

OSCILOSCOPIOS

1. Funcionamiento general

1.1 Introducción

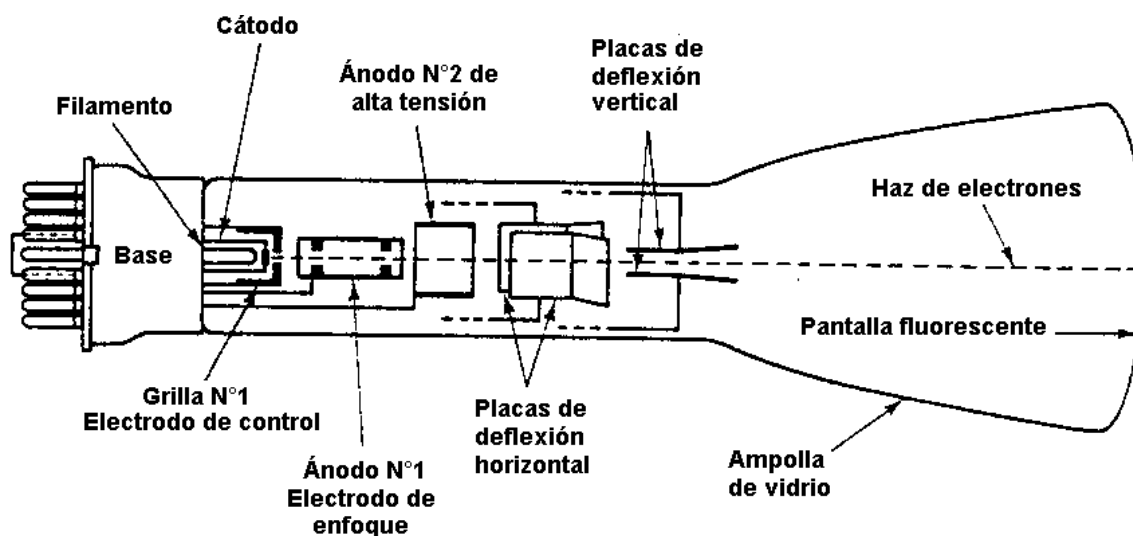
El osciloscopio es un instrumento de medición que permite visualizar una señal eléctrica sobre una pantalla en cuyo interior se ha depositado fósforo.

En general se visualiza como una línea que indica en el eje vertical la amplitud de una tensión y en el horizontal el tiempo o frecuencia de la misma.

El osciloscopio se puede utilizar tanto en el diseño como en la verificación y puesta a punto de un circuito eléctrico o electrónico.

1.2 El tubo de rayos catódicos (TRC)

Es el elemento que permite obtener una visualización de la señal a medir.



Esquema básico de un TRC

Los componentes de un TRC (CRT en inglés) se encuentran encerrados en una ampolla de vidrio de la cual se ha extraído el aire. Los principales son:

1.2.1 Cañón emisor de electrones

Produce un haz de electrones que choca contra la pantalla fluorescente y la hacen emitir luz.

1.2.2 Sistema de placas de desviación

Las placas de desviación verticales y horizontales se utilizan para cambiar la dirección del haz antes de que choque contra la pantalla permitiendo así controlar la posición del haz.

La deflexión en las placas se realiza en forma electrostática a diferencia de los tubos utilizados en los receptores de TV que funcionan magnéticamente mediante un yugo dispuesto alrededor del cañón.

En la mayoría de los casos, la señal a visualizar se aplica a las placas de desviación verticales permitiendo que el haz se mueva en sentido vertical. Mediante circuitos dedicados a generar señales de barrido que se aplican a las placas de desviación horizontal es posible regular el movimiento horizontal del haz.

Adecuando correctamente los controles de amplitud y de tiempo es posible visualizar la señal con una amplitud y tiempo específicos.

Blindaje del TRC

La presencia de grandes campos magnéticos puede afectar la correcta visualización del haz sobre el TRC a pesar de contar éste con blindaje dispuesto para tal fin.

En los casos en que se presenten estas distorsiones se recomienda colocar al instrumento en una posición alejada de dicha fuente de interferencia.

1.2.3 Pantalla fluorescente

Produce la emisión de luz propiamente dicha por efecto del choque de los electrones sobre la superficie fluorescente de la misma.

Fósforo

Según el uso que se le dará al osciloscopio el fósforo que utiliza el TRC puede clasificarse típicamente en:

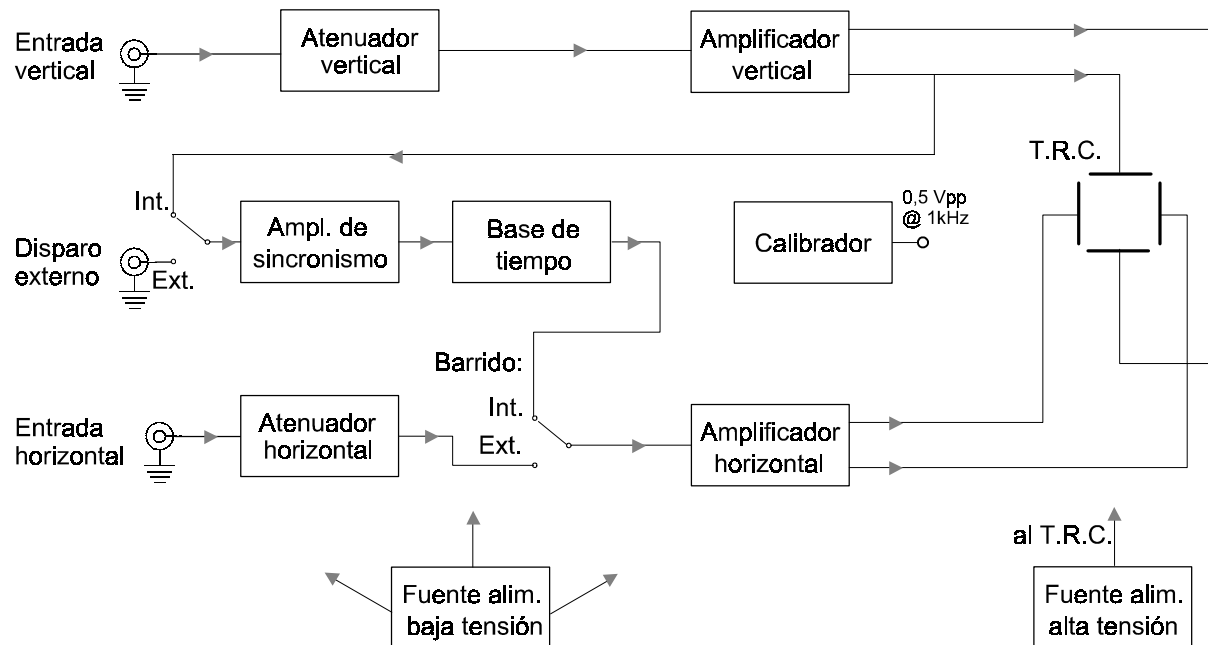
- **Uso general**
Contiene fósforo clasificado como P31 de color verde de gran luminosidad con una persistencia del orden de los 30 mseg y alta resistencia al quemado.
- **Uso médico o para medición en general de fenómenos lentos**
Contiene fósforo clasificado como fósforo P7 o similar de color mezcla de amarillo, verde y blanco-azulado, con una elevada persistencia y resistencia al quemado media.
Estos modelos caen en desuso frente a la versatilidad y precisión brindadas por los osciloscopios del tipo digital en donde se toman muestras de la señal a medir, se cuantifica digitalmente y se almacena en una memoria digital. Esto permite entre otras visualizar señales de variación muy lenta y la posibilidad de retener la señal almacenada para ser procesada internamente. Es posible, mediante la conexión adecuada imprimir directamente a un plotter o realizar el procesamiento en una computadora personal.

