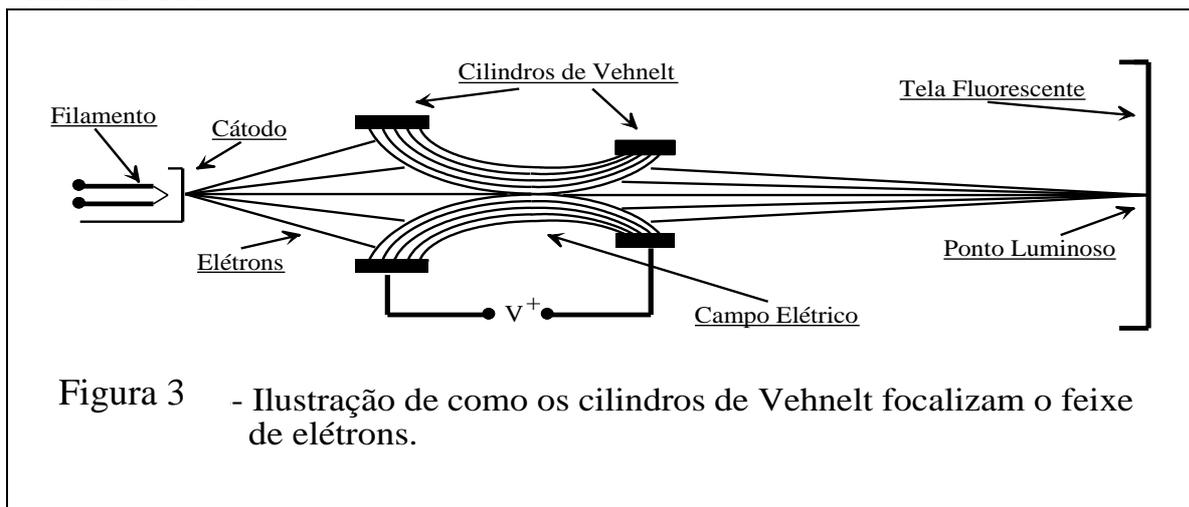
de *Vehnel*, cuja função é colimar o feixe tornando assim a imagem mais nítida na tela. Esta focalização do feixe é obtida aplicando-se uma diferença de potencial entre os dois cilindros. A configuração do campo elétrico entre os cilindros é tal que os elétrons, ao penetrarem no interior dos mesmos, tendem a se deslocarem para o centro, como mostra a figura 3. Este dispositivo funciona como uma lente para o feixe de elétrons, cujo foco deve ser ajustado se formar exatamente sobre a tela fluorescente do osciloscópio. Uma tensão aplicada a qualquer par de placas (vertical ou horizontal) cria um campo elétrico que desvia o feixe, mudando assim a posição na tela. Esta deflexão é proporcional a tensão aplicada. Deste modo obtemos a leitura da tensão medindo-a na tela. Se colocarmos um sinal nas placas de deflexão horizontal, com a forma mostrada na figura 4.a, o feixe se deslocará da esquerda para a direita com a mesma frequência do sinal.



Quando colocamos um sinal tipo onda quadrada, nas placas de deflexão vertical, o osciloscópio gera internamente um sinal tipo dente de serra (veja figura 4.b), fazendo com que o feixe fique passando na tela da esquerda para a direita, com uma frequência escolhida denominada **FREQUÊNCIA DE VARREDURA**. O sinal que aparecerá na tela será uma onda quadrada (veja figura 4.c). Como o número de períodos apresentado na tela do osciloscópio depende da *freqüência de varredura escolhida*, teremos no exemplo em que a frequência de varredura é exatamente igual a do sinal, apenas um período é exibido. Se agora a *freqüência de varredura* for metade da frequência do sinal, irá aparecer na tela dois períodos.

SINCRONISMO DE VARREDURA.

