

Apuntes Tema 5:

Medidas eléctricas : EL OSCILOSCOPIO

4	EL OSCILOSCOPIO	2
4.1	INTRODUCCIÓN AL OSCILOSCOPIO.....	2
4.1.1	<i>Osciloscopio analógico</i>	<i>5</i>
4.1.2	<i>Osciloscopio digital.....</i>	<i>8</i>
4.2	RESUMEN.....	9
4.3	PREGUNTAS DE AUTOEVALUACIÓN	10
4.4	DESCRIPCIÓN DE UN OSCILOSCOPIO ANALÓGICO.....	10
4.4.1	<i>Introducción al osciloscopio.....</i>	<i>10</i>
4.4.2	<i>Tubo de rayos catódicos</i>	<i>15</i>
4.4.2.1	Cañón electrónico	16
4.4.2.2	Placas deflectoras.....	20
4.4.2.3	Pantallas fluorescente	21
4.5	FUENTE DE ALIMENTACIÓN	22
4.5.1	<i>Generador de barrido o base de tiempo.</i>	<i>23</i>
4.5.1.1	Sincronización	23
4.5.1.2	Control del barrido	25
4.5.1.3	Posición horizontal de la traza	26
4.5.1.4	Fuente de sincronización.....	28
4.5.1.5	Modo de sincronismo.....	28
4.5.1.6	Nivel de sincronismo	29
4.5.2	<i>Canal vertical.....</i>	<i>29</i>
4.5.2.1	Banda pasante.....	29
4.5.2.2	Acondicionamiento de la señal entrante o Y.....	30
4.5.2.3	Entrada de las señales.....	31
4.6	PUNTAS DE PRUEBA PARA LAS ENTRADAS	33
4.7	EL OSCILOSCOPIO COMO FRECUENCÍMETRO.	34
4.6.1	<i>Método de Lissajous</i>	<i>35</i>
4.6.2	<i>Medición del ángulo de fase.....</i>	<i>37</i>
4.7	RESUMEN.....	38
4.8	PREGUNTAS DE AUTOEVALUACIÓN.....	40
4.8.1	<i>Ejercicios propuestos</i>	<i>44</i>

4.9	LOS OSCILOSCOPIOS QUE SE TIENEN EN NUESTRO LABORATORIO	44
4.10	OSCILOSCOPIOS DIGITALES	50
4.10.1	<i>Introducción al osciloscopio digital</i>	50
4.10.2	<i>Estructura de un osciloscopio de memoria digital</i>	53
4.10.3	<i>Algunos conceptos sobre digitalización</i>	54
4.10.4	<i>Ventajas y desventajas del osciloscopio digital</i>	56
	<i>Ventajas:</i>	56
	<i>Desventajas:</i>	56
4.10.5	<i>Conceptos básicos para usar el osciloscopio de una manera eficaz</i>	57
4.10.5.1	Disparo	58
4.10.5.2	Adquisición de datos	63
4.10.5.3	Escala y posición de las formas de onda	64
4.10.5.4	Medición y formas de ondas. Realizar medidas	66
4.10.5.5	Configuración del osciloscopio	67
4.10.6	<i>La pantalla del osciloscopio digital. Indicaciones</i>	68
4.10.6.1	Controles verticales	73
4.10.6.2	Controles horizontales	75
4.10.6.3	Controles de disparo	76
4.10.6.4	Conectores de entrada	76
4.10.6.5	Botones de Control y menú.....	77
4.10.6.6	Otros elementos del panel frontal	78
4.10.7	<i>Preguntas de autoevaluación</i>	78
4.11	BIBLIOGRAFÍA.....	79

4 El Osciloscopio

4.1 Introducción al osciloscopio

Un osciloscopio es un instrumento de medición electrónico para la representación gráfica de señales eléctricas que pueden variar en el tiempo. Es muy usado en electrónica. Presenta los valores de las señales eléctricas en forma de coordenadas en una pantalla, en la que normalmente el eje X (horizontal) representa tiempos y el eje Y (vertical) representa tensiones. Los osciloscopios, clasificados según su funcionamiento interno, pueden ser

tanto analógicos como digitales, siendo el resultado mostrado idéntico en cualquiera de los dos casos, en teoría.

En un osciloscopio existen, básicamente, dos tipos de controles que son utilizados como reguladores que ajustan la señal de entrada y permiten, consecuentemente, medir en la pantalla y de esta manera se puede ver la forma de la señal medida por el osciloscopio, esto denominado en forma técnica se puede decir que el osciloscopio sirve para observar la señal que quiera medir. Para medir se lo puede comparar con el plano cartesiano. El primer control regula el eje X (horizontal) y aprecia fracciones de tiempo (segundos, milisegundos, microsegundos, etc., según la resolución del aparato). El segundo regula el eje Y (vertical) controlando la tensión de entrada (en Voltios, milivoltios, microvoltios, etc., dependiendo de la resolución del aparato). Estas regulaciones determinan el valor de la escala cuadrícula que divide la pantalla, permitiendo saber cuánto representa cada cuadrado de ésta para, en consecuencia, conocer el valor de la señal a medir, tanto en tensión como en frecuencia (en realidad se mide el periodo de una onda de una señal, y luego se calcula la frecuencia).

El osciloscopio es un instrumento que permite visualizar fenómenos transitorios así como formas de ondas en circuitos eléctricos y electrónicos. Por ejemplo en el caso de los televisores, las formas de las ondas encontradas de los distintos puntos de los circuitos están bien definidas, y mediante su análisis podemos diagnosticar con facilidad cuáles son los problemas del funcionamiento. Los osciloscopios son de los instrumentos más versátiles que existen y los utilizan desde técnicos de reparación de televisores hasta médicos. Un osciloscopio puede medir un gran número de fenómenos, provisto del transductor adecuado (un elemento que convierte una magnitud física en señal eléctrica) será capaz de darnos el valor de una presión, ritmo cardíaco, potencia de sonido, nivel de vibraciones en un coche, etc. Es importante que el osciloscopio utilizado permita la visualización de señales de por lo menos 4,5 ciclos por segundo, lo que permite la verificación de etapas de video, barrido vertical y horizontal y hasta

de fuentes de alimentación.

Si bien el más común es el osciloscopio de trazo simple, es mucho mejor uno de trazo doble en el que más de un fenómeno o forma de onda pueden visualizarse simultáneamente.

El funcionamiento del osciloscopio está basado en la posibilidad de desviar un haz de electrones por medio de la creación de campos eléctricos y magnéticos. En la mayoría de osciloscopios, la desviación electrónica, llamada deflexión, se consigue mediante campos eléctricos.

Ello constituye la deflexión electrostática. Este último tipo de osciloscopio carece de control del tiempo de exploración.

El proceso de deflexión del haz electrónico se lleva a cabo en el vacío creado en el interior del llamado tubo de rayos catódicos (TRC). En la pantalla de éste es donde se visualiza la información aplicada.

El tubo de rayos catódicos de deflexión electrostática está dotado con dos pares de placas de deflexión horizontal y vertical respectivamente, que debidamente controladas hacen posible la representación sobre la pantalla de los fenómenos que se desean analizar.

Esta representación se puede considerar inscrita sobre unas coordenadas cartesianas en las que los ejes horizontal y vertical representan tiempo y tensión respectivamente. La escala de cada uno de los ejes cartesianos grabados en la pantalla, puede ser cambiada de modo independiente uno de otro, a fin de dotar a la señal de la representación más adecuada para su medida y análisis.

Las dimensiones de la pantalla del TRC están actualmente normalizadas en la mayoría de instrumentos, a 10 cm en el eje horizontal (X) por 8 cm en el eje vertical (Y). Sobre la pantalla se encuentran grabadas divisiones de 1 cm cuadrado directamente sobre el TRC. En esta retícula es donde se realiza la representación de la señal aplicada al osciloscopio.

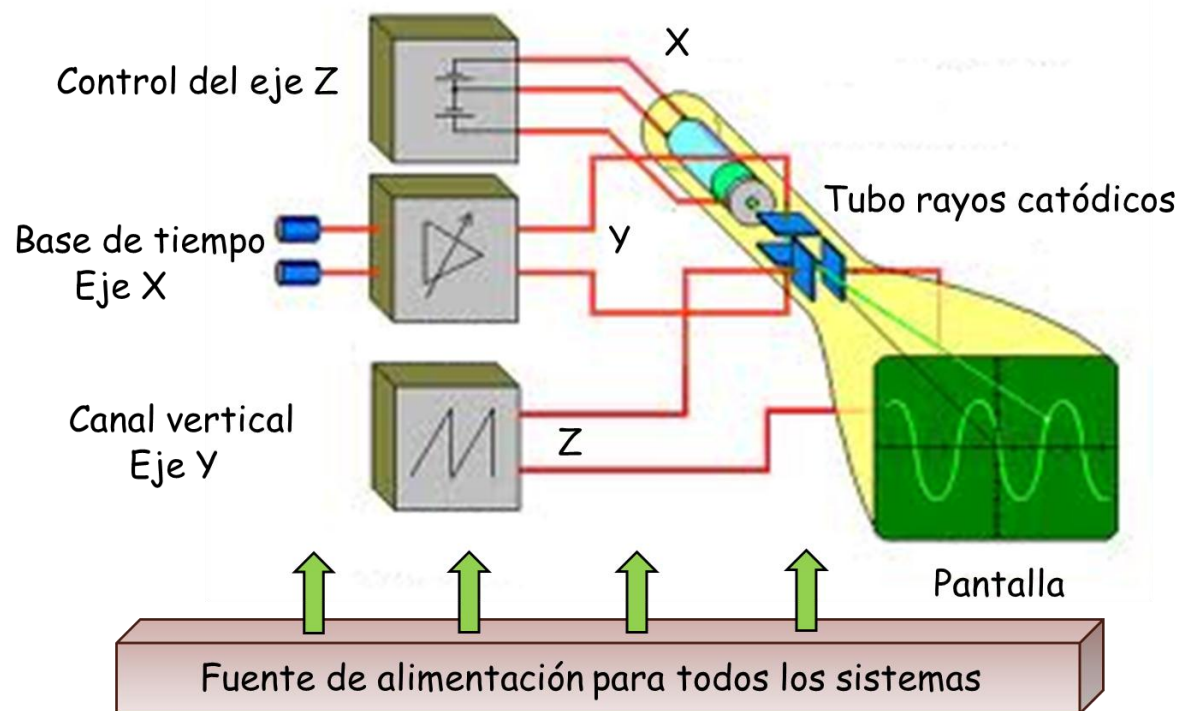
El osciloscopio, como aparato muy empleado que es, se encuentra representado en el mercado de instrumentos bajo muchas formas distintas, no sólo en cuanto al aspecto puramente físico sino en cuanto a sus características internas y por tanto a sus prestaciones y posibilidades de aplicación de las

mismas. No obstante, a pesar de las posibles diferencias existentes, todos los osciloscopios presentan unos principios de funcionamiento comunes. Los de uso más generalizado son los que podríamos definir como "osciloscopios básicos". Con el osciloscopio se pueden visualizar formas de ondas de señales alternantes, midiendo su voltaje pico a pico, medio y rms.

4.1.1 Osciloscopio analógico

La tensión a medir se aplica a las placas de desviación vertical oscilante de un tubo de rayos catódicos (utilizando un amplificador con alta impedancia de entrada y ganancia ajustable) mientras que a las placas de desviación horizontal se aplica una tensión en diente de sierra (denominada así porque, de forma repetida, crece suavemente y luego cae de forma brusca).

Esta tensión es producida mediante un circuito oscilador apropiado y su frecuencia puede ajustarse dentro de un amplio rango de valores, lo que permite adaptarse a la frecuencia de la señal a medir. Esto es lo que se denomina base de tiempos.



En la Figura 4.1 se puede ver una representación esquemática de un osciloscopio con indicación de las etapas mínimas fundamentales. El funcionamiento es el siguiente:

- En el tubo de rayos catódicos el rayo de electrones generado por el cátodo y acelerado por el ánodo llega a la pantalla, recubierta interiormente de una capa fluorescente que se ilumina por el impacto de los electrones.
- Si se aplica una diferencia de potencial a cualquiera de las dos parejas de placas de desviación, tiene lugar una desviación del haz de electrones debido al campo eléctrico creado por la tensión aplicada. De este modo, la tensión en diente de sierra, que se aplica a las placas de desviación horizontal, hace que el haz se mueva de izquierda a derecha y durante este tiempo, en ausencia de señal en

las placas de desviación vertical, dibuje una línea recta horizontal en la pantalla y luego vuelva al punto de partida para iniciar un nuevo barrido. Este retorno no es percibido por el ojo humano debido a la velocidad a que se realiza y a que, de forma adicional, durante el mismo se produce un apagado (borrado) parcial o una desviación del rayo.