1.3 Diagrama básico de un osciloscopio

Desde el punto de vista de la base de tiempo los osciloscopios se clasifican en:

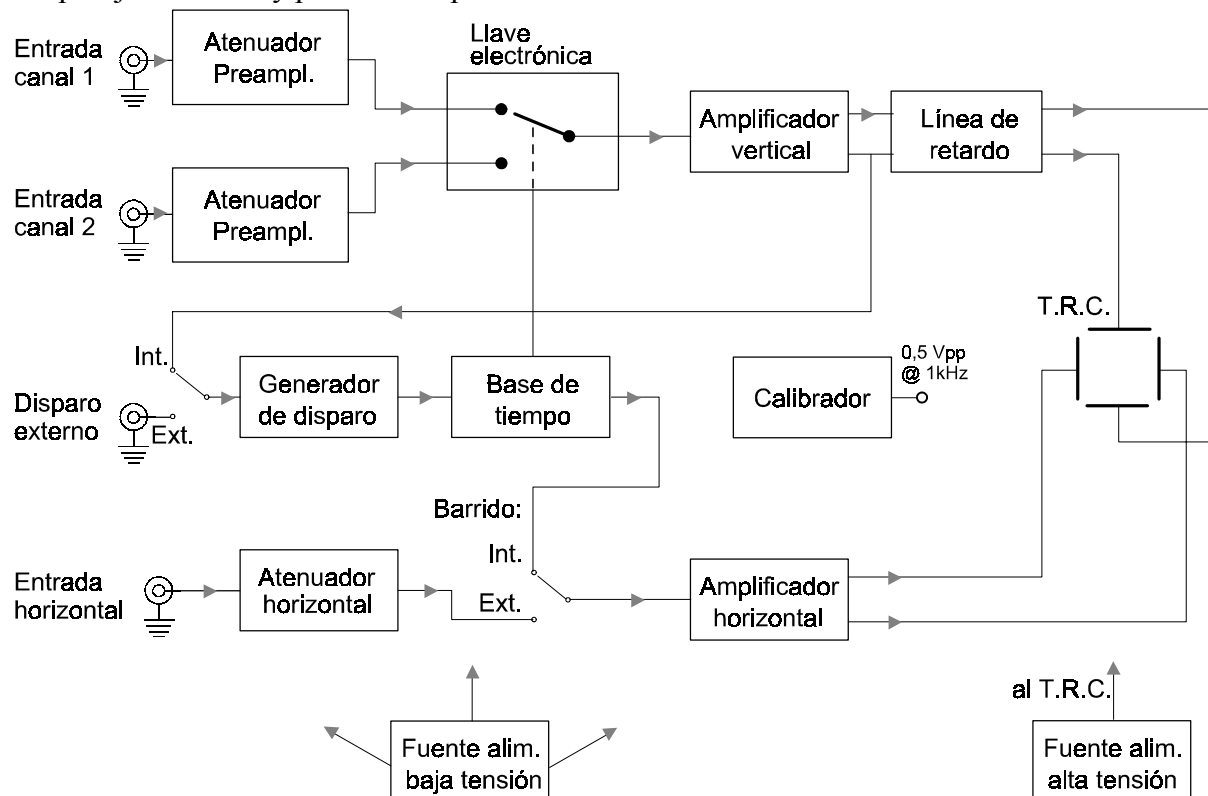
1.3.1 Base de tiempo recurrente

Debido a que la base de tiempo funciona en forma asincrónica con la señal y generando libremente una frecuencia fija (oscilador) su uso estaba limitado a mediciones de tipo cualitativo sin posibilidad de obtener precisión.

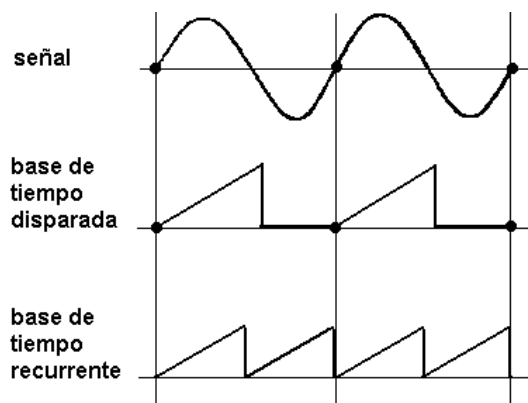


1.3.2 Base de tiempo disparada

Identifica a la señal en un punto y cada vez que la señal pasa por ese punto se dispara una rampa fija calibrada y por lo tanto permite hacer mediciones cuantitativas.

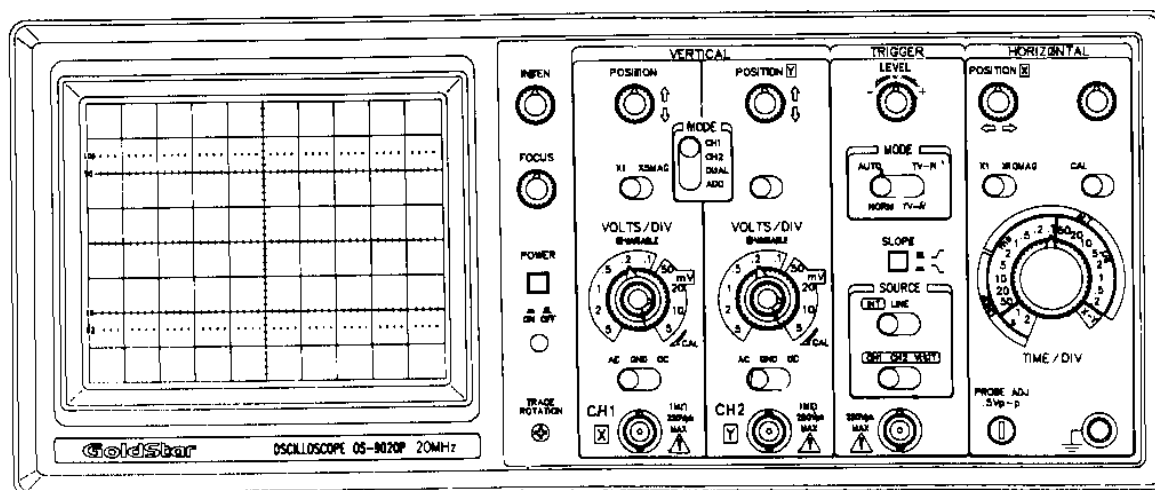


Comparación del funcionamiento con base de tiempo recurrente y con base de tiempo disparada:



2. Descripción de controles

El mímico que se muestra a continuación representa al panel frontal de un osciloscopio típico de doble trazo (dos canales verticales) con ancho de banda 20 MHz.



Osciloscopio típico de doble trazo

NOTA : LOS CONTROLES DESCRIPTOS A CONTINUACIÓN QUE NO SE ENCUENTREN EN EL MODELO DE REFERENCIA SERÁN INDICADOS CON ASTERISCO (*)

2.1. Controles generales



INTEN (intensidad)

Controla la intensidad del brillo del haz sobre el TRC.