Ao conectarmos o sinal $V(t)$ da saída do gerador de funções a uma das entradas do osciloscópio, o mesmo pode não aparecer parado na tela. Isto acontece se o início da varredura do osciloscópio não estiver sincronizado com $V(t)$ (o sinal de entrada). Fazer o sinal de entrada ficar parado na tela é *sincronizar a varredura do osciloscópio* com o mesmo. Para que o osciloscópio sincronize os sinais (entrada e varredura) é necessário dar ao mesmo alguma informação para que ele inicie a varredura no instante correto, de modo que o sinal apareça parado na tela. Esta informação é dada por um dos modos de sincronismo; no osciloscópio que temos em sala são: V. MODE, CH1, CH2, LINE e EXT. Selecione CH1 ou CH2, dependendo de qual dos canais é aquele ao qual o sinal está ligado. Após selecionado o modo de sincronismo, existe no osciloscópio um circuito que gera, de acordo com o modo selecionado, um sinal em forma de GATILHO. A função deste GATILHO é iniciar a VARREDURA.



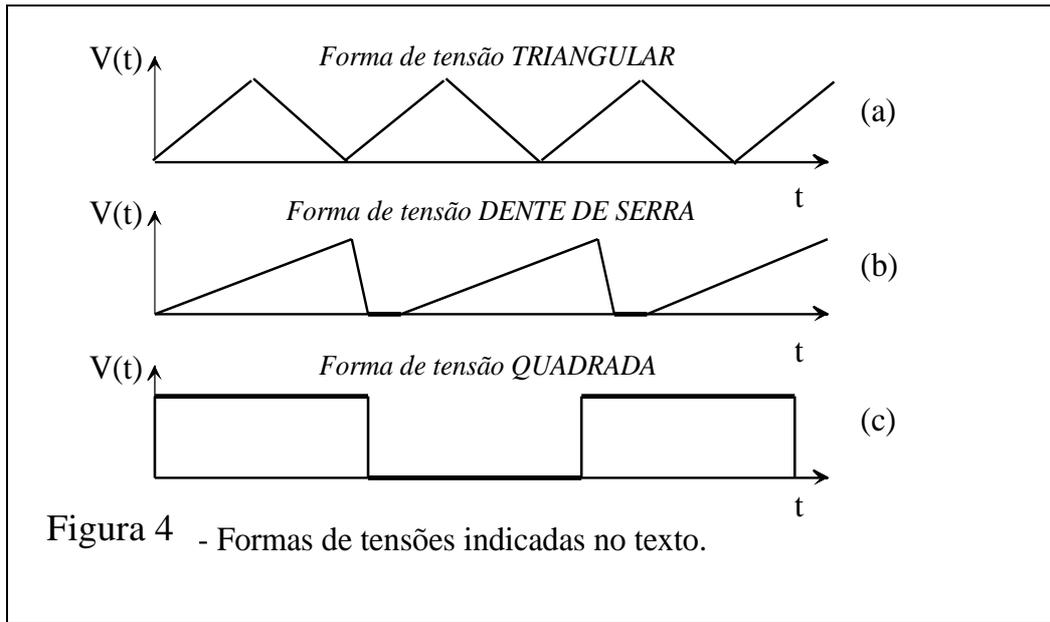


Figura 4 - Formas de tensões indicadas no texto.

Uma outra informação tem que ser dada ao circuito de sincronismo para que ele saiba quando deve ser iniciada a varredura, ou melhor, em que instante do sinal ele deve gerar o sinal de GATILHO que dispara a VARREDURA. Este é o ajuste de nível, que se dá através de um botão de controle que nos permite selecionar o nível de tensão V_g e assim determinar em que ponto do sinal queremos que seja iniciada a VARREDURA. Observe que o nível de tensão V_g é atingido em vários pontos da senóide, onde o sinal é crescente ou decrescente, podemos escolher o sinal de GATILHO para qualquer um dos casos. Observe também que o V_g deve estar no intervalo da tensão pico-a-pico do sinal. Ajuste o botão do nível para que o sinal fique parado na tela. Na figura 5 mostramos o sinal aplicado, o sinal de GATILHO gerado internamente e o sinal de VARREDURA.