- Si en estas condiciones se aplica a las placas de desviación vertical la señal a medir (a través del amplificador de ganancia ajustable) el haz, además de moverse de izquierda a derecha, se moverá hacia arriba o hacia abajo, dependiendo de la polaridad de la señal, y con mayor o menor amplitud dependiendo de la tensión aplicada.

Al estar los ejes de coordenadas divididos mediante marcas, es posible establecer una relación entre estas divisiones y el período de la diente de sierra en lo que se refiere al eje X y al voltaje en lo referido al Y. Con ello a cada división horizontal corresponderá un tiempo concreto, del mismo modo que a cada división vertical corresponderá una tensión concreta. De esta forma en caso de señales periódicas se puede determinar tanto su período como su amplitud.

El margen de escalas típico, que varía de microvoltios a unos pocos voltios y de microsegundos a varios segundos, hace que este instrumento sea muy versátil para el estudio de una gran variedad de señales.

El osciloscopio analógico tiene una serie de limitaciones propias de su funcionamiento:

- 1.** Las señales deben ser periódicas. Para ver una traza estable, la señal debe ser periódica ya que es la periodicidad de dicha señal la que refresca la traza en la pantalla. Para solucionar este problema se utilizan señales de sincronismo con la señal de entrada para disparar el barrido horizontal (trigger level) o se utilizan osciloscopios con base de tiempo disparada.

- 2.** Las señales muy rápidas reducen el brillo. Cuando se observa parte del período de la señal, el brillo se reduce debido a la baja persistencia fosfórica de la pantalla. Esto se soluciona colocando un potencial post-acelerador en el tubo de rayos catódicos.
- 3.** Las señales lentas no forman una traza. Las señales de frecuencias bajas producen un barrido muy lento que no permite a la retina integrar la traza. Esto se solventa con tubos de alta persistencia.

4.1.2 Osciloscopio digital

En la actualidad los osciloscopios analógicos están siendo desplazados en gran medida por los osciloscopios digitales, entre otras razones por la facilidad de poder transferir las medidas a una computadora personal o pantalla LCD. En el osciloscopio digital la señal es previamente digitalizada por un conversor analógico digital. Al depender la fiabilidad de la visualización de la calidad de este componente, esta debe ser cuidada al máximo. Las características y procedimientos señalados para los osciloscopios analógicos son aplicables a los digitales. Sin embargo, en estos se tienen posibilidades adicionales, tales como el disparo anticipado (pre-triggering) para la visualización de eventos de corta duración, o la memorización del oscilograma transfiriendo los datos a una PC. Esto permite comparar medidas realizadas en el mismo punto de un circuito o elemento. Existen asimismo equipos que combinan etapas analógicas y digitales.

La principal característica de un osciloscopio digital es la frecuencia de muestreo, la misma determinará el ancho de banda máximo que puede medir el instrumento, viene expresada generalmente en millones de muestra por segundo.

La mayoría de los osciloscopios digitales en la actualidad están basados en control por FPGA (del inglés Field Programmable Gate Array), el cual es el elemento controlador del conversor analógico a digital de alta velocidad del aparato y demás circuitería interna, como memoria, buffers, entre otros.

Estos osciloscopios añaden prestaciones y facilidades al usuario imposibles de obtener con circuitería analógica, como los siguientes:

- Medida automática de valores de pico, máximos y mínimos de señal. Verdadero valor eficaz.
- Medida de flancos de la señal y otros intervalos.
- Captura de transitorios.

4.2 Resumen

Un osciloscopio es un instrumento de medición electrónico para la representación gráfica de señales eléctricas que pueden variar en el tiempo. Es muy usado en electrónica para la medición de los valores y las formas de las señales. En un osciloscopio analógico la tensión a medir se aplica a las placas de desviación vertical oscilante de un tubo de rayos catódicos mientras que a las placas de desviación horizontal se aplica una tensión en diente de sierra. Esto provoca que en la pantalla del tubo de rayos catódico se forme una imagen con la forma de la señal que se está midiendo.

En el osciloscopio digital la señal es previamente digitalizada por un conversor analógico digital. Una vez digitalizada la señal esta es representada en una pantalla. Los osciloscopios digitales ofrecen mayores prestaciones que los analógicos ya que se puede realizar cualquier tratamiento matemático con la señal capturada.

4.3 Preguntas de Autoevaluación

- 1) ¿Qué es un osciloscopio y para qué sirve?
- 2) ¿Qué tipo de osciloscopios existen de acuerdo a su funcionamiento interno?
- 3) ¿En qué se utilizan los osciloscopios? ¿Qué permite medir?
- 4) ¿Cuál es el principio de funcionamiento de los osciloscopios analógicos?
- 5) ¿Cuáles son las limitaciones propias del funcionamiento en los osciloscopios analógicos?
- 6) ¿Por qué razón paulatinamente los osciloscopios digitales van sustituyendo a los analógicos?
- 7) ¿Cuál es el principio de funcionamiento de los osciloscopios digitales?
- 8) ¿Cuál es la característica principal de un osciloscopio digital? ¿Que determina?
- 9) ¿Qué prestaciones y facilidades añaden al usuario los osciloscopios digitales que son imposibles de obtener con la circuitería analógica?

4.4 Descripción de un osciloscopio analógico

4.4.1 Introducción al osciloscopio.

Los circuitos electrónicos se caracterizan por la presencia de señales en diversos puntos de los mismos, es decir, tensiones o corrientes que evolucionan en el tiempo. En la mayoría de los casos la velocidad de esta evolución torna imposible su seguimiento con los instrumentos de deflexión o digitales de uso corriente (multímetros). Dada la importancia de la información que la evolución temporal de estas tensiones y corrientes brinda acerca del funcionamiento del circuito bajo ensayo, se desarrolló un instrumento especial

para facilitar su observación y efectuar mediciones de tensión y tiempo: ***el osciloscopio.***

El Osciloscopio de Rayos Catódicos (ORC) es el instrumento capaz de registrar los cambios de tensión producidos en circuitos eléctricos o electrónicos y mostrarlos en forma gráfica en la pantalla de un tubo de rayos catódicos. Este instrumento genera en su interior un haz de electrones que se aceleran e impactan sobre la pantalla del mismo produciendo un punto luminoso que puede ser desplazado en forma vertical y horizontal proporcionalmente a la diferencia de potencial aplicada sobre unos electrodos. Si la tensión que produce la desviación vertical es la que se desea observar y provocamos mediante un generador interno un desplazamiento horizontal del punto a velocidad constante, obtendremos sobre la pantalla una representación de la evolución temporal de la señal observada.

Cuando las señales a observar son periódicas es posible representarlas en forma estática en una pantalla mediante el recurso de sobreimprimir los ciclos sucesivos, obteniéndose una imagen de la evolución temporal de la magnitud a lo largo de uno o más ciclos, o sea de la forma de onda. El circuito de sincronización (conocido como circuito de disparo o gatillado) es el encargado de hacer coincidir entre sí los sucesivos ciclos de la onda sobre la pantalla para obtener una imagen estable. Es un instrumento de medición que permite hacer visibles determinados procesos cambiantes.

Tipos de osciloscopio Los osciloscopios se diferencian entre analógicos y digitales. Los osciloscopios analógicos permiten ver en la pantalla una reproducción fiel de la evolución temporal de la señal, obviamente la mayor o menor fidelidad depende de la calidad del instrumento. Permiten realizar mediciones sobre la forma de onda visualizada. En el mercado se dispone de instrumentos de calidad a precios accesibles y son relativamente fáciles de usar. Los osciloscopios digitales realizan un muestreo de la señal a representar y almacenan los datos obtenidos. Permiten guardar formas de onda correspondientes a distintas mediciones (incluso de ondas no periódicas) para su posterior visualización. Además disponen de cursores que pueden

desplazarse para facilitar la medición sobre la imagen, así como de facilidades de cálculo de parámetros de la onda (valor medio, eficaz, etc) y de distintas funciones de análisis (p.ej. obtención del contenido armónico mediante series de Fourier). Especificaciones técnicas principales.

- **Ancho de banda:** Es una de las especificaciones principales de un osciloscopio, está directamente relacionada con la calidad y el costo del instrumento. En un osciloscopio analógico esta magnitud indica la máxima frecuencia que el circuito de deflexión vertical es capaz de reproducir sin introducir errores por atenuación. En el caso de los osciloscopios digitales se definen dos anchos de banda: uno para señales repetitivas o periódicas y otro para señales no repetitivas. Como regla general, para señales periódicas el ancho de banda debe ser al menos el triple de la máxima frecuencia que se pretende mostrar (teniendo en cuenta la descomposición armónica), mientras que en el caso de señales no repetitivas el ancho de banda se relaciona directamente con la tasa de muestreo (es decir, la cantidad de muestras que el instrumento puede obtener por segundo), que para una reproducción medianamente fiel debe ser al menos 10 veces la máxima frecuencia a representar.
- **Sensibilidad** Es la menor tensión capaz de provocar un desplazamiento de 1 cm en la pantalla del instrumento. En equipos comerciales estándares este parámetro es del orden de los milivolts.
- **Cantidad de canales.** Los osciloscopios analógicos que se disponen comercialmente pueden tener entre 1 a 4 canales de entrada. En el caso de los digitales, pueden llegar a 16 o más canales pero sólo para representar señales lógicas.
- **Base de tiempo:** Los osciloscopios pueden disponer de una única base de tiempo (llamada también barrido horizontal), o más de una. A su vez esta base de tiempo puede ser simple o demorada. En el caso de los osciloscopios con base de tiempo demorada, es posible seleccionar una parte de la onda para su ampliación en la pantalla, para permitirle el barrido horizontal modifica su velocidad en la parte seleccionada de la

onda. En el caso del barrido independiente cada canal tiene su propia base de tiempo.

Otras especificaciones Los osciloscopios digitales habitualmente tienen otra serie de especificaciones como tamaño de la memoria de datos, funciones de análisis, funciones de disparo especiales, resolución vertical de la pantalla en bits, etc.

Su utilización en la observación y medición de variables del tipo eléctricas lo hace indispensable en todo laboratorio ya sea de investigación y desarrollo y en la producción de equipamiento para la industria eléctrica, automotriz, aeronáutica, industrial, médica y doméstica. Básicamente, la mayoría de los fenómenos en los cuales están involucradas corrientes eléctricas de los tipos continuas o cambiantes (periódicas o no periódicas), pueden ser visualizadas por este instrumento y lógicamente permiten ser medidas. Posiblemente, de todos los aparatos de medición de las variables descritas, este es el de uso más difundido y es el aliado imprescindible del investigador, del docente y del profesional que se ocupa del desarrollo y servicio de todo equipamiento que utilice técnicas eléctricas y electrónicas para su operación.

Trabaja de acuerdo a la visualización de dos coordenadas en un plano, lo que le permite registrar dos funciones cualesquiera: $y = f(x)$. Para tal fin, el aparato cuenta con un tubo de rayos catódicos (TRC), quien posee una pantalla en la cual puede observarse el proceso que se está desarrollando. Como ejemplo más cercano, la pantalla de un televisor o de una computadora, utiliza un dispositivo similar. A continuación, se esquematiza un diagrama en bloques del aparato completo, Figura 4.2. En la misma se advierte el tubo propiamente dicho (TRC); el módulo generador de barrido (Base de tiempo) que es quien produce una tensión de deflexión proporcional al tiempo materializando el eje X, y además permite también ingresar con una señal del exterior (en líneas de trazo) adaptándola, para lo cual posee un amplificador (A_x); el módulo canal vertical (Canal vertical), quien tiene como misión adaptar la variable a registrar (una diferencia de potencial) para que se desvíe

según eje Y a través también de un amplificador (A_y); el módulo Z, que permite ingresar una señal por un borne ubicado en la parte posterior del aparato y mediante ella se puede controlar el brillo externamente; y finalmente, la fuente de alimentación (Fuente de alimentación) que es quien genera los potenciales necesarios para que el instrumento funcione.