PROTECCIÓN DEL TRC

A pesar de que se utilizan materiales resistentes al quemado, si una medición necesita que se aumente el brillo es conveniente bajarlo luego de efectuada la misma. Adquiera el hábito de disminuir el brillo si el osciloscopio no se va a utilizar por un cierto tiempo.

FOCUS (foco) y astigmatismo



El control de foco ajusta el tamaño del punto que incide sobre la pantalla del TRC permitiendo obtener trazos limpios. En algunos equipos funciona en combinación con el control de astigmatismo permitiendo ajustar el punto hasta obtener un círculo.

POWER (Llave de encendido)



Permite la conexión del equipo a la red de alimentación o a baterías según el modelo. Generalmente se trata de un botón para oprimir aunque existen modelos en donde esta llave forma parte de otro control.

TRACE ROTATION (Rotación del trazo)



Se utiliza para alinear el trazo con las líneas de la grilla horizontal.

SCALE (iluminación de escala)

Ajusta el brillo de una lámpara que ilumina la grilla impresa en la pantalla del TRC.



PROBE ADJUST (Ajuste de la punta de prueba)

Provee una señal cuadrada (1kHz de aprox. 300/500 mV) con tiempo de crecimiento rápido. Permite compensar la punta de prueba y la calibración del canal vertical.

BNC EXT BLANKING INPUT (Entrada de inhibición externa)

Este conector generalmente situado en el panel frontal permite ingresar con una señal para modular el brillo del CRT simulando así un tercer eje denominado EJE Z. El brillo del trazo se reduce con valores positivos y se incrementa con valores negativos de la señal.



GROUND CONNECTOR (conector de tierra)

Provee una entrada adicional al gabinete del instrumento para la conexión a tierra.

2.2. Controles del amplificador vertical

CH1 CH2 POSITION



Controles variables en forma continua que establecen la posición vertical del trazo de cada canal en la pantalla permitiendo ubicarlos de tal forma que puedan o no solaparse según la necesidad.

Además, es posible ajustar el cero de la señal para usarlo como referencia en la medición de amplitudes

X5 MAG



Multiplica la sensibilidad del amplificador vertical por 5. Por lo tanto la medición de tensión será 1/5 de la indicación de las llaves VOLTS/DIV.



VERTICAL MODE (Modo vertical)

Dependiendo del modo vertical elegido se presentan las siguientes posibilidades:

CH1

Se visualiza solo el canal 1.

CH2

Se visualiza solo el canal 2.

DUAL

En muchas mediciones resulta de utilidad comparar dos señales y debido a que el TRC posee solamente un haz se presenta la necesidad de contar con un dispositivo que lo comparta entre los dos canales verticales.

Según el FDV se utilizan los siguientes modos para lograrlo:

MODO ALTERNADO

Se utiliza cuando la llave TIME/DIV se encuentra entre 2 ms y 0,2 μ s

En este modo se visualiza la señal de cada canal durante un barrido completo con su nivel de continua de entrada vertical para luego realizar el barrido siguiente con la señal del otro canal.

Se utiliza con señales de alta frecuencia.

MODO COMMUTADO (CHOPPER)

Se utiliza cuando la llave TIME/DIV se encuentra entre 0,2 s y 5 ms

Dentro de un mismo barrido se producen varias conmutaciones (chopp) entre un canal y otro a una dada frecuencia de conmutación (típico 500 kHz).

Se utiliza con señales de baja frecuencia.

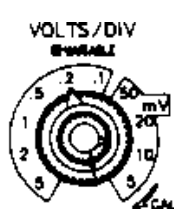
ADD (SUMA)

Se visualiza la suma algebraica de los dos canales (CH1 + CH2).

Usando INVERT se realiza la resta.

INVERT

Esta llave invierte la señal aplicada al canal 2. Se utiliza en combinación al control ADD para obtener lecturas que muestren la diferencia entre dos señales.



CH1 CH2 VOLTS/DIV

Estas llaves seleccionan la relación del atenuador compensado que establece el factor de deflexión vertical (FDV) de la entrada a cada canal vertical.

FDV: tensión requerida para hacer deflejar el haz una cantidad determinada. (V/div) (donde una división equivale a 1 cm que contiene subdivisiones cada 0,2 cm).

Ejemplo: si el FDV = 0,5 V/div y se leen 6 divisiones pico a pico, la tensión V_{pp} será de 3 V.

VARIABLE

Generalmente está concéntrico al atenuador por pasos y permite un ajuste continuo mediante un potenciómetro del FDV entre pasos VOLTS/DIV.

Con este ajuste se pierde la calibración pero se facilitan mediciones relativas como en el caso del tiempo de establecimiento.

Las calibraciones de VOLTS/DIV son precisas solamente cuando el potenciómetro

VARIABLE está en la posición de descanso que se encuentra girando totalmente en sentido de las agujas del reloj.

En algunos modelos en la posición no calibrada un LED rotulado CAL'D indica tal situación para alertar al operador del instrumento.

CH1 CH2 AC/GND/DC



Esta llave selecciona el método de acoplamiento de la señal de entrada al canal vertical

AC (ACOPLAMIENTO DE ALTERNA)

Un capacitor entre la entrada y el amplificador vertical bloquea el pasaje de corriente continua.

GND

Conecta la entrada del amplificador a masa, la cual se utiliza como nivel de referencia. Además permite la descarga del capacitor cuando se cambia de AC a DC.

DC (ACOPLAMIENTO DIRECTO)

Conecta el amplificador directamente al conector dejando pasar todas las componentes de la señal. Se usa este acoplamiento cuando se desean visualizar señales continuas o rectangulares de muy baja frecuencia sin que aparezcan deformaciones.



BNC CH1 CH2

Estos conectores permiten la entrada de las señales a medir a los canales verticales.

La impedancia de entrada al canal vertical es de 1 MΩ en paralelo con una capacidad aproximada de 20 pF (varía según modelos desde 15 a 47 pF, consultar el manual del fabricante en cada caso).

En el funcionamiento X-Y el canal 1 actúa como eje X y el canal 2 como eje Y.

El ancho de banda típico va desde los 10 MHz a 100 MHz según el modelo, incidiendo en forma notoria en el precio del instrumento.

2.3. Controles del sistema horizontal



POSITION



Este control variable en forma continua establece la posición horizontal del trazo en la pantalla, generalmente para hacerlo coincidir con la grilla para efectuar mediciones precisas.

VARIABLE



Generalmente está concéntrico al anterior y permite un ajuste continuo entre pasos de la llave TIME/DIV.

Las calibraciones de TIME /DIV son precisas solamente cuando el potenciómetro

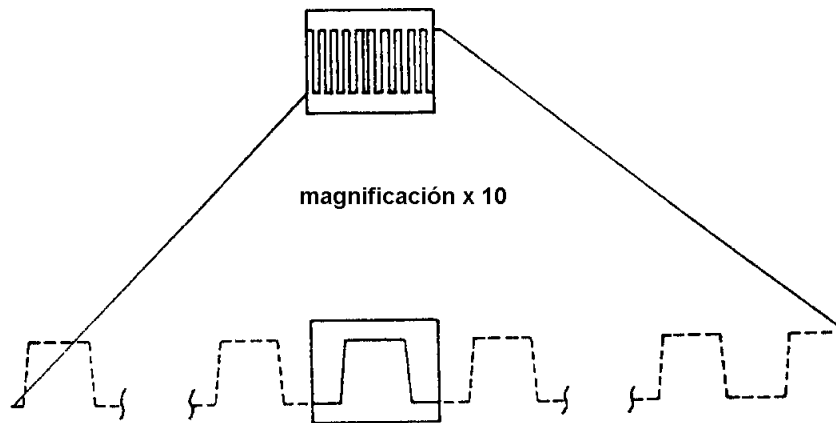
VARIABLE está en la posición de descanso que se encuentra girando totalmente en sentido de las agujas del reloj.