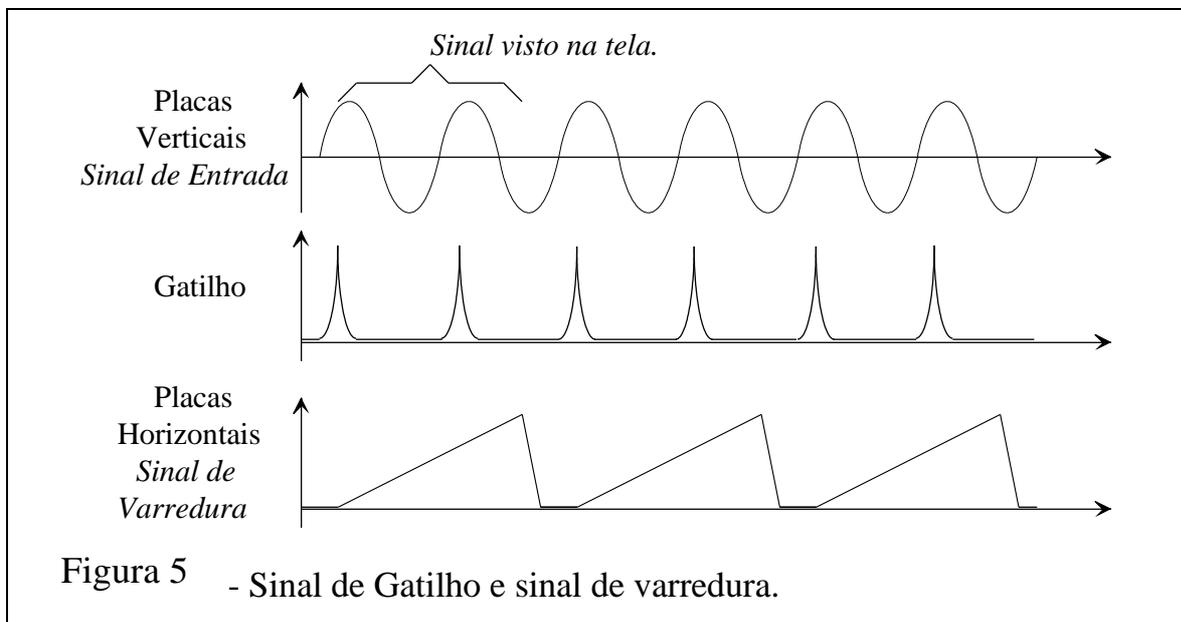
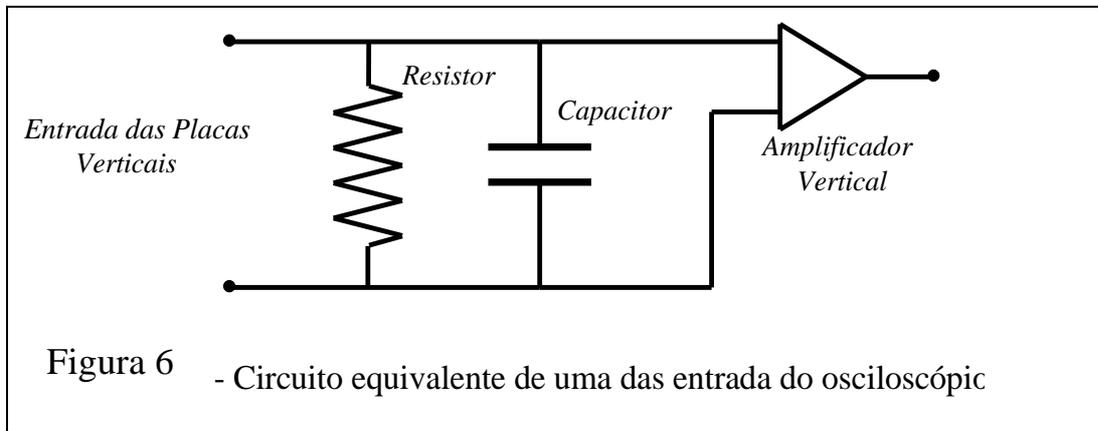


Figura 5 - Sinal de Gatilho e sinal de varredura.

ACOPLAMENTO AC/DC.

A impedância de um osciloscópio pode ser representada por uma resistência e um capacitor em paralelo, é o que chamamos de circuito equivalente. Na figura 6 mostramos este circuito com o amplificador das placas verticais.