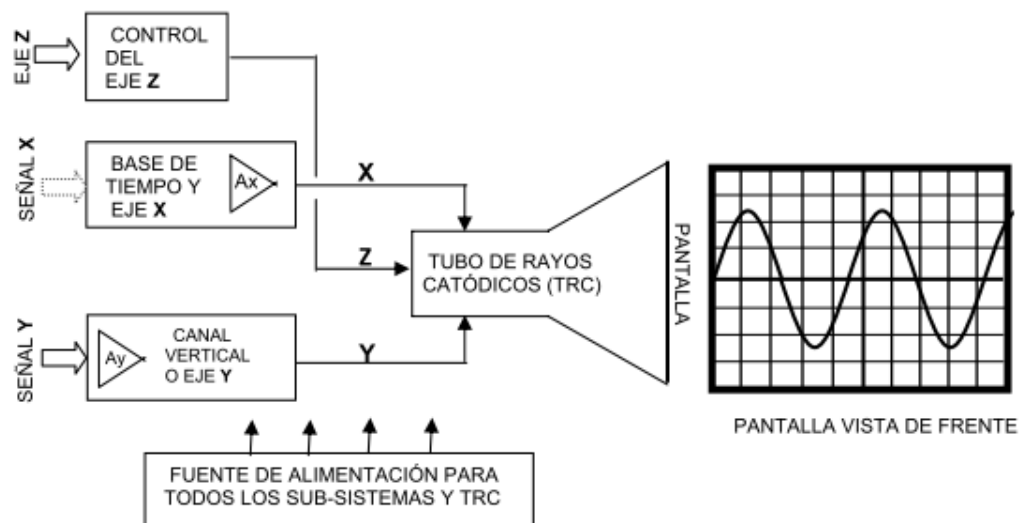


Figura 4.2 : Esquema de un osciloscopio

En la Figura 4.2, a la izquierda del diagrama en bloques, se verifica como se presenta una variable determinada, y tal como se observa, la imagen en la pantalla, es la composición cartesiana de un voltaje lineal en función del tiempo, eje X con la señal (otro voltaje alterno armónico) variable en el eje Y. Esta última es justamente la información que interesa analizar o medir. Para interpretar mejor el funcionamiento del aparato, se analizará cada uno de los bloques o sub-sistemas, iniciando este estudio con el tubo de rayos catódicos.

4.4.2 Tubo de rayos catódicos

Este dispositivo es el componente primordial de todo osciloscopio, por lo tanto es necesario estudiar y comprender su principio de operación para aprovechar al máximo la utilización de este versátil instrumento de medida.

Su funcionamiento se basa en la poca masa que poseen los electrones y como consecuencia su ínfima inercia, lo que hace factible el poder controlarlos y utilizarlos para componer una imagen en tiempo real. Se entiende como tiempo real a aquellos fenómenos que se producen y registran en forma simultánea.

Consta de tres partes: **un cañón electrónico** ; **un sistema de placas deflectoras** y **una pantalla luminiscente**, figura 4.3, contenidos en una ampolla de vidrio con un formato particular, a la cual se le ha realizado el vacío. El cañón electrónico, recibe este nombre, porque es el encargado de producir y acelerar un fino haz de electrones, los que desplazados en los ejes X e Y, impactan finalmente en una pantalla recubierta de fósforo, transformando la energía cinética de los mismos en luminosa.

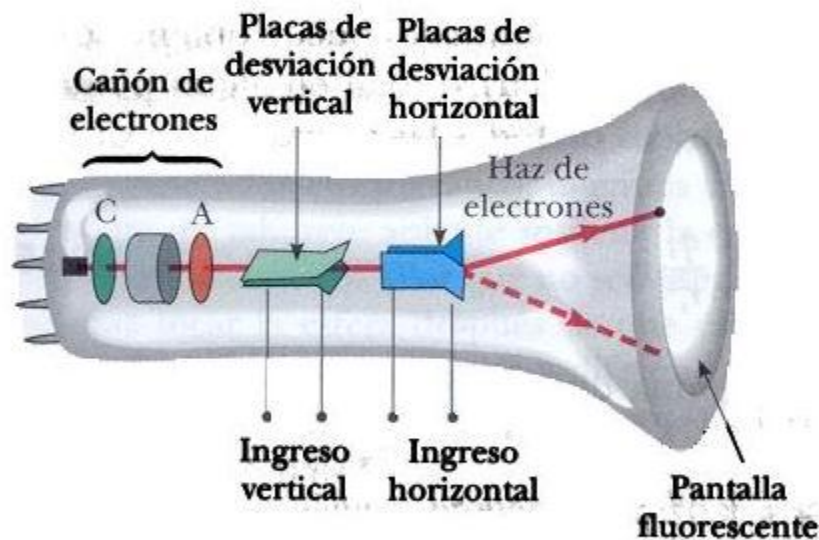
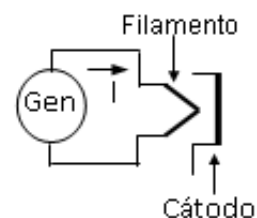


Figura 4.3 : Esquema del cañón electrónico.

4.4.2.1 Cañón electrónico

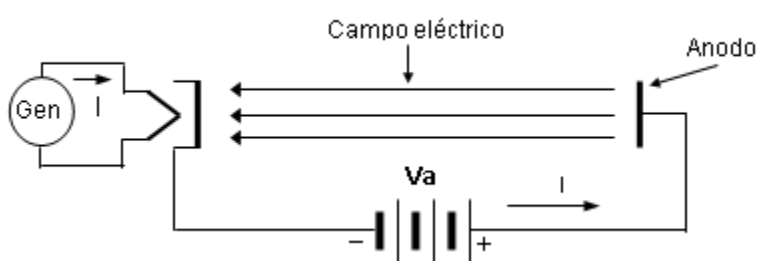
Se describió en los párrafos anteriores la función del cañón electrónico, y se puede inducir que lo primero que se debe disponer es de electrones libres. La disponibilidad de electrones libres puede producirse de diferentes formas. El método normalmente utilizado es el denominado emisión termoiónica. La misma parte de que la conductibilidad eléctrica de los metales es el resultado de los electrones existentes en el interior del material que en un instante dado no están vinculados a ninguna molécula en particular. Para que estos electrones libres puedan escapar de la superficie, deben realizar un cierto trabajo para vencer las fuerzas de atracción similares a las gravitacionales presentes en la superficie. En consecuencia, a menos que un electrón libre que se encuentra en el interior del material, exceda el trabajo que el mismo debe realizar para vencer las fuerzas superficiales del conductor, el electrón no puede liberarse. Para todas las sustancias conocidas, esta energía que debe desarrollar un electrón para liberarse está relacionada en forma tal con la energía cinética que poseen los electrones en el material que prácticamente ninguno es liberado a la temperatura ambiente, a menos que se lo ayude con una energía adicional obtenida por una radiación incidente (luz, rayos X, etc.). Sin embargo a medida que aumenta la temperatura del conductor, la energía cinética de los electrones libres del material aumenta y a una temperatura suficientemente elevada, un número apreciable de ellos tendrá la energía cinética necesaria para liberarse de la superficie del material. Este resultado es justamente la emisión termoiónica de los electrones.

- **Cátodo:** La cantidad de electrones emitido por la superficie del material, que se denominará cátodo en la aplicación del TRC, es proporcional a la temperatura de calentamiento. El calor se logra haciendo pasar una corriente eléctrica por un filamento de tungsteno, transformando la energía eléctrica de acuerdo a la ley de Joule. El generador aplicado al filamento puede ser de corriente continua o alterna. El filamento descrito, es rodeado por el cátodo transmitiéndole el calor necesario

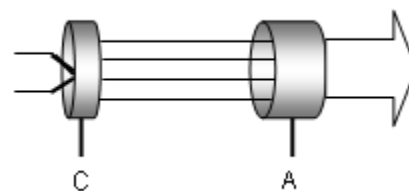


para que los electrones de su superficie, al adquirir energía cinética por efecto de la temperatura, se desprendan y queden libres.

- **Anodo** : Obtenidos los electrones de esta forma, si se sumergen en un campo eléctrico producido por una fuente de corriente continua, conectando el terminal negativo al cátodo y el positivo a una placa metálica denominada ánodo, se desplazarán en la dirección de las líneas del campo eléctrico, en sentido contrario a ellas, y migrarán al potencial positivo produciendo una corriente eléctrica.

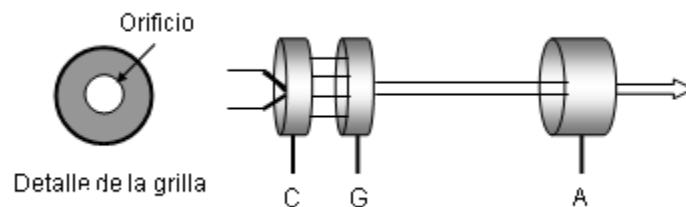


Es importante destacar que para que este fenómeno se produzca debe estar en un ambiente libre de moléculas extrañas. Por lo tanto todo el dispositivo debe encontrarse en un recinto al cual se le ha producido el vacío. En la aplicación del osciloscopio, este recinto es el TRC. El próximo paso es ahora producir el haz de electrones que impactarán en la pantalla, provocando un punto luminoso. Para ello, al cañón se le deben adicionar otros electrodos. El



primero de ellos es el ánodo. Está construido con una forma especial: es un cilindro hueco de metal colocado coaxialmente al eje longitudinal del tubo, a una cierta distancia del cátodo. Su funcionamiento ya se explicitó en párrafos anteriores, pero cabe hacer una acotación al efecto: los electrones producidos por el cátodo son acelerados por el ánodo, pero dado que este electrodo es hueco, los mismos seguirán su marcha por el interior del mismo e impactarán en la pantalla.

- **Grilla de control o intensidad** : Para lograr variar la intensidad luminosa que se produce en la pantalla, se debe controlar la cantidad de electrones que llegan a ella y para esto se le agrega un nuevo electrodo denominado cilindro de Welhnet o grilla de control (G). Este es un cilindro hueco pero cerrado en uno de los extremos con un orificio central en dicho cierre. Está ubicado muy cerca del cátodo y se le aplica un potencial negativo respecto a él.



Este potencial que puede variar desde cero hasta 50 Volt, produce un campo contrario al generado entre el cátodo y el ánodo acelerador, de tal forma que puede anular a este último. Así entonces, controlando el potencial de grilla, se puede variar la cantidad de electrones que llegan a la pantalla. Con este procedimiento se logra obtener un punto (mancha luminosa) cuya intensidad variará desde cero (ningún electrón llega a la pantalla) hasta el máximo (todos los generados llegan a la pantalla). El osciloscopio posee un control externo de brillo o intensidad (acciona sobre la grilla) que el operador controla a voluntad y que se denomina Intensidad (Intensity).

- **Foco** : Otro electrodo necesario es el de foco. Su misión es la de producir a cualquier valor de intensidad elegido, el punto más pequeño en la pantalla. El operador también tiene acceso a este control externamente y se denomina (Focus). Su construcción es similar al ánodo, un cilindro hueco pero de mayor diámetro, y está ubicado a continuación del mismo. En la construcción del cañón, el ánodo se construye mediante dos cilindros iguales y al mismo potencial, ubicándose el electrodo del foco entre ambas partes.

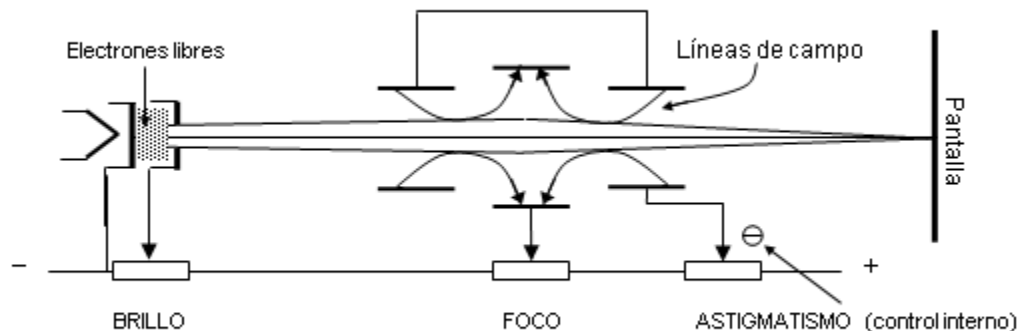


Figura 4.4 : Óptica electrónica.