X10MAG



5%

El tiempo de barrido se expandirá 10 veces y en estas condiciones el mismo será 1/10 de la indicación de la perilla TIME/DIV. Presenta una exactitud típica del +/-



Base de tiempo demorada

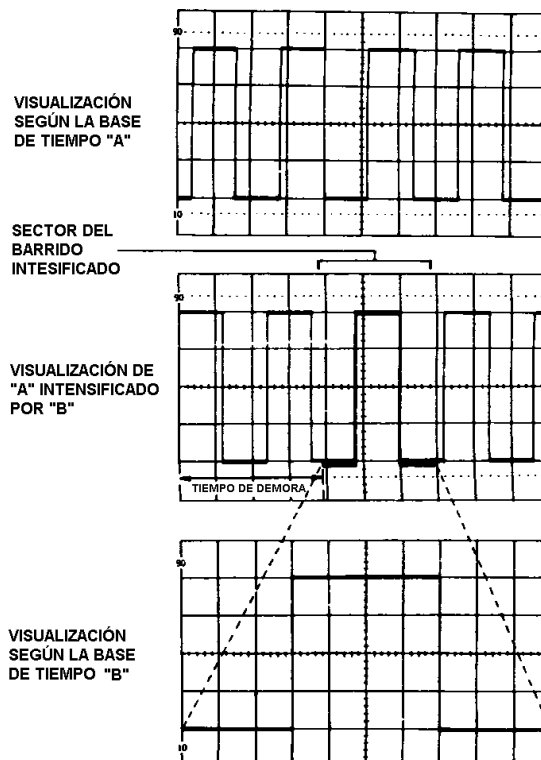
Comparada con la magnificación X10 presenta las siguientes ventajas:

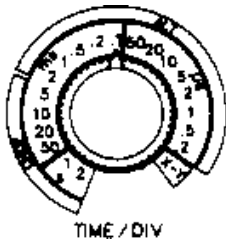
- Permite magnificar en mayor grado la señal a medir.
- Presenta mayor exactitud, típica $\pm 3\%$

Los osciloscopios que presentan esta útil característica cuentan con dos bases de tiempo: la normal A ya analizada y la demorada B con su propio control por pasos del FBT.

El funcionamiento es el siguiente:

- 1) Oprimiendo la llave A opera como todo instrumento de barrido disparado.
- 2) Oprimiendo la llave A INT se observa la misma señal que antes pero tiene superpuesto un tramo más resaltado. B TIME es un control por pasos del FBT de la base B que determina la longitud y DLYD es un control continuo situado concéntrico al anterior que determina la posición del comienzo de la intensificación del trazo. Cuanto mayor sea la relación entre las bases de tiempo A y B menor será la longitud del tramo intensificado.
- 3) Oprimiendo la llave B se puede observar con todo el detalle que permite el ancho de la pantalla la porción intensificada anteriormente.





TIME/DIV (Tiempo/div)

Esta llave selecciona la velocidad de barrido de la base de tiempo principal determinando el factor de base de tiempo (FBT) o TIME/div (donde una división equivale a 1 cm que contiene subdivisiones cada 0,2 cm).

El barrido se efectúa de izquierda a derecha en la pantalla del TRC.

Ejemplo: si el control indica un FBT = 5mS/div y un ciclo de la señal ocupa 4 divisiones la señal tiene un periodo T de 20 mS es decir, una

frecuencia $f = 1/T$ de 50 Hz o 50 ciclos por segundo.

También indica el tiempo de retardo básico para trabajar con base de tiempo demorada o pasar al modo de operación XY.

Modo X Y

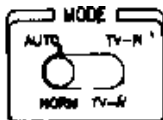
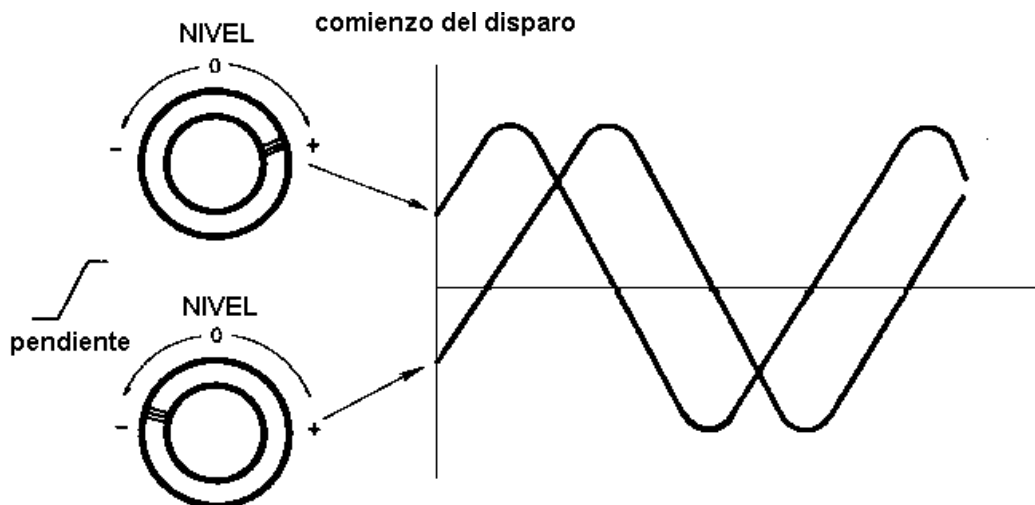
En este modo se desconecta la base de tiempo interna y se transforma el canal 1 como entrada X y el canal 2 como entrada Y. Se utiliza para la comparación de frecuencias y fases.

2.4 Controles del disparo



LEVEL (Nivel)

Permite seleccionar la amplitud de la señal a la cual se provoca el disparo. El valor exacto dependerá del acoplamiento, de la pendiente y del origen del disparo.



MODE (modo)

Esta llave establece el modo en que se produce el barrido en el canal horizontal.

AUTO (AUTOMÁTICO)

En presencia de señal el barrido se inicia con la señal de disparo generada a partir de la misma según la posición de los controles de disparo.

En ausencia de señal o si la frecuencia de barrido es menor a 20-25 Hz se visualiza una línea en la imagen (pasa **automáticamente** a modo recurrente).

NORM (NORMAL)

En presencia de señal el barrido se inicia con la señal de disparo generada a partir de la misma según la posición de los controles de disparo.

En ausencia de señal no existe visualización. Si la frecuencia de barrido es muy baja se recomienda pasar al modo NORM.

SINGLE *

En este modo se produce el barrido del trazo solo una vez.

Acoplamiento

En forma similar al canal vertical es posible acoplar las señales que producen el disparo de distintas formas :

TV-H / TV-V

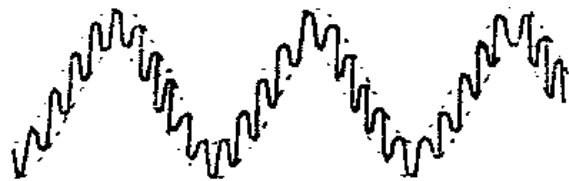
Permite sincronizar el disparo con las señales de barrido horizontal y vertical presentes en los sistemas de televisión.