O sinal de entrada, vindo do gerador de funções, pode ter uma componente alternada (AC) e uma componente contínua (DC). Para termos na saída do gerador de funções uma componente DC, além da componente AC, é necessário mudarmos a posição do botão "DC OFFSET" no gerador. Esta componente pode ser positiva ou negativa dependendo da posição do botão do "DC OFFSET".

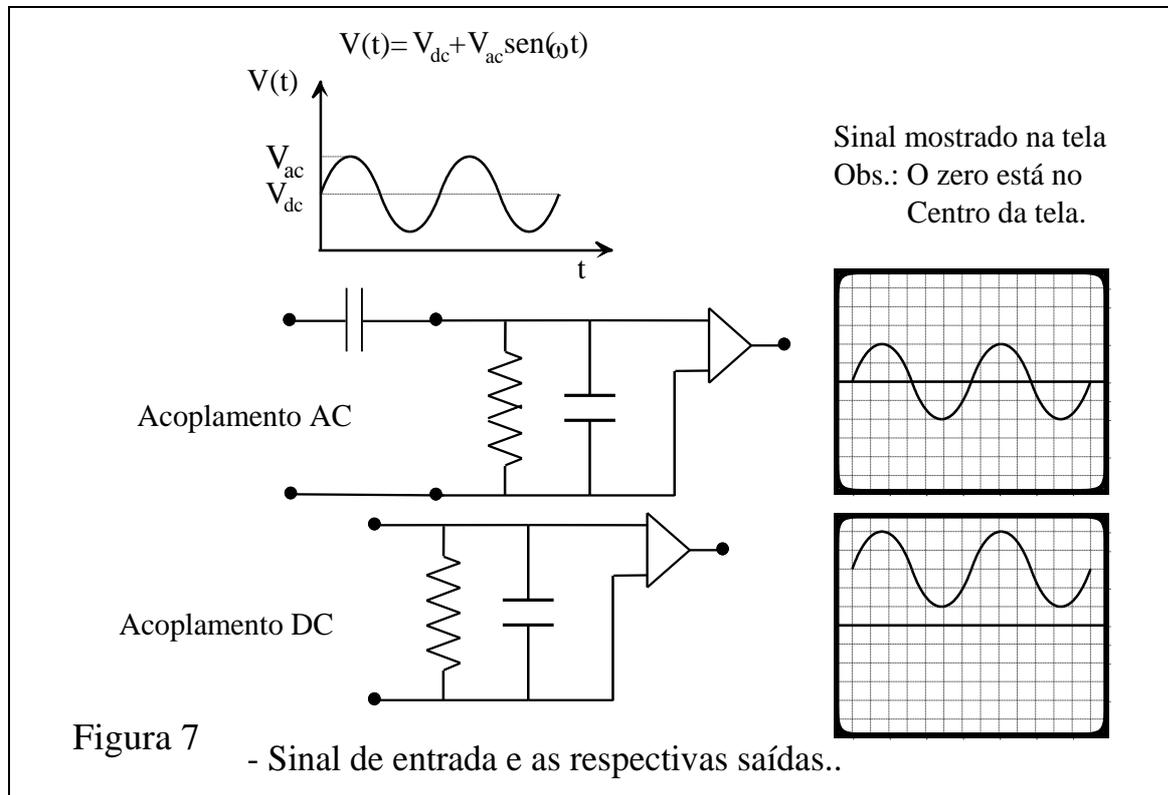


Em algumas aplicações deseja-se medir apenas a componente AC do sinal de entrada. O osciloscópio possui um chave seletora que determina se o sinal mostrada na sua tela terá componente DC ou não, quando ele estiver mostrando apenas o sinal AC diz-se que está no *ACOPLAMENTO AC* e quando estiver mostrando o sinal AC e o sinal DC diz-se que está no *ACOPLAMENTO DC*. O osciloscópio anula a componente contínua colocando um capacitor em série com a sua entrada. Lembrando que a impedância capacitiva é dada por $X_C = 1/\omega C$ onde ω é a frequência do sinal em radianos por segundo e C a capacitância do capacitor. Uma componente DC possui uma frequência nula e conseqüentemente a impedância capacitiva para a esta componente será infinita. Portanto, após o capacitor, não existirá componente DC e o osciloscópio mostrará em sua tela apenas a componente AC do sinal. Uma observação a respeito das características físicas do osciloscópio é que, se o sinal de entrada tiver uma frequência baixa ele será atenuado pelo próprio capacitor que corta a componente DC. Existe uma frequência na qual os osciloscópios começam a atenuar o sinal AC, chamada *frequência de corte* que para a maioria dos osciloscópios é da ordem de **10 Hz**. Na figura 7 vemos um sinal com componentes AC e DC e o sinal mostrado na tela, de acordo com o acoplamento escolhido.

CONTROLES E INDICADORES.

Na figura 8 é mostrada a parte frontal do osciloscópio utilizado na bancada. Existe uma numeração para cada controle e sua função é dada a seguir. Após obter a figura parada na tela "brinque" com os botões procurando entender e executar a função de cada um deles.

- 1- POSITION:** a rotação ajusta a posição vertical do traço do canal 1. Na operação X-Y, a rotação ajusta a posição vertical da amostra.
- 2- VOLTS/DIV:** atenuador vertical para o canal 1; provê o ajuste em passos da sensibilidade vertical. Quando o controle VARIABLE, veja 3, é ajustado em CAL, a sensibilidade vertical é calibrado em 12 passos de 5 V/div a 1 mV/div. Para operação X-Y, este controle provê ajuste em passos da sensibilidade vertical.