El potencial que se aplica al electrodo de foco, es menor que el de ánodo y conforma de esta manera lo que se denomina una lente electrónica y que pertenece a la óptica electrónica, cuya finalidad es hacer que los electrones impacten todos juntos sobre la superficie fosforescente, formando un círculo de diámetro muy pequeño, tal como 0,1 mm. Refiriéndose a la figura 4.4, en ella se ha dibujado en forma sencilla la configuración que tienen las líneas del campo eléctrico de acuerdo a los potenciales. Los electrones con su carga negativa están avanzando desde el cátodo, acelerados por el ánodo. Al acercarse a las líneas de campo, provocadas por la diferencia de potencial, tienden a seguir a las mismas alineándose con ellas, por lo que al salir de esta zona, serán desviados hacia el centro. Nótese que los electrones que viajan por el centro no sufren desviación alguna y si los que están alejados del eje del cañón.

- **Astigmatismo** : Otro comando que afecta a los electrones en su avance hacia la pantalla, es el de astigmatismo. Este control que es interno y no tiene acceso el usuario, modifica ligeramente el potencial del ánodo acelerador con respecto al cátodo, ver figura 4.4. Su misión es la de corregir la excentricidad del punto luminoso cuando no incide en el medio de la pantalla. En el centro de la misma produce un pequeño círculo, pero cuando lo hace en otra parte tiende a deformarse elípticamente. En algunos osciloscopios no tan modernos, este control podía ser modificado por el operador, mediante un potenciómetro con su

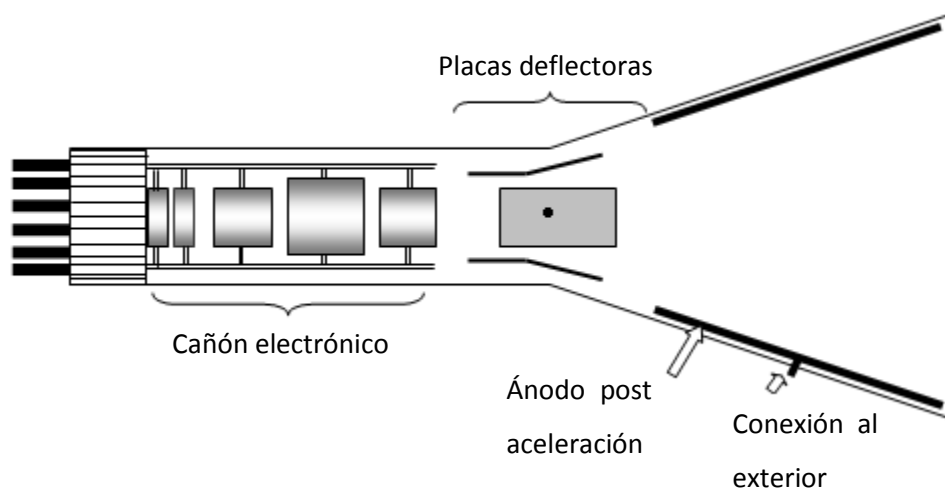
eje ranurado para accionarlo con destornillador. En los tubos actuales en los cuales la pantalla es plana, este defecto está perfectamente corregido.

4.4.2.2 Placas deflectoras

Una vez generado el haz que llega a la pantalla, es necesario desviarlo según los ejes X e Y. En el eje X se deberá generar una línea horizontal que lo materialice y que se denomina barrido y en el eje Y se aplicará la señal a observar. Para lograr mover al haz en ambos sentidos, se colocan las denominadas placas deflectoras en el interior del tubo y a continuación del cañón electrónico. Las mismas se ubican conformando las armaduras de un condensador para cada eje, materializando cada uno de ellos un par de placas para el horizontal y otro par para el vertical. En la figura 4.3 se ve dicha conformación. Los electrones acelerados por el ánodo pasan entre las placas, y si estas no tienen ningún potencial aplicado, no sufren ninguna sollicitación tanto en sentido perpendicular como vertical al eje del tubo. Si ahora se aplica una diferencia de potencial a cualquiera de los pares de placa, los electrones se desviarán de acuerdo a la fuerza que le provocará el campo eléctrico producido, quien dependerá del potencial aplicado. Para graficar dicha deflexión, se aplicará una señal alterna a cada par de placas no en forma simultánea, observándose que los electrones se desviarán de acuerdo al campo que produce ese voltaje, ocupando distintas posiciones en la pantalla, lo que queda materializado como una línea continua que se desplaza tanto en el eje X como en el Y. La velocidad de desplazamiento de los electrones se realizará de acuerdo a la velocidad que le imprime la señal alterna.

Si la velocidad de los electrones " v_0 " es muy grande (gran potencial acelerador), la energía cinética de los mismos provocará en la pantalla un punto con gran iluminación y será muy bienvenido; pero exigirá un gran potencial para generar el campo necesario para producir la desviación a todo lo

alto y ancho de la pantalla. Ello complica el diseño de los amplificadores por la gran tensión necesaria de desviación. Así surge que se debe buscar una buena alternativa entre el potencial acelerador que provoca la luminosidad del haz y el potencial de deflexión. La sensibilidad de desviación se mide en mm de desviación por Volt. aplicado a las placas deflectoras. Este valor para un buen compromiso es de de 0,5 mm/Volt. Por ello para recorrer el total de la pantalla en el eje Y que es de 8 cm, necesita 400 Volt. (Si para 0,5 mm es 1 Volt., para 800 mm será 400 Volt.). A pesar de estos valores, para mejorar aún más la luminosidad se utiliza otro recurso. El mismo es la aceleración ulterior que se denomina post-aceleración o post-deflexión. Para ello se aplica un nuevo potencial mayor que el aplicado al ánodo después de que los electrones sean desviados por las placas. En otras palabras, se aumenta le velocidad de los mismos a posteriori de la deflexión.



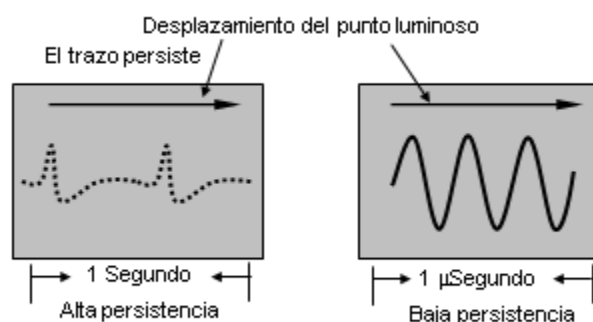
4.4.2.3 Pantallas fluorescente

Es importante destacar que la sustancia fósforosa que impregna a la pantalla está pintada internamente como así también la cuadrícula de la misma, evitando por esto último, el error de paralaje. Por otro lado, la emisión de la luz en el punto bombardeado por el haz de electrones, presenta algunas características de inercia y persistencia. La inercia ocurre porque existe un cierto intervalo de tiempo necesario para que los electrones entreguen su

energía al fósforo provocando entonces la emisión de luz. Durante esta excitación ocurre el fenómeno denominado fluorescencia (emisión por excitación). Mientras tanto, cuando cesa la excitación, la emisión de luz no cesa inmediatamente, pues parte de la energía entregada al fósforo es almacenada, y devuelta en forma de luz gradual, con una caída de la intensidad. Ocurre entonces el fenómeno denominado fosforescencia (emisión de luz almacenada). El tiempo que dura la fosforescencia está de acuerdo al tipo de fósforo empleado en la construcción del TRC. Se destaca en esta aplicación que dicho tiempo determina la utilización del tubo para distintas aplicaciones. Si se va a observar un fenómeno lento, como los latidos cardíacos de un paciente, aplicación típica en electromedicina, es fundamental que el decaimiento de luz sea largo, esto es un tubo de alta persistencia, para que incluso desplazándose lentamente sobre la pantalla el trazo dejado por el haz, persista por algunos segundos hasta el punto de tener una visión clara del fenómeno.

4.5 Fuente de alimentación

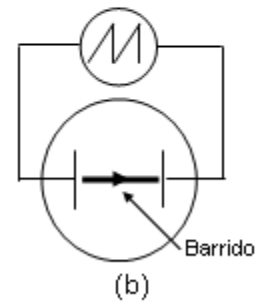
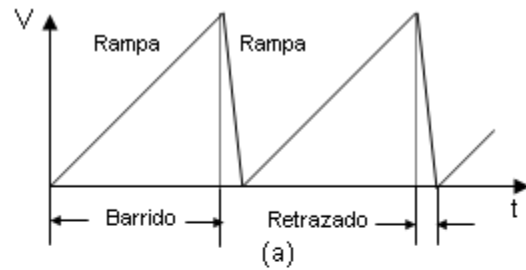
Como se ha observado precedentemente, el tubo necesita diferentes potenciales de corriente continua para su operación. Asimismo, todos los circuitos constituyentes del osciloscopio también necesitan C.C. de diferentes potenciales



para su funcionamiento. Por todo ello, la fuente necesaria para producirlos es a partir de la línea de 220 Volts. Mediante un transformador adecuado, se generan los distintos potenciales en C.A. y posteriormente se rectifican y se obtienen así los potenciales de C.C.

4.5.1 Generador de barrido o base de tiempo.

La base de tiempo es la encargada de generar el eje X, para que en combinación con el eje Y (señal a observar y/o medir), graficarla. Para ello es necesario producir un voltaje que desplace linealmente al punto luminoso de izquierda a derecha del observador. Esta señal se denomina barrido y es aplicada a las placas deflectoras horizontales. La forma de esta señal, es una función diente de sierra, denominada así por su semejanza a los dientes de una sierra, tal como se esquematiza en la figura. Se observa en



ella, que la tensión crece linealmente con el tiempo (rampa ascendente); y posteriormente desciende en un tiempo muy corto (retrazado) . En otras palabras, la rampa ascendente es quien produce el desplazamiento de la traza de izquierda a derecha, barriendo el ancho de la pantalla, el que llegado al extremo derecho, vuelve rápidamente al punto de partida y queda preparado para un nuevo barrido o exploración. El retroceso del haz no se ve en la pantalla, ya que esto molestaría a la imagen a formar. Para que ello no suceda, se borra la misma, aplicando un potencial negativo a la grilla del TRC durante el retroceso. Cabe aclarar que el barrido del haz se produce a velocidad constante durante el proceso de exploración.

4.5.1.1 Sincronización

Como el lector estimará, si se inyecta cualquier señal a las placas verticales siempre se reproducirá fielmente a la misma pero con ciertos condicionamientos: será necesario sincronizar el inicio del barrido con algún punto de la forma de onda aplicada a las placas verticales y además la señal deberá ser periódica. Esta condición se puede ver en la próxima figura.

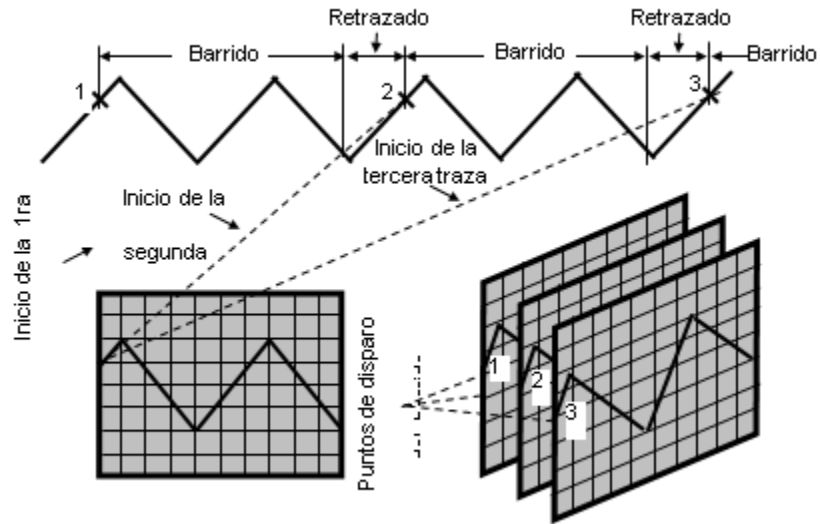


Figura 4.5 : Onda sincronizada.

Tal como se podía esperar, la imagen formada se verá estática en la pantalla, ya que cada barrido se compone de una imagen idéntica a la anterior, debido justamente que las señales a observar son repetitivas, y ellas se van superponiendo en el mismo lugar en la pantalla, siempre y cuando la persistencia del fósforo utilizado sea la adecuada; recuerde en párrafos anteriores la tabla que indicaba la persistencia para los distintos usos del tubo de rayos catódicos. Así entonces la retina de la visión humana recibirá una imagen estable, ya que con cada barrido se formará una nueva gráfica en el mismo lugar que la anterior.