AC, DC *

Idem canal vertical

HF REJ (RECHAZO DE ALTA FRECUENCIA) *

Mediante un filtro pasabajos se dejan pasar las bajas frecuencias únicamente como señal de disparo.



Forma de onda con ruido de alta frecuencia



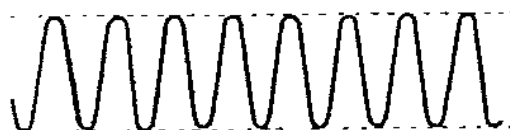
Señal de disparo mediante rechazo de alta frecuencia

LF REJ (RECHAZO DE BAJAS FRECUENCIAS) *


Mediante un filtro pasaaltos se dejan pasar las altas frecuencias únicamente como señal de disparo.



Forma de onda con ruido de baja frecuencia

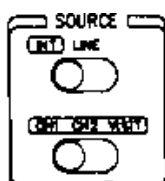
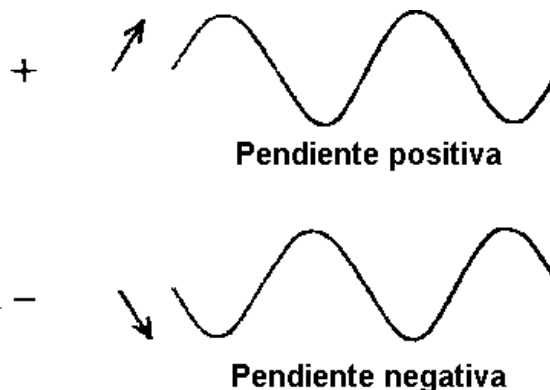


Señal de disparo mediante rechazo de baja frecuencia

SLOPE **SLOPE (Pendiente)**
 Selecciona la pendiente de la señal de disparo.

+
 El barrido comienza en algún punto de la pendiente positiva de la señal de disparo.

-
 El barrido comienza en algún punto de la pendiente negativa de la señal de disparo.



SOURCE (origen)

Para visualizar una forma de onda estable en la pantalla se necesita aplicar al circuito de disparo la misma señal de entrada u otra cuyo período sea múltiplo de ésta. La llave SOURCE selecciona el origen de esta señal:

CH1, CH2

Este método interno de disparo es el más utilizado. La señal aplicada al vertical se aplica al circuito de disparo, obteniendo una señal muy estable.

En la operación DUAL o ADD la señal del canal seleccionado por la llave SOURCE se usa como origen del disparo (CH1, CH2 o VERT actuando las dos señales).

Para el modo de operación de barrido único la señal del canal seleccionado por la llave VERT MODE se usa como origen del disparo. *

LINE (LÍNEA)

La señal proveniente de la línea de alimentación de CA se utiliza cuando la señal a medir tiene una frecuencia relacionada con la misma. Es el caso de la medición en ruido de CA en circuitos de audio, con tiristores, en fuentes, etc.

EXT

La señal aplicada a la entrada EXT TRIG IN dispara al circuito de barrido.

En este caso la forma de onda se puede visualizar mas independientemente de la señal de entrada.

Existen instrumentos que poseen una entrada EXT/10 atenuada 10:1. Otros tienen una entrada TRIG GATE que permiten producir un pulso angosto para sincronizar el instrumento con señales presentes en circuitos externos.*



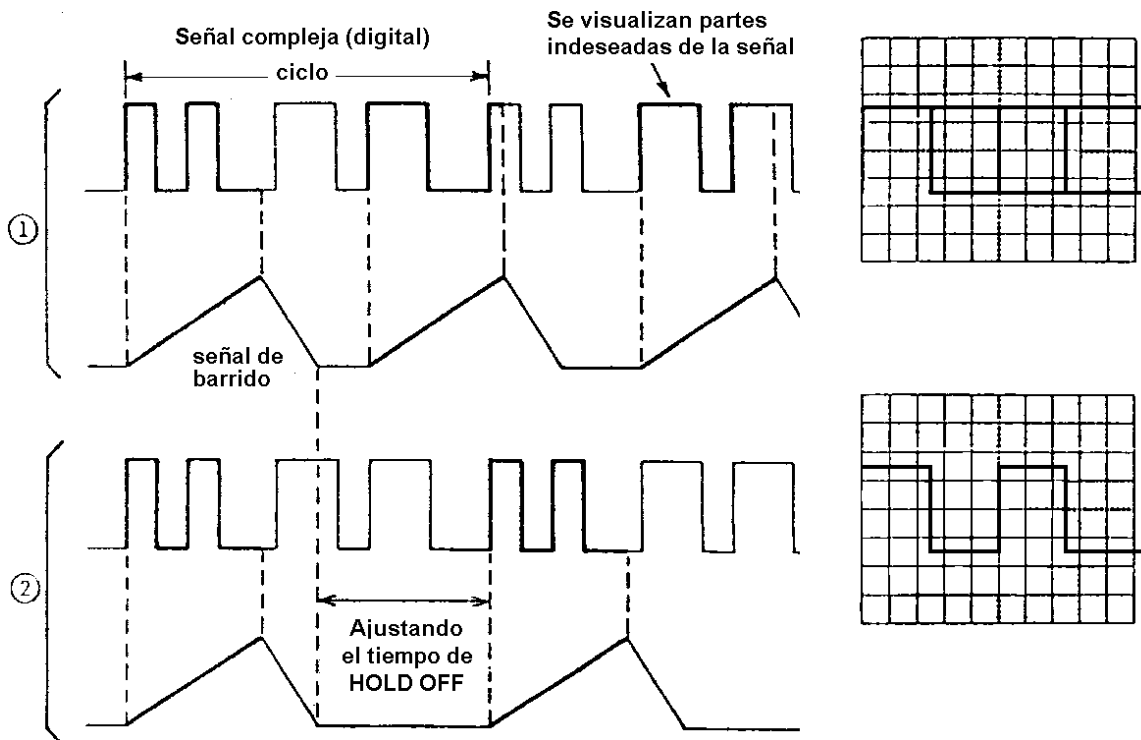
BNC EXT TRIG IN (Entrada de disparo externo)

Este conector permite aplicar una señal de disparo externo a los circuitos de disparo.

HOLD - OFF *

Cuando la señal a medir contiene una forma de onda compleja, tal el caso de las procesadas por equipos digitales, los controles de disparo anteriores no son suficientes para obtener una visualización estable ① (posición NORM). En esos casos se recurre a la función HOLD-OFF que permite, mediante la extensión del tiempo de barrido obtener una señal estable sin solapamientos ②.

El tiempo de HOLD-OFF se ajusta mediante un control continuo, generalmente concéntrico al de nivel, que permite ignorar los eventos no deseados entre barridos consecutivos.



3. Principales aplicaciones

Las principales aplicaciones de un osciloscopio se pueden resumir en:

- Visualización de las formas de onda de un fenómeno eléctrico en función del tiempo.
- Visualización de la relación entre dos magnitudes eléctricas cualesquiera.
- Medición de amplitudes de tensiones y corrientes alternas, continuas y combinadas.

Así es posible efectuar mediciones en distintos puntos de un circuito y comprobar si concuerdan con los resultados esperados.

Antes de describir los distintos tipos de mediciones en detalle, se procederá a definir las señales de uso más frecuente, y el ajuste de una punta de prueba de osciloscopio.

3.1 Formas de onda típicas

Todas las señales eléctricas pueden describirse en términos de amplitud y frecuencia.