- 3- VARIABLE:** Controle: a rotação provê o controle fino de sensibilidade vertical do canal 1. Girando o controle no sentido horário, na posição CAL, o atenuador vertical é calibrado. Para operação X-Y, este controle serve como atenuação do eixo Y de ajuste fino.
- 4- AC-GND-DC:** alavanca de três posições que opera como segue:
 AC: bloqueia a componente DC do sinal de entrada do canal 1.
 GND: abre a passagem do sinal e entrada à terra para o amplificador vertical. Isto provê a linha de base zero, posição que pode ser usada como referência quando estiver efetuando a medição DC.
 DC: entrada direta das componentes AC e DC do sinal de entrada do canal 1.
- 5- INPUT:** entrada vertical para o traço do canal 1 ou entrada vertical para operação X-Y.
- 6- VOLTS/DIV:** atenuador vertical para o canal 2; provê o ajuste em passos da sensibilidade vertical. Quando o controle VARIABLE, veja 7, é ajustado em CAL, a sensibilidade vertical é calibrado em 12 passos de 5 V/div a 1 mV/div. Para operação X-Y, este controle provê ajuste em passos da sensibilidade horizontal.
- 7- VARIABLE Controle:** a rotação provê o controle fino de sensibilidade vertical do canal 2. Girando o controle no sentido horário, na posição CAL, o atenuador vertical é calibrado. Para operação X-Y, este controle serve como atenuação do eixo Y de ajuste fino do ganho horizontal.

8- AC-GND-DC: alavanca de três posições que opera como segue:

AC: bloqueia a componente DC do sinal de entrada do canal 2

GND: abre a passagem do sinal e entrada à terra para o amplificador vertical. Isto provê a linha de base zero, posição que pode ser usada como referência quando estiver efetuando a medição DC.

DC: entrada direta das componentes AC e DC do sinal de entrada do canal 2.

9- INPUT: entrada vertical para o traço do canal 2 ou entrada horizontal para operação X-Y.

10- CH2 INV: na posição NORM (botão solto), o sinal do canal 2 não está invertido.

11- POSITION, X-Y: a rotação ajusta a posição vertical do traço do Canal 2. Na operação X-Y, a rotação ajusta a posição horizontal da amostra.

12- MODE: chave de tecla de cinco posições; seleciona as operações básicas do osciloscópio.

CH1: somente o sinal de entrada do canal 1 é mostrado com um traço simples.

CH2: somente o sinal de entrada do canal 2 é mostrado com um traço simples.