En la próxima figura, se ha dibujado con la misma señal, el caso de que ella no sincronice a la diente de sierra y por ello se puede ver que en cada barrido hay un punto distinto de disparo por lo que en cada pantalla se grafica la misma señal pero desfasada una de otra por lo que la imagen no es estable moviéndose en la pantalla con mayor o menor rapidez de acuerdo a la frecuencia de la onda diente de sierra.

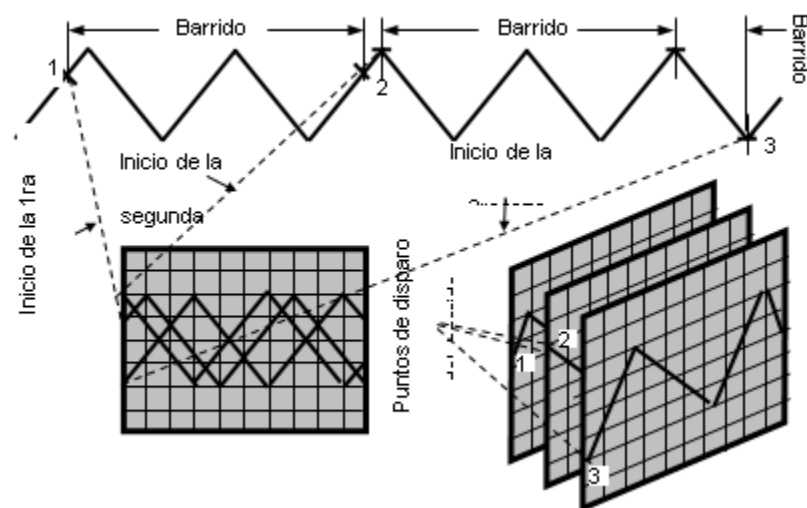


Figura 4.6 : Onda no sincronizada.

Otra observación que se puede realizar es que en el caso mostrado, la frecuencia de la señal vista tiene un valor importante y por ello la imagen producida no posee parpadeo por la superposición rápida de cada barrido. Pero en el caso de que la frecuencia sea menor de 60 Hz, la misma titilará debido a la persistencia del ojo humano humano y a la baja persistencia del fósforo utilizado para los osciloscopios. Por supuesto, para lograr una imagen estable se deberá accionar sobre una serie de controles que actúan sobre el generador de barrido y observando nuevamente la figura 4.5 la sincronización aparece en un determinado punto de la pendiente o flanco ascendente de la señal. El punto de sincronización se elige mediante un control de pendiente positiva (ascendente) o negativa (descendente). Respecto a la persistencia del fósforo utilizado en los tubos se recuerda que para usos médicos (señales de muy baja velocidad) son de alta persistencia.

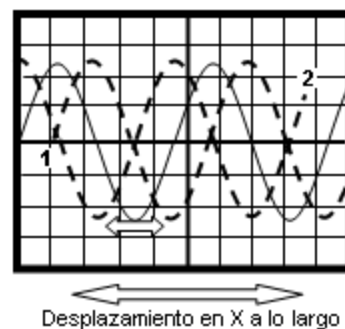
4.5.1.2 Control del barrido

Uno de los controles del bloque de generación de la señal de barrido o base de tiempo es el que permite variar la velocidad. Este control está calibrado en tiempo por división y debe recordarse que la pantalla posee diez divisiones

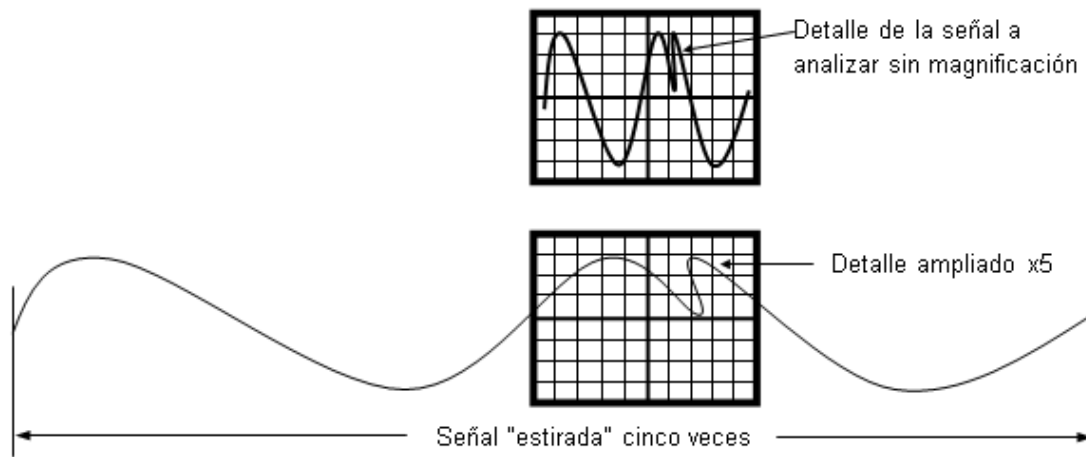
horizontales, por lo que el punto luminoso debe recorrerlos o barrerlos. El control en inglés es Time/Div y está graduado en diferentes velocidades, iniciándose generalmente en (0,1 o 0,2) Seg/div (Segundos por división), y continua en pasos discretos hasta la más alta velocidad, de acuerdo al osciloscopio. Para los más comunes puede llegar a (0,1 o 0,2) μ S/div. También se dispone, ya sea de un control separado o concéntrico al descrito, continuamente variable, denominado Barrido variable (Sweep Var) que permite obtener infinitas velocidades en cada una de las posiciones discretas. Cabe aclarar que la variación es del paso indicado hasta el próximo. No obstante ello, este control posee una posición fija que se elige a voluntad: Calibración (Cal), para poder leer con precisión tiempos de la función observada y por consiguiente el período de la misma, de acuerdo a los pasos fijos del control Time/Div. Mediante un ejemplo, se comprenderá mejor la base de tiempo. Supóngase que la posición del generador está en 1 mS/div (1 mili segundo por división) y el control de barrido variable está en calibración. Todo esto significa que las diez divisiones horizontales serán barridas por el haz en exactamente 10 ms. Así entonces, en la señal que se está observando, se podrán medir tiempos, y por consiguiente si la señal es repetitiva, su período.

4.5.1.3 Posición horizontal de la traza

Otro de los controles de la base de tiempo y que hace a la ubicación horizontal del haz en la pantalla, es el de Posición (Position). El mismo permite desplazar a voluntad la imagen a lo largo del eje X para comodidad de la observación. Este control de posición X, desplaza completamente la imagen a izquierda o derecha, manteniendo la longitud que le imprime el barrido. En otras palabras, si se desplaza a la derecha se podrá ver el inicio de la señal, posición 1 en el dibujo, y si es a la izquierda, la parte final de la señal, posición 2. Esta posibilidad es para brindarle al operador otras alternativas de observación. También como complemento de este control, la mayor parte de los osciloscopios posee, ya



sea concéntrico a él o aparte, una llave que multiplica por cinco o por diez, $\times 5$ Mag o $\times 10$ Mag ($\times 5$ o $\times 10$ de magnificación del barrido).



Esta posibilidad hace que la longitud de la imagen en la pantalla se incremente de acuerdo a la magnificación que posee el aparato; pero dado que la pantalla tiene las dimensiones fijas, solo se podrá ver una porción de la imagen (efecto ventana). Accionando el control de posición horizontal del barrido, se logrará observar toda la señal por partes y así poder interpretar algún detalle específico de ella, ampliado de acuerdo a la magnificación.

Se destaca que esta ampliación no es un aumento de la velocidad de barrido. Simplemente es el aumento de la amplitud de la onda diente sierra, con lo cual se incrementa el barrido. Por ello es como si se tuviera un tubo con una pantalla cinco o diez veces más amplia en el sentido horizontal. El lector seguramente notará que la intensidad de la traza será menor. Esta consecuencia se produce porque el haz debe aumentar su recorrido y por ello los electrones que impactan en la pantalla pasan a mayor velocidad. Debido a ello la velocidad elegida es la misma de tal forma que si ella es de por ejemplo 1 ms/div, ahora se tendrá que para cada cinco o diez divisiones también será de 1 ms respectivamente.

4.5.1.4 Fuente de sincronización

Continuando con la base de tiempo, ahora se explicará cómo se sincroniza el barrido con la información a visualizar. Para ello existe un subsistema de sincronización que posee controles específicos a este fin. Este toma parte de la señal que ingresa al canal vertical o eje Y, y mediante ella le da la orden al generador de barrido para que inicie el mismo. Refiriéndose a la figura 4.27, en ella se observa esta condición. En la base de tiempo se dispone de una serie de controles que permiten elegir la fuente de sincronismo (Source) que se especifican de la siguiente forma: Interno (Int); Línea (Line) ; o Externo (Ext) . La posición de interno es el modo más común de trabajo ya que el barrido se sincroniza con la función que ingresa al canal vertical; con el control en línea sincroniza con la línea de alimentación de 50 Hz y finalmente en la posición externo, indica que para obtener la orden de sincronismo, esta se toma de una señal externa, por lo que también se dispone de un conector BNC para la entrada de esta señal. Esta forma de utilizar al osciloscopio es muy útil cuando se quieren observar transitorios u otras señales no periódicas.

4.5.1.5 Modo de sincronismo

Como complemento al control descrito, se dispone de otros que permiten seleccionar el modo de sincronismo, el nivel o amplitud de la señal con que se sincroniza el barrido y su pendiente o flanco ascendente o descendente (positivo o negativo). El interruptor o llave Modo (mode), realiza generalmente, en los distintos modelos de aparatos, las siguientes operaciones: Automático (auto) que indica que siempre habrá barrido aún sin señal externa (esta es la posición normal para comenzar a trabajar con el aparato); Normal (norm), significando esa posición, una vez que se observe la señal, la posición normal de trabajo, y además: televisión horizontal y vertical producirá automáticamente con las funciones de barrido horizontal y vertical que poseen esos aparatos. Esta posibilidad es ideal para aquellos que trabajan en la reparación o construcción de televisores. (Tv-H y Tv-V), posiciones exclusivas para trabajar en receptores de televisión y que indica que el sincronismo se producirá automáticamente con las funciones de barrido

horizontal y vertical que poseen esos aparatos. Esta posibilidad es ideal para aquellos que trabajan en la reparación o construcción de televisores.

4.5.1.6 Nivel de sincronismo

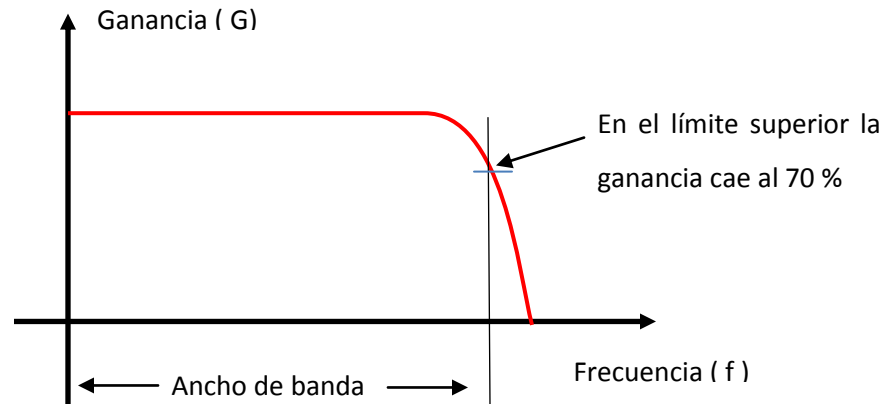
Otros controles que necesariamente deben disponer las funciones anteriores, es el nivel de sincronización (Level). ***Es un potenciómetro que girándolo elige el punto o amplitud de la señal a observar***, que ingresa externamente, o de línea para sincronizarla (darle le orden) con el barrido, ya sea con pendiente positiva o negativa, tal como se expresó en párrafos anteriores.

4.5.2 Canal vertical

Esta unidad es la encargada de recibir la señal o señales (en el caso de aparatos con dos canales) que se desean observar. Posee una serie de controles para adaptar correctamente a la misma para su estudio y además tiene otras funciones complementarias. Quizás quien define el precio y la calidad del osciloscopio es él o los canales verticales de acuerdo a su banda pasante.

4.5.2.1 Banda pasante

Una cualidad de importancia de los osciloscopios es la habilidad de poder aceptar señales desde corriente continua a alternas de muy altas frecuencias. Ello define el ancho de banda del mismo. En la actualidad, prácticamente en todos los modelos comerciales se inician en C.C. y se los limita, por precio y calidad en una determinada frecuencia. Así se tienen los osciloscopios más comunes, cuya banda pasante va desde C.C. o cero Hz hasta 20 Mhz y desde allí en adelante, hay una infinita gama de modelos que cubren todas las aplicaciones en las cuales se utiliza. Para que el lector interprete el término banda pasante, es necesario explicar el mismo, para lo cual se debe remitir a la siguiente figura.