La amplitud de una señal es su tensión pico a pico durante un ciclo.

El tiempo que tarda la señal en completar un ciclo se emplea para calcular su frecuencia, la cual se define como el número de ciclos que completa una señal por segundo y se expresa en Hertz.

La forma de la señal cuando se traza su amplitud en función del tiempo en la pantalla se denomina onda.

Tensión constante

La onda es una línea recta producida por una tensión continua.

Onda senoidal

En este caso la variación de la forma de onda sigue una ley correspondiente a la función seno.

Onda cuadrada

La onda cuadrada mantiene su valor máximo positivo durante medio ciclo y un valor negativo durante el otro medio ciclo.

Onda diente de sierra

Su nombre deriva de su similitud frente a una hoja de sierra y su representación va desde un aumento en forma lineal hasta un máximo positivo y luego disminuye rápidamente hasta el pico negativo.

Tren de pulsos

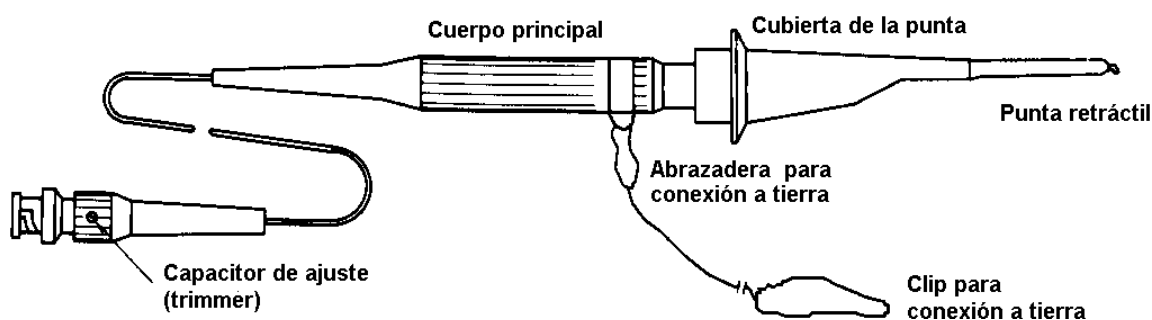
Es similar a una onda cuadrada pero en este caso el tiempo en que la señal adquiere su valor máximo es menor a la de su valor mínimo.

3.2 Puntas de prueba para osciloscopios

A pesar de que existen distintas formas de conectar el circuito a medir con el instrumento, el método mas empleado consiste en utilizar las denominadas puntas de prueba para osciloscopio.

3.2.1 Puntas de prueba pasivas X10

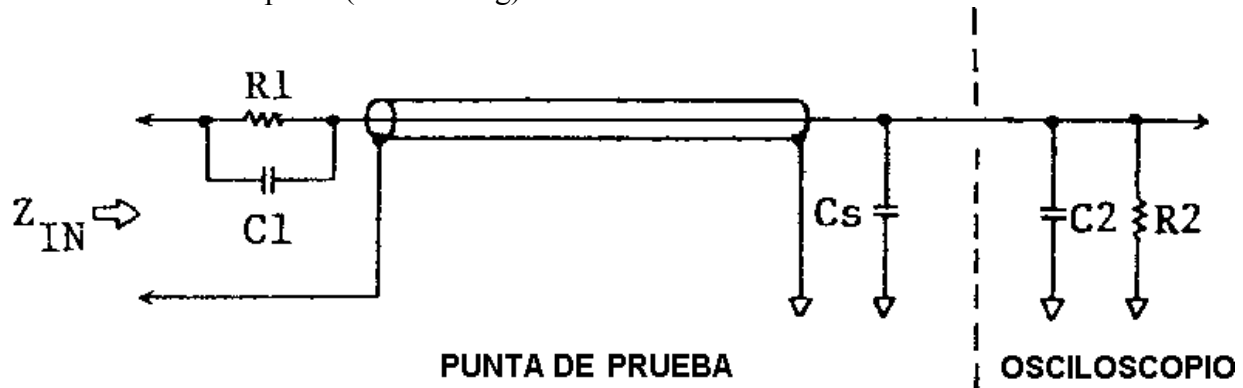
Permite reducir los efectos de carga del osciloscopio aumentando la impedancia de entrada de éste. El circuito de la punta es un capacitor ajustable (trimmer) de poca capacidad, en paralelo con un resistor de gran valor contenidos en un compartimento aislado y apantallado.



Debido a que la impedancia de la punta está en serie con la entrada del osciloscopio, la impedancia total que se presenta al circuito a medir es mucho mayor que la del osciloscopio solo. Valores típicos son: 10 M Ω y 22 pF.

Estas puntas incluyen un cable blindado que evita que la señal sea afectada tanto por zumbido como ruido de distintas fuentes.

El caso más común es el de las puntas con relación 10:1, es decir, atenúan la señal 10 veces. En este caso el alcance del osciloscopio aumenta 10 veces. Como desventajas conviene citar que la sensibilidad del mismo disminuye en 10 veces y se agrega el tiempo de establecimiento de la punta (hasta 7 nseg).



$$Z_{IN} = \frac{R_1 + R_2}{1 + s\tau}$$

$$\tau = R_1 * C_1 = R_2 * (C_2 + C_s)$$

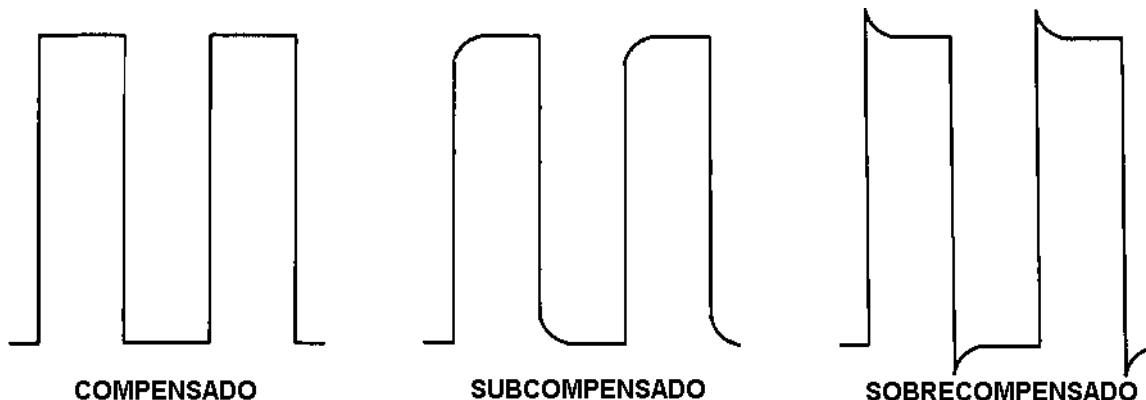
$$A = \frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{1 M\Omega}{9 M\Omega + 1 M\Omega} = \frac{1}{10}$$

Con el capacitor C_1 ajustable (trimmer) se compensa la capacidad C_2 de entrada al osciloscopio y C_s capacidad parásita (stray) debida al cable.

Compensación de la punta de prueba

Dependiendo del tipo de señal que se está midiendo, la visualización puede presentar distorsión. En este caso se debe proceder a calibrar la punta de prueba. Cualquier medición que se efectuara con la punta sin compensar contiene errores.