ADD: quando ambas as teclas CH1 e CH2 são pressionadas, as formas de onda do canal 1 e canal 2 são somadas e o resultado é mostrado na tela como um traço simples. Quando o botão CH2 INV, veja 10, for pressionado, a forma de onda do canal 2 é subtraída da forma de onda do canal 1 e a diferença é mostrada na tela como um traço simples.

ALT: varredura alternada é selecionada independentemente do tempo de varredura.

CHOP: a varredura chaveada é selecionada sem levar em conta o tempo de varredura a aproximadamente 250 kHz.

13- POWER, SCALE ILLUM: a rotação total no sentido anti-horário (posição OFF), desliga o osciloscópio. Rotação no sentido horário liga o equipamento. Continuando a rotação do controle aumenta o nível de iluminação da escala. Obs: somente MOD. MO-1220 possui SCALE ILLUM.

14- PILOT lamp: a lâmpada acende quando o osciloscópio é ligado.

15- GND terminal: chassis terra.

16- PROBE ADJ: provê aproximadamente 1kHz, sinal de onda quadrada pico-a-pico de 0,5 Volts.

17- TRACE ROTATION: gira eletricamente o traço para a posição horizontal. Um forte campo magnético pode causar a inclinação do traço. O grau de inclinação pode variar quando mudar o osciloscópio de um lugar a outro. Nestes casos, ajuste este controle.

18- FOCUS: ajusta o traço para um foco ótimo.

19- INTENSITY: a rotação deste controle no sentido horário, aumenta o brilho do traço.

20- ASTIG: ajuste o astigmatismo provê sinal circular ótimo quando usado em combinação com o controle FOCUS e INTENSITY. Depois do ajuste inicial pouco reajuste deste controle será necessário.

21- EXT TRIG INPUT: terminal de entrada do sinal externo de gatilho. Quando a chave SOURCE é colocada na posição EXT, o sinal de entrada no EXT TRIG INPUT vem a ser o gatilho.

22- LEVEL/PULL SLOPE(-):

LEVEL: o ajuste do nível de gatilhamento determina o ponto na forma de onda onde começa a varredura. Quando a chave COUPLING é selecionada no VIDEO-FRAME ou LINE, o ajuste do nível de gatilhamento não tem efeito.

SLOPE: (+) é igual ao ponto mais positivo do gatilhamento e (-) igual ao ponto mais negativo. O botão liga-desliga seleciona a inclinação positiva ou negativa. Varredura é gatilhada sobre inclinação para negativo da forma de onda sincronizada com a chave puxada.

23- COUPLING: chave deslizante de 3 posições; seleciona o acoplamento para sinal de gatilhamento sincronizado.

AC: o gatilho é acoplado no AC. Bloqueia a componente DC do sinal de entrada: a posição mais comumente usada.

VIDEO:

FRAME: pulso vertical sincronizado do sinal composto do vídeo, são selecionado para gatilhamento.

LINE: pulso horizontal sincronizado do sinal composto de vídeo, são selecionados para gatilhamento. A posição LINE é também usada para toda forma de onda não-vídeo.

24- SOURCE: Chave deslizante de 5 posições; seleciona a fonte de gatilho para varredura, com as seguintes posições:

V. MODE: a fonte de gatilho é determinada pela seleção do MODE vertical.

CH1: o sinal do canal 1 é usado com fonte de gatilho.

CH2: o sinal do canal 2 é usado com fonte de gatilho.

LINE: a varredura é gatilhada pela linha de voltagem de 60 Hz.

EXT: a varredura é gatilhada pelo sinal aplicado no EXT TRIG INPUT, veja 21.

25- TRIG MODE: chave deslizante de 3 posições; seleciona o modo de gatilho.

AUTO: operação de varredura gatilhada quando o sinal de gatilho está presente, automaticamente gera a varredura (corre livre) na ausência do sinal de gatilho.

NORM: operação normal da varredura gatilhada. Nenhum traço está presente quando o sinal de gatilho próprio não é aplicado.

X-Y: o sinal de entrada do canal 1 produz deflexão vertical (eixo y). O sinal de entrada do canal 2 produz a deflexão horizontal (eixo x). Isto opera apesar da seleção do MODE vertical.