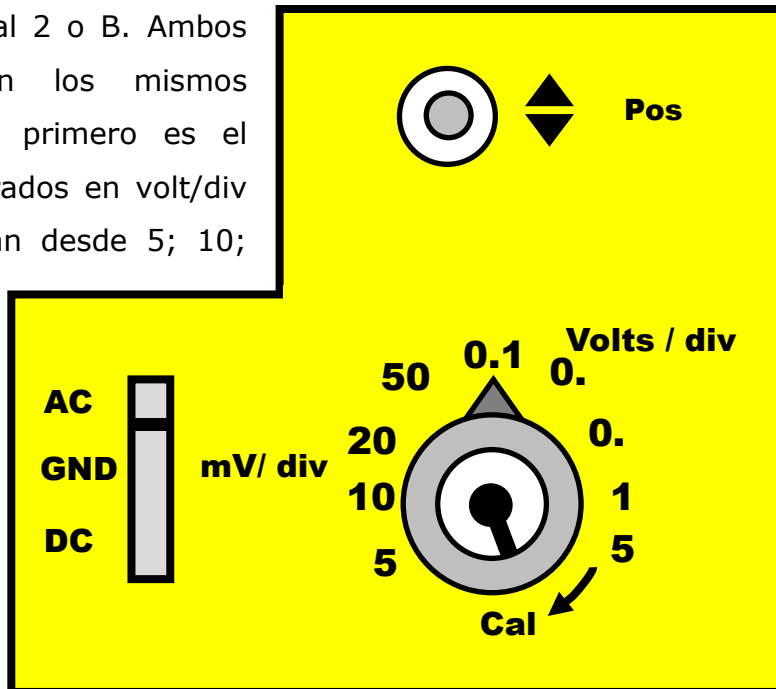


En la figura, se ha dibujado la amplificación o ganancia del circuito amplificador del canal vertical, definida como: $G = V_s/V_e$, y que indica que la tensión amplificada de salida es constante para toda la gama de frecuencias a las cuales se ha diseñado el circuito y otra cualidad fundamental que se debe respetar es que la señal de salida del amplificador sea totalmente fiel a la entrada. ***Esto significa que la forma de onda de la señal entrante no debe sufrir ninguna deformación en el proceso de atenuación-amplificación.*** Observando la gráfica de ganancia, se puede observar que el canal vertical es hábil para amplificar señales desde C.C. hasta una determinada frecuencia, a la cual se denomina ancho de banda o banda pasante, denominación estandarizada y que indica que la misma es lineal hasta cuando cae a un 70,7% del valor máximo o plano. También significa que cae 3 db. Esta última unidad es logarítmica y está relacionada directamente con la definición de ancho de banda en circuitos resonantes.

4.5.2.2 Acondicionamiento de la señal entrante o Y

Para obtener las características vistas en los párrafos anteriores, es necesario que los circuitos de entrada puedan amplificar o atenuar las señales entrantes. Se amplifican cuando la señal es muy pequeña (hasta 10 mV) y se atenúan cuando son muy grandes, de tal forma que se puedan mostrar en la pantalla sin ninguna dificultad. Conviene aclarar en este momento que casi todos los osciloscopios poseen dos entradas o canales verticales, denominados Ch1 o

Canal 1 o A y Ch2 o Canal 2 o B. Ambos son idénticos y poseen los mismos controles. Entre ellos, el primero es el atenuador por pasos calibrados en volt/div (Volts por división que van desde 5; 10; 20; 50 mV/div; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 2; 5 Volt/div, siendo los pasos indicados los más comunes. En el mismo control y concéntrico también se dispone de un atenuador continuamente variable



para cualquier paso y posee una posición de Calibración (Cal) , en la cual valen los valores de los pasos estipulados.

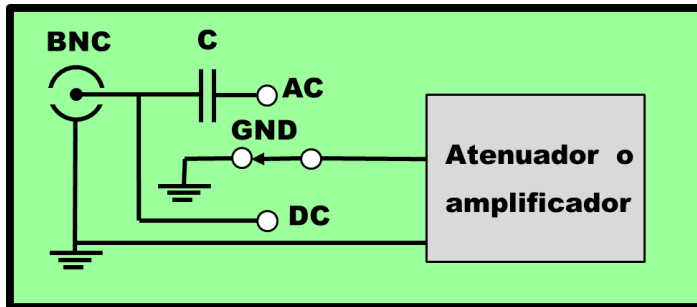
El atenuador continuamente variable, en algunos modelos de osciloscopios puede estar separado del atenuador por pasos.

Queda aclarado y se repite, que éstos controles tienen por misión adecuar la señal que ingresa al canal respectivo para su medida y observación en la pantalla, sin modificar en absoluto la forma que posea dicha señal. Son valores como los rangos de los voltímetros. Otro control que interesa a cada uno de los canales es el de posición (Position), que permite desplazar la traza en sentido vertical sobre la pantalla, para su mejor posicionamiento. También en prácticamente todos los osciloscopios se pueden tener otros dos controles tales como el de magnificación por 5 o 10 (mag x5 o magx10) e inversión de la señal. La magnificación permite que señales muy pequeñas puedan ser amplificadas (menos de 5 o 10 mV).

4.5.2.3 Entrada de las señales

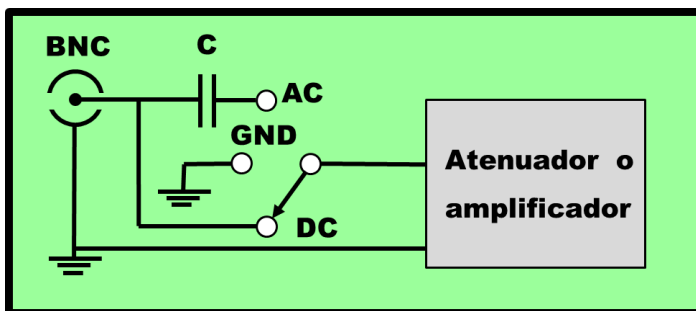
El ingreso de la señal o señales se realiza a través de dos conectores BNC (uno para cada canal) y se dispone además a la entrada, también para cada uno de ellos, una llave que tiene por misión adecuar la entrada del osciloscopio

en función de las características de la señal ingresante. Esta llave posee tres posiciones: corriente alternada (AC); tierra (GND) y corriente continua (CC). Mediante la figura se explicará la función de las posiciones descriptas.



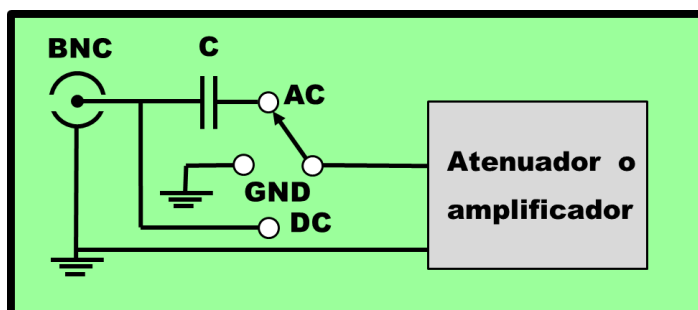
La posición GND, envía la entrada del amplificador a tierra o masa, desconectando la señal que ingresa. Esto hace posible

poder ubicar la traza, mediante el control de posición vertical en cualquier lugar de la pantalla para que sirva de referencia.



En la posición DC se conecta la entrada en forma directa al amplificador, permitiendo de esta manera medir potenciales tanto de corriente

continua como de alterna.



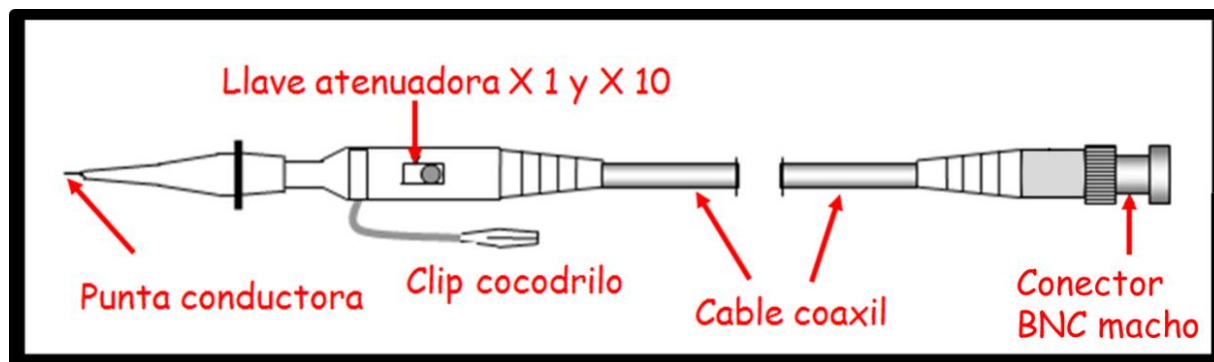
En la posición AC se intercala un condensador entre la señal que ingresa y el amplificador. Esta posibilidad permite bloquear

cualquier componente de corriente continua que tenga la señal de entrada, dejando pasar solamente la de corriente alterna.

En corriente alterna, el capacitor se carga y descarga cíclicamente aparentando que por el circuito circula una corriente alterna. Esta condición es muy útil cuando se trata de medir CA que está sumada a continua. Si la entrada del osciloscopio está en DC, se observará la señal alterna pero desplazada del cero, ajustado previamente en la posición GND. Si ahora la componente de continua que se suma a la de alterna es muy grande, tal que supere el valor de la escala elegida (volt/div), seguramente la traza no se verá ya que el potencial continuo es tan alto que superará los límites de la pantalla, tal como en un voltímetro analógico, cuando la tensión a medir es mayor que la escala seleccionada del mismo; pero si está en AC, sólo se observará como si fuese una señal exclusivamente de corriente alterna.

4.6 Puntas de prueba para las entradas

El ingreso de las señales al canal o canales de los osciloscopios se realiza mediante sondas especiales, denominadas puntas de prueba. Las mismas tienen la característica que independientemente de la frecuencia y forma de la señal a observar, no introducen deformación a las mismas. Poseen un conductor coaxil macho que las une a un conector BNC para poder ingresar al aparato: Este posee los mismos conectores BNC pero hembras. Estas puntas disponen de un pequeño gancho para acoplar al circuito y posteriormente poseen también un atenuador capacitivo compensado en frecuencia que reduce la señal por diez. Por otro lado, mediante un pequeño conmutador, se puede elegir sin atenuación, X1, o X10. Esto permite, en el caso de que se quieran medir tensiones muy grandes y no alcance el atenuador del osciloscopio, ingresar ya con la señal atenuada en diez veces. También poseen otro conductor (el de tierra o masa) con un clip tipo cocodrilo para poder conectar a la masa del circuito bajo prueba.



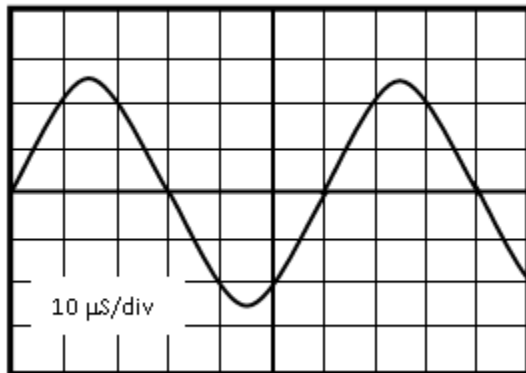
En la figura se ha dibujado una punta real. En ella se pueden notar las distintas partes que componen a una punta comercial. Todo el cuerpo de ella es de material aislante. A la izquierda se dispone de la punta conductora para conectar al circuito a analizar y que está inserta en una pieza aislante retráctil, de tal forma que se puede deslizar hacia atrás y dejar a la vista la punta con un pequeño ganchito (no dibujado) para lograr su fácil conexión. Posteriormente, se observa en el cuerpo una llave que posee dos posiciones: X1 y X10, o sea sin atenuación y con atenuación de 10 veces. Del mismo cuerpo sale un cable con el clip cocodrilo para obtener el común de la conexión de la punta. A continuación se dispone del cable coaxial que llega al conector BNC para conectar a la entrada vertical del osciloscopio. Este conector es metálico y posee un pequeño condensador variable (compensador de frecuencia) para ajustarlo a fin de obtener una buena respuesta tanto en alta como en baja frecuencia. Normalmente, el fabricante indica la forma óptima del ajuste.