Para compensar la punta de prueba se dejan transcurrir unos minutos después de haber encendido el osciloscopio, luego se procede a conectar la punta a compensar en el conector de salida de calibración que todos los instrumentos traen a tal fin (PROBE ADJ). Este conector presenta la salida de un generador de onda cuadrada de aproximadamente unos 500 mV de amplitud, de frecuencia 1kHz y con 50% de ciclo de actividad (duty cycle). Si se observan distorsiones en la forma de onda que la aparten de una cuadrada (SOBRE o SUBCOMPENSADO) se debe ajustar el capacitor variable (trimmer) hasta obtener una forma de onda cuadrada plana. En este caso las constantes de tiempo de la combinación RC de la punta es igual a la que presenta la $R_{ent} C_{ent}$ del osciloscopio (COMPENSADO).



3.2.2 Otros tipos de puntas

Entre otras se destacan: pasivas X100, pasivas terminadas en su impedancia característica, activas, de RF (radiofrecuencia), de corriente y de alta tensión.

3.3 Mediciones básicas utilizando el osciloscopio

3.3.1 Medición de Tensiones

Para medir una señal de alterna sin componente de continua o para medir solo la componente de alterna de una señal que tiene superpuesta una continua seleccionar la llave de acoplamiento a la posición de alterna (AC).

Para medir una señal con una componente de continua se procede como sigue:

- 1) colocar la llave en la posición de continua (DC).
- 2) Antes de efectuar una medición de tensión colocar el atenuador Variable a la posición de calibrado (totalmente en sentido horario).
- 3) Aplicar la señal a medir, ajustar con el selector de sensibilidad vertical (Volts/div) y determinar su amplitud sobre la pantalla considerando el desplazamiento ofrecido por la continua.
- 4) La tensión se puede determinar como sigue:
 - Cuando la señal se aplica directamente sobre el conector de entrada:
 $\text{Tensión [V]} = \text{Amplitud de la deflexión vertical [DIV]} * \text{FDV [VOLTS/DIV]}$
 - Cuando se usa una punta de prueba:
 $\text{Tensión [V]} = \text{Amplitud de la deflexión vertical [DIV]} * \text{FDV [VOLTS/DIV]} * 10$

3.3.2 Medición de corrientes

En el caso de mediciones de corriente se intercala en serie una resistencia de bajo valor (0,1 ohm) y se mide la caída de tensión. La corriente queda establecida aplicando ley de Ohm.

3.3.3 Medición de intervalos de tiempo

El intervalo de tiempo entre dos puntos de una señal se puede medir colocando el variable TIME/DIV en la posición de calibración (totalmente en sentido horario) y observar la indicación de la llave TIME/DIV.

Cuando el barrido se magnifica (X10) el tiempo es 1/10 del valor anteriormente determinado.

3.3.4 Medición de frecuencias

La frecuencia de una señal se puede medir determinando el tiempo (T) que dura un ciclo de la señal visualizada. Siendo el período el calculado anteriormente, la frecuencia queda establecida como:

$$\text{Frecuencia [Hz]} = 1 / \text{período (T) [seg]}$$

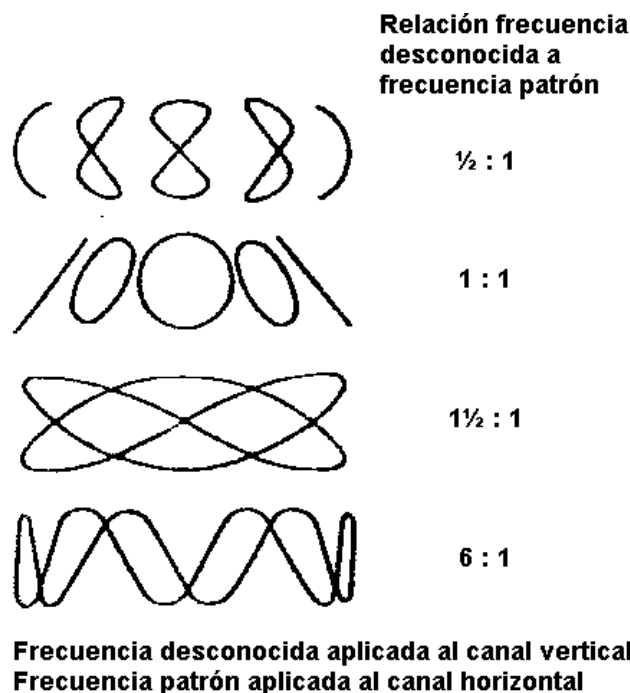
3.3.5 Medición de frecuencias y relaciones de fase entre dos señales eléctricas

- **Medición de frecuencias mediante el método Lissajous**

Se coloca la llave de modo en la posición X-Y, operando de esta forma como graficador X-Y. Se inyecta una señal senoidal de frecuencia desconocida en el canal vertical y mediante el ajuste de frecuencia de un generador senoidal calibrado aplicado al horizontal se busca la aparición en la pantalla de una figura elíptica inmóvil. En este caso ambas frecuencias son iguales por lo que basta tomar la lectura del generador tomado como patrón. La exactitud de la medición es la del generador.

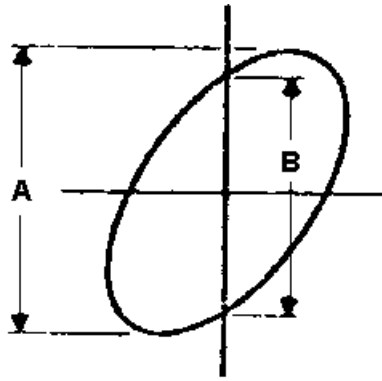
La frecuencia del generador no tiene que ser exactamente igual a la frecuencia desconocida, sino que puede guardar con ella otra relación, que puede no ser unitaria pero debe ser simple. En ese caso, la imagen ya no es una simple elipse (ver figura más abajo) y la frecuencia desconocida se determina observando la imagen en pantalla mediante:

Frecuencia desconocida [Hz] = Número de puntos de cruce sobre la línea de la escala horizontal / Número de puntos de cruce sobre la línea de la escala vertical * Frecuencia del generador de señales [Hz]



- **Medición de diferencias de fases mediante el método Lissajous**

Utilizando el osciloscopio en modo X-Y como se explicó se aplican dos señales de la misma frecuencia pero desfasadas. Por ejemplo en la medición del corrimiento de fase entre la entrada y la salida de un amplificador.



ángulo
de fase

$$\text{seno } \Theta = \frac{B}{A}$$



**sin distorsión en amplitud
sin desfasaje**



**distorsión en amplitud
sin desfasaje**



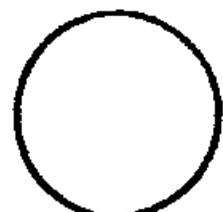
180° fuera de fase



**sin distorsión en amplitud
con desfasaje**



**distorsión en amplitud
con desfasaje**



90° fuera de fase

- **Medición de diferencias de fases mediante doble trazo**

Colocar la llave de modo a la posición DUAL y conectar la señal de referencia al canal 1 y la desconocida al canal 2. Ajustar el osciloscopio hasta observar en forma estable las dos señales, una debajo de la otra.