26- VARIABLE Controle: ajuste fino do tempo de varredura. Ao girar totalmente na direção no sentido horário (CAL), o tempo de varredura é calibrado.

27- SWEEP TIME/DIV: seletor de tempo da varredura ordinária horizontal. Seleciona o tempo de varredura calibra de 0,2 μ s/div a 0,5 s/div em 20 passos (MO-1221... 0,5 μ s/div a 0,5 s/div em 19 passos) quando o tempo de varredura do controle VARIABLE, veja 26, é ajustado na posição CAL (volta total no sentido horário).

28- POSITION, PULL x10 MAG: a rotação ajusta a posição horizontal do traço. O botão liga-desliga seleciona x10 magnificação (PULL x10 MAG) quando puxado; normal quando pressionado.

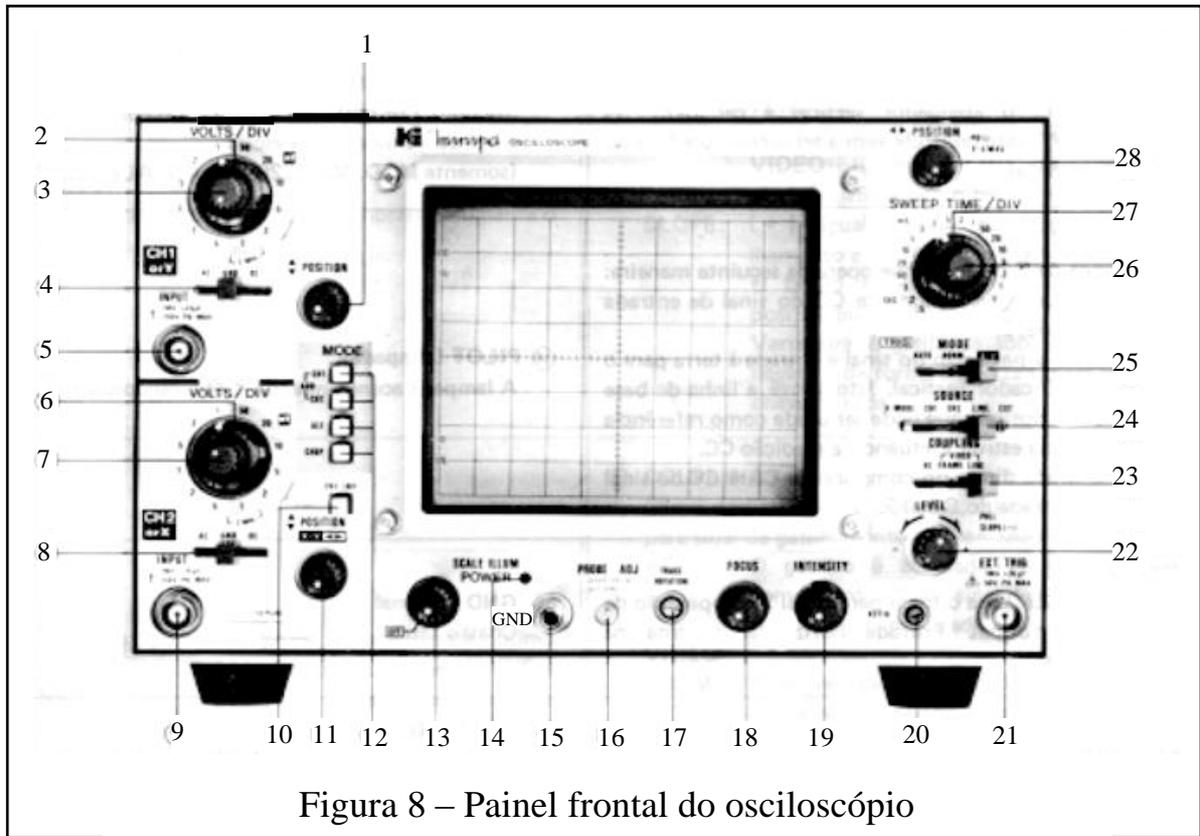


Figura 8 – Painel frontal do osciloscópio