4.7. El osciloscopio como frecuencímetro.

Por su versatilidad, el osciloscopio permite medir también frecuencias y además la diferencia de fase entre dos señales alternas. En el primer caso, no solamente existe una sola modalidad de la medición de frecuencia, sino que con otros métodos también se puede determinar. Para la primera forma de medir, su exactitud en la determinación se basa en la precisión de la base de tiempo del osciloscopio, ya que la misma genera la velocidad del barrido horizontal que como recordará el lector se mide en tiempo por división.

Conociendo este último parámetro y leyendo la cantidad de divisiones que ocupa un ciclo completo de la señal, se encuentra el período así: $f = 1/T$. Para este método se debe tener cuidado en colocar el control variable del barrido en calibración.

Mediante un ejemplo, quedará debidamente explicitada esta forma de medir.



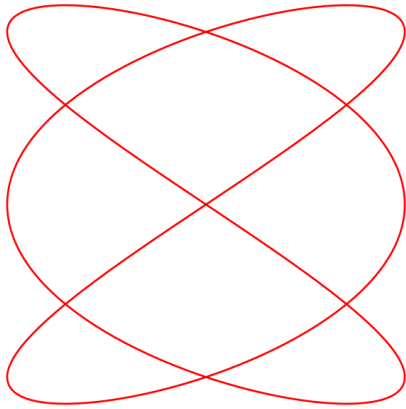
En la figura se puede apreciar la pantalla de un osciloscopio. Las divisiones horizontales son diez, y un ciclo de la señal ocupa 6 divisiones. Como el barrido es de $10 \mu\text{S}/\text{div}$, el período será de $60 \mu\text{S}$, por lo que la frecuencia: $1/60 \mu\text{S} = 166.666 \text{ Hz}$. Una condición importante es que se debe

sincronizar la señal con el flanco ascendente y hacerlo coincidir en el inicio del eje X, tal como se observa en la figura, para poder leer con la mayor precisión que sea posible. Está de más decir que para esta determinación se puede utilizar cualquiera de los dos canales verticales del osciloscopio y la forma de las ondas pueden ser de cualquier manera, pero siempre periódicas.

4.6.1 Método de Lissajous

El investigador Lissajous, encontró que relacionando geoméricamente dos señales armónicas se puede encontrar la frecuencia de una de ellas conociendo a la otra y además también se puede encontrar la relación de fases entre las mismas. **La precaución a tener en cuenta es que ambas ondas deben tener igual amplitud y frecuencia y ser armónicas.** Para ello, el osciloscopio se deberá ajustar para que trabaje en el modo X-Y, o sea que se eliminará el barrido del eje X, y por el mismo se introducirá una de las señales y por el eje Y, la otra. Esta posibilidad se realiza con uno de los controles ubicado en el generador de barrido. En estas condiciones, uno de los canales verticales, que es el Ch2 oficiará de eje X y el Ch1 será el eje Y. Cabe acotar

aquí que al disponer de los controles de atenuación para ambas entradas, el requisito de igual amplitud se puede conseguir con dichos controles aunque las señales entrantes no sean de igual amplitud. Lo que si es preciso respetar es que sean armónicas y que el generador de frecuencia conocida sea exacto.



En las figuras anteriores se observan dos de los numerosos lóbulos que se forman al medir dos frecuencias conociendo una de ellas. Según lo analizado por Jules Lissajous el producto entre las tangencias horizontales y la frecuencia horizontal es igual producto entre las tangencias verticales y la frecuencia vertical.

$$T_H \cdot f_H = T_V \cdot f_V$$

A modo de ejemplo y basándose en el lóbulo de la izquierda puede encontrarse el valor de la frecuencia desconocida conociendo una frecuencia patrón.

Si el generador patrón se lo conecta en el canal X y su frecuencia es de 1 KHz se llega a la siguiente conclusión:

$$T_H \cdot f_H = T_V \cdot f_V$$

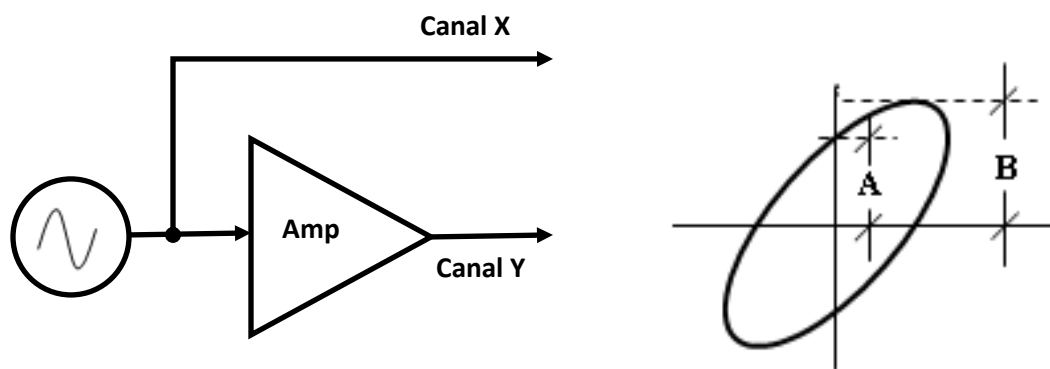
$$2 \cdot 1000 \text{ Hz} = 3 \cdot f_V \Rightarrow f_V = \frac{2 \cdot 1000 \text{ Hz}}{3} \Rightarrow f_V = 6.66 \text{ KHz}$$

Finalmente, existen muchas otras técnicas para medir frecuencias, pero en la

actualidad se impone el frecuencímetro digital. Estos aparatos en general se denominan contadores universales, ya que pueden medir frecuencias y además, para fenómenos de muy baja frecuencia o no repetitivos. También pueden determinar períodos (contadores) con resolución de milisegundos y más. El hecho de señalar las técnicas con el osciloscopio es para que el lector pueda aprovechar más al osciloscopio en las mediciones.

4.6.2 Medición del ángulo de fase

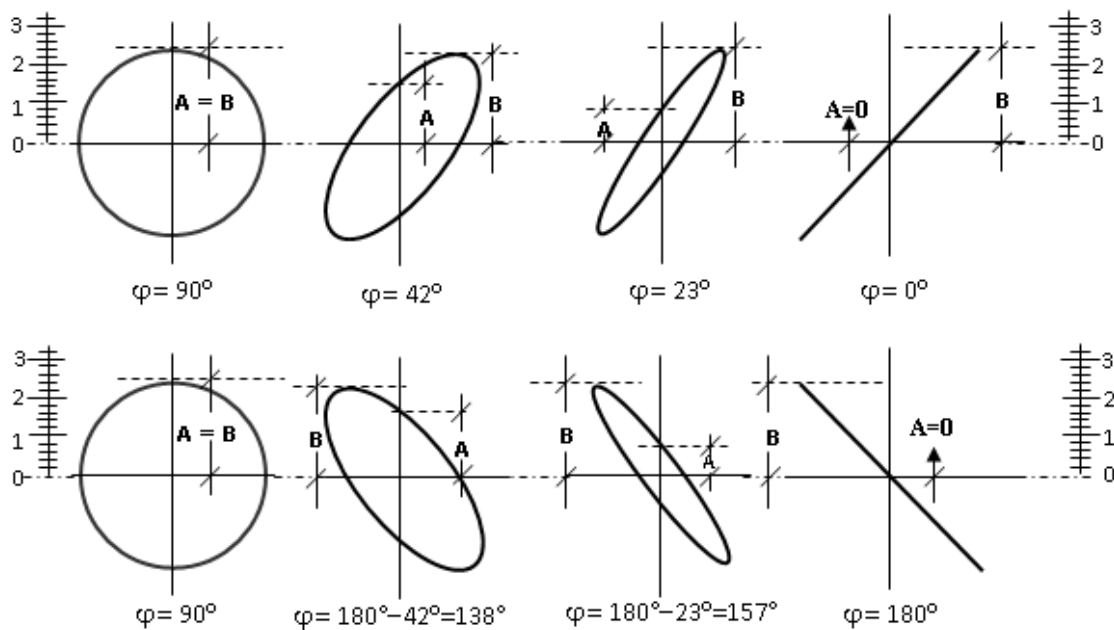
Para medir el ángulo de fase entre dos señales que tienen la misma frecuencia, como por ejemplo, entre la entrada de un amplificador y su salida. Se conecta la entrada del amplificador al canal X y la salida del mismo al canal Y (por supuesto, en la función X-Y del osciloscopio). Sin lugar a dudas, las dos señales serán de igual frecuencia y de distinta amplitud (la señal de entrada será menor que la de salida) puesto que provienen de una misma fuente (requisito fundamental para efectuar la medición de fase); en cuanto a su amplitud se trabaja con los controles de atenuación del osciloscopio para que ambas sean iguales. Se obtendrá una figura de Lissajous, cuya forma podrá ser una recta inclinada a cualquiera de los dos lados, o elipses o una circunferencia, de acuerdo a que estén o no desfasadas. Es en este momento, se explicará un algoritmo que permita, de acuerdo a la figura, encontrar el ángulo de fase.



Se puede observar en la figura que se produce una relación entre el valor de A, (intersección de la elipse con el eje Y) y el valor de B (altura máxima del lóbulo) medida desde el eje X. El algoritmo que se establece es el siguiente:

$$\varphi = \sin^{-1} \frac{A}{B}$$

Mediante esta expresión se puede determinar el ángulo de desfase entre las dos señales. Se debe recordar que es imprescindible que ambas funciones tengan la misma amplitud. En la próxima figurase dan algunos ejemplos de aplicación:



4.7 Resumen

El osciloscopio es un instrumento analógico que permite graficar, en una pantalla, las señales electrónicas variables y de esta forma medirlas. Ello es imposible con los instrumentos analógicos pero por técnicas de muestreo y memoria es posible en los digitales.

El elemento más importante que posee este instrumento es el tubo de rayos catódicos (TRC). Este tubo, es una ampolla de vidrio al vacío, la cual contiene: un cañón electrónico, placas desviadoras y una pantalla interna. En el cañón electrónico, en el cátodo, mediante emisión termoiónica, se genera un fino haz de electrones, los que son acelerados hacia la pantalla con la ayuda de un

electrodo denominado ánodo que posee un potencial muy alto respecto al cátodo. Los electrones impactan en la pantalla y entregan su energía cinética que se transforma en luminosa.

La cantidad de electrones se aumentan o disminuyen con el control de brillo. Por otro lado se consigue que todos impacten en el mismo punto de la pantalla mediante otro control que se denomina enfoque. Para ello se utiliza la denominada óptica electrónica.

Para lograr que en el tubo se produzca la composición de las señales, tiene adicionados dos pares de electrodos. Un par permite la desviación en sentido horizontal del haz (placas horizontales) y el otro par, en sentido vertical (placas verticales). A las placas horizontales se le aplica un potencial que varía como los dientes de una sierra (barrido). O sea el potencial crece linealmente en el sentido horizontal desde izquierda a derecha y luego rápidamente vuelve a la izquierda. Este es el eje X. Su velocidad se controla con la base de tiempo y se mide en Div/seg.. Ello permite observar y medir corrientes alternas desde pocos Hz hasta 20 MHz o más. En las placas verticales (canal vertical o eje Y) se introduce la señal desconocida y se compone con el barrido produciendo una imagen exacta de la tensión vertical. Ella, previamente se la amplifica, si es muy pequeña o se la atenúa si es muy grande mediante dos controles: uno calibrado en Volt/div. y otro continuamente variable que tiene la posibilidad de colocarse en calibración. Por otra parte, para desplazar la imagen en el sentido del eje X o Y posee un control de posición para cada eje.

Para que la imagen producida sea estable, se debe sincronizar el barrido con la señal de entrada. Para ello, el osciloscopio posee una serie de controles manuales que permite dicha sincronización.

Los osciloscopios actuales poseen dos canales verticales similares mismos controles para cada uno, obteniéndose de esta forma la producción de dos señales simultáneas en la pantalla. La condición para ello es que las mismas provengan del mismo generador. Así entonces se pueden ver, comparar y medir ambas tensiones. Por otro lado, una cualidad muy importante del osciloscopio es que ambos amplificadores (canales) sean idénticos y su calidad

se mide en función de la banda pasante. Esta última va desde corriente continua (cero Hz) hasta 100 o más MHz. Los de menor banda pasante, generalmente van desde C.C. hasta 20 MHz. El precio es proporcional a la frecuencia que permiten observar.