La diferencia de fase se puede determinar como sigue:

$$\Theta = \frac{t}{T} * 360^\circ$$

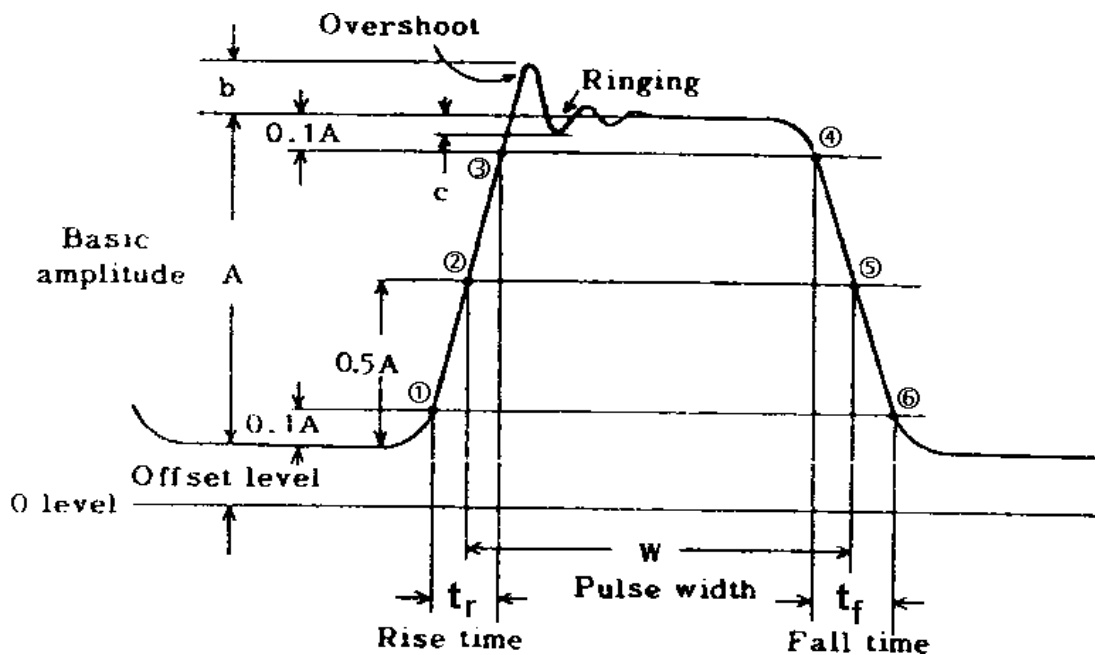
3.3.6 Trazado de curvas de semiconductores

Un osciloscopio en combinación con el dispositivo que genera las señales necesarias lo convierte en un trazador de familias de curvas de distintos tipos de semiconductores.

3.3.7 Medición de una onda de pulsos

Una onda de pulsos ideal es aquella en que la señal cambia instantáneamente desde un cierto nivel a otro, se mantiene allí por un cierto período de tiempo y retorna instantáneamente al nivel original.

En la práctica, las señales de pulsos presentan diversas distorsiones, a saber:



En el gráfico se pueden apreciar los principales características que posee un pulso real.

NIVEL DE REFERENCIA 0 (0 LEVEL)

Es el nivel que se utiliza como referencia cero para la medición de amplitud.

NIVEL DE CONTINUA (OFFSET LEVEL)

Es el desplazamiento en el nivel de continua que presenta el pulso.

AMPLITUD DEL PULSO (PULSE AMPLITUDE)

Es la amplitud básica del pulso (A).

ANCHO DEL PULSO (PULSE WIDTH)

Es el tiempo que transcurre desde el 50% del flanco ascendente hasta el 50% del flanco descendente (entre ② y ⑤).

TIEMPO DE CRECIMIENTO (RISE TIME)

Es el tiempo que tarda la señal en pasar del 10% al 90% de su amplitud (flanco ascendente) (① y ③).

TIEMPO DE DECAIMIENTO (FALL TIME)

Es el tiempo que tarda la señal en pasar del 90% al 10% de su amplitud (flanco descendente) (④ y ⑥).

SOBREIMPULSO (OVERSHOOT)

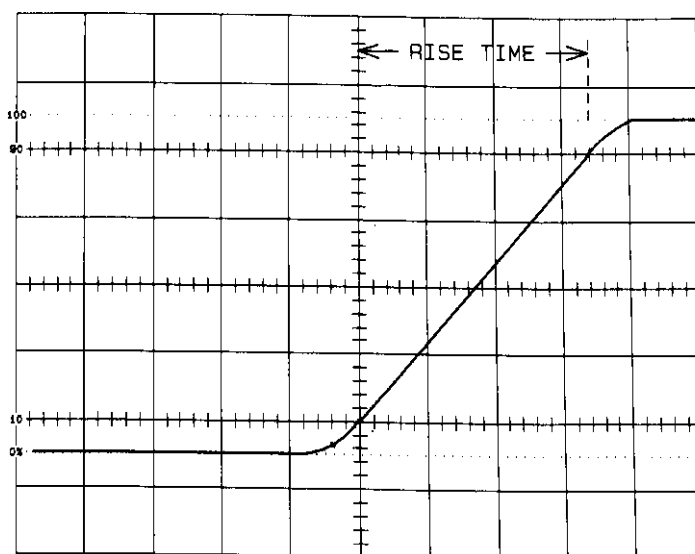
Amplitud de la primer excursión máxima más allá de la amplitud básica. Se expresa en términos de $b/A \cdot 100$ [%].

ONDULACIÓN (RINGING)

Oscilación que sigue a la primer excursión máxima. Se expresa en términos de $c/A \cdot 100$ [%].

- **Medición del tiempo de crecimiento**

El tiempo de crecimiento de un pulso (t_r) se puede determinar midiéndolo como un tiempo cualquiera en la pantalla. Sin embargo debe considerarse que éste incluye el propio tiempo de establecimiento del osciloscopio (típico: $t_o = 20$ nseg). Asimismo hay que considerar que cuanto más próximo sea el t_o del t_r mayor será el error cometido.



Para minimizar este error y determinar el verdadero valor del tiempo de establecimiento se debe aplicar:

$$t_r = \sqrt{t_{rm}^2 - t_o^2}$$

Donde t_{rm} es el tiempo de establecimiento medido en la pantalla del osciloscopio y t_o es el tiempo de establecimiento del propio instrumento.

Si se utiliza la atenuación X 10 de la punta de prueba habrá que restar un término al cuadrado correspondiente al tiempo de establecimiento propio de la misma.

Tanto en el caso del osciloscopio como de la punta de prueba el fabricante publica el valor del tiempo de establecimiento en los respectivos manuales.

Precauciones de uso

El gabinete del osciloscopio está conectado a tierra a través de la tercer pata de la ficha de la red de alimentación. Por lo tanto se debe respetar las siguientes normas de seguridad para evitar lesiones severas al operador y/o graves daños a los equipos:

- 1) NO CONECTAR EL OSCILOSCOPIO A EQUIPOS “SIN TRANSFORMADOR”, “CON CHASSIS VIVO” O “DE ALTERNA / CONTINUA”

- 2) NO CONECTAR EL OSCILOSCOPIO DIRECTAMENTE A LA LINEA DE ALIMENTACIÓN NI A UN CIRCUITO CONECTADO DIRECTAMENTE A ÉSTA.

Otras precauciones a tener en cuenta en el uso son:

- No conectar simultáneamente a tierra tanto el osciloscopio como el circuito bajo ensayo, sino sólo uno de ellos, con el fin de evitar la formación de lazos que aumentarían el zumbido.
- No obstaculizar las entradas y salidas del gabinete que permiten la normal circulación de aire.
- Debido a la fragilidad presentada por el TRC evitar golpear el instrumento durante su transporte.
- Dado que las puntas de prueba son elementos delicados, evitar exponerlas a deformaciones mecánicas o forcejeo del cable.