También cada canal vertical posee una llave que tiene tres posibilidades: C.C.; C.A. y cero. En la primera posición se pueden medir tensiones de C.C. ya sean fijas o variables; en la segunda, señales exclusivamente de C.A. y la última posición coloca la entrada del amplificador en cero Volt, lo que permite desplazar el eje X y posicionarlo en cualquier lugar de la pantalla. Si se lo coloca al centro previamente con la posición en cero, y luego con la entrada en C.C. y se introduce una tensión alterna, la misma se desplazará a ambos lados del cero. La pantalla tiene grabado en su interior ocho divisiones en sentido vertical y diez en sentido horizontal. Así se pueden medir tensiones pico a pico y conocer la frecuencia, ya que con las distintas velocidades de barrido en Div/tiempo se conoce el período.

Otra posibilidad de este aparato es que se puede acceder directamente a cada eje sin barrido mediante un control al efecto. Ello permite generar figuras de Lissajous y además medir frecuencia y desfases entre las mismas.

4.8 Preguntas de autoevaluación

- 10) ¿Cómo trabaja un osciloscopio? ¿Qué permite medir?
- 11) ¿Cuáles son los elementos fundamentales de un osciloscopio analógico?
Realice un diagrama en bloques.
- 12) ¿Cuáles son los componentes fundamentales de un tubo de rayos catódicos?
- 13) ¿De qué se encarga el cañón electrónico de un tubo de rayos catódico?
- 14) ¿Cuál es la función de la pantalla luminiscente en el tubo de rayos catódico?
- 15) ¿Cuál es la función de las placas deflectoras en el tubo de rayos catódico?

- 16) ¿Cuál es la función de la ampolla de vidrio en el tubo de rayos catódico?
- 17) ¿Cómo se producen los electrones en el cañón electrónico de un tubo de rayos catódicos?
- 18) ¿Qué función tiene el cátodo en el cañón electrónico de un tubo de rayos catódicos?
- 19) ¿Cómo se proporciona el calor necesario para la generación termoiónica en el cañón electrónico de un tubo de rayos catódicos?
- 20) ¿Qué función tiene el ánodo en el cañón electrónico de un tubo de rayos catódicos? ¿Qué forma tiene y por qué?
- 21) ¿Para qué se produzca el movimiento de electrones entre cátodo y ánodo qué condiciones se debe cumplir en un tubo de rayos catódicos?
- 22) ¿Qué función tiene la grilla de control de un tubo de rayos catódicos? ¿Qué forma tiene y por qué? ¿Qué potencial tiene respecto del cátodo?
- 23) ¿Qué función tiene el foco en un tubo de rayos catódicos? ¿Qué forma tiene y por qué? ¿Qué potencial tiene respecto del ánodo?
- 24) ¿Qué se forma usando el ánodo y el foco? ¿Para qué se utiliza?
- 25) ¿Qué función tiene el control de astigmatismo? ¿Cómo se tiene acceso a él?
- 26) ¿Qué es la óptica electrónica? ¿Para qué se utiliza?
- 27) ¿Por qué está limitada la velocidad que pueden adquirir los electrones en un tubo de rayos catódico? ¿Qué relación de compromiso existe?
- 28) ¿Qué son placas deflectoras en un tubo de rayos catódico? ¿Cuántas existen? ¿Para qué se utilizan?
- 29) ¿En qué ubicación se colocan las placas deflectoras en un tubo de rayos catódico?
- 30) ¿Cómo realizan las placas deflectoras para producir una imagen de la señal en la pantalla?

- 31) ¿Qué es la sensibilidad de deflexión en un tubo de rayos catódicos?
¿De qué depende?
- 32) ¿Qué es la pos-aceleración o pos deflexión en un tubo de rayos catódico?
¿Cómo se consigue? ¿Por qué se realiza?
- 33) ¿Qué es el generador de barrido o base de tiempo en un osciloscopio analógico?
- 34) ¿Con que se produce el barrido en un osciloscopio analógico? ¿Que se utiliza?
- 35) ¿Por qué se tiene que sincronizar la señal de barrido del osciloscopio?
¿Qué sucede si no hay sincronización?
- 36) ¿Cómo se realiza la sincronización del barrido horizontal en el osciloscopio? ¿Qué controles posee?
- 37) ¿Qué controles tiene el bloque correspondiente al control de barrido?
- 38) ¿Qué es la base de tiempo del control de barrido? ¿Que permite cambiar?
- 39) ¿Que indica el conmutador de control de base de tiempo? ¿Cómo se hace para medir un tiempo en la pantalla?
- 40) ¿Para qué tiene un control continuamente variable la base de tiempo?
¿Qué se debe hacer con él para poder hacer una medición de tiempo?
- 55) ¿Qué es el control X-Y del osciloscopio? ¿Qué realiza? ¿Para qué se utiliza?
- 56) ¿Qué es el control de posición horizontal de la traza del osciloscopio? ¿Qué realiza? ¿Para qué se utiliza?
- 57) ¿Qué es el control de magnificación del osciloscopio? ¿Qué realiza? ¿Para qué se utiliza? ¿Cómo viene indicado?
- 58) ¿Cuáles son los controles que manejan la fuente de sincronización de un osciloscopio? ¿Para qué se utilizan?
- 59) ¿Qué diferencia existe en utilizar una fuente de sincronización Interna (Int), Línea (Line) o Externa (Ext)?

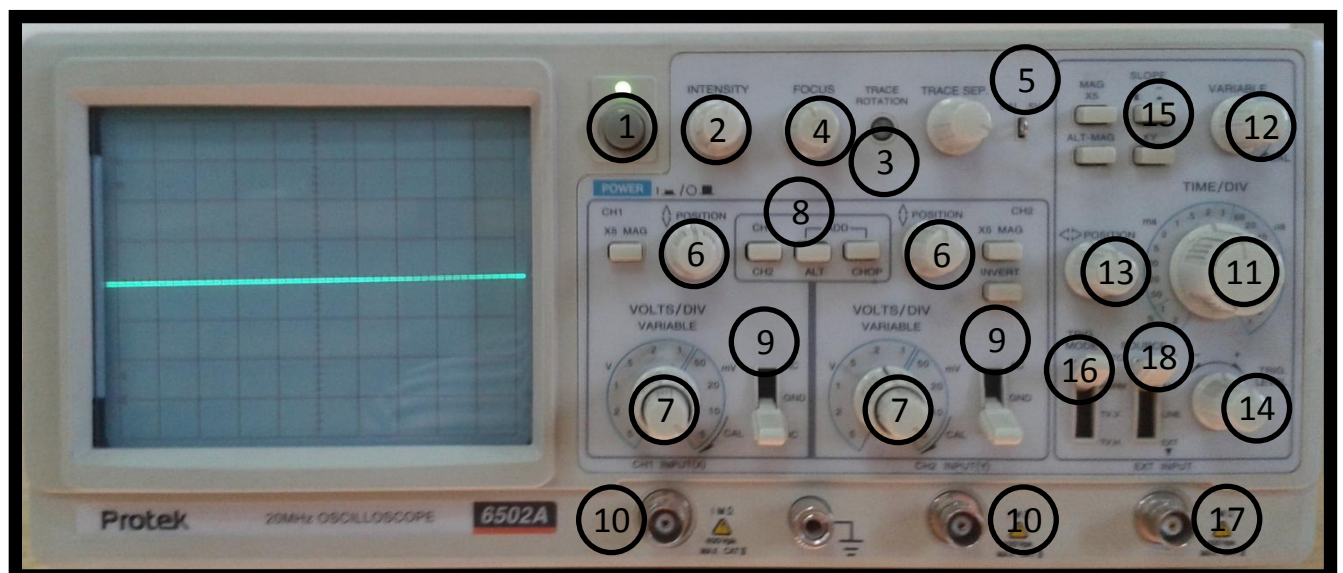
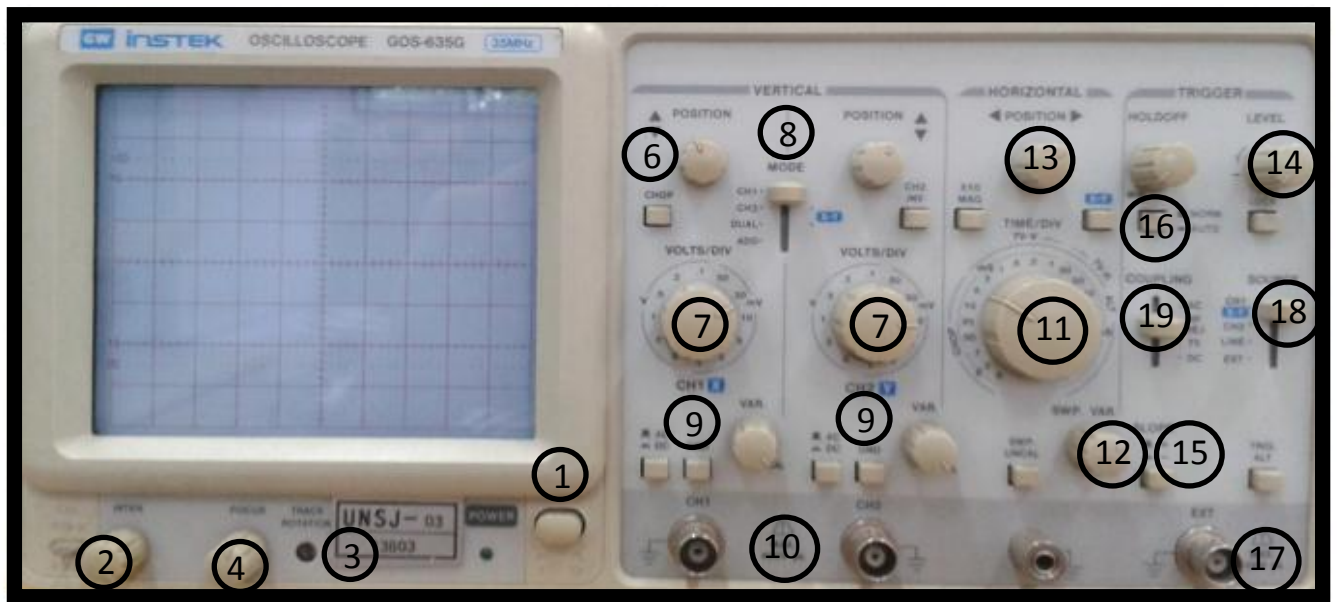
- 60) ¿Qué diferencia existe en utilizar un Modo (Mode) de sincronización Automático (Auto) y uno Normal (Norm)?
- 61) ¿Cómo se utiliza el nivel (level) de sincronización?
- 62) ¿De qué se encarga el canal vertical del osciloscopio? ¿Qué define mayoritariamente el precio de un osciloscopio?
- 63) ¿Qué es el ancho de banda de un osciloscopio? ¿Cómo se determina?
- 64) ¿Qué es el control atenuador por pasos calibrados? ¿Para qué sirve? ¿Cómo está indicado?
- 65) ¿Qué es el atenuador continuamente variable del canal de entrada? ¿Que indica cuando está en la posición de calibración (Cal)? ¿Qué sucede cuando no está en esta posición?
- 66) ¿Cómo se realiza una medición de tensión en el osciloscopio? ¿Que lo que hay que hacer?
- 67) ¿Para qué está el control de posición en el eje y (Position)? ¿Qué permite y para qué se usa?
- 68) ¿Qué permite los controles de magnificación en el eje Y? ¿Cómo se indican?
- 69) ¿Qué permite el control de inversión en el eje Y? ¿Para qué sirve?
- 70) ¿Cuáles son los tipos de acoplamiento que tiene un osciloscopio en los canales de entrada? ¿Para qué se utilizan?
- 71) ¿Qué sucede cuando se utiliza el acoplamiento del canal de entrada en la posición AC cuando se está midiendo una señal que es la suma de una corriente continua más una corriente alterna? ¿Qué en las posiciones DC y GND? De un ejemplo con una gráfica.
- 72) ¿Qué son las puntas de prueba de un osciloscopio? ¿Para qué se utilizan? ¿Qué características deben tener?
- 73) ¿Qué indica la llave selectora X1 y X10 en las puntas de prueba de un osciloscopio? ¿Para qué se utilizan?

4.8.1 Ejercicios propuestos

- 1) Se coloca el atenuador de uno de los canales verticales en 10 mV/div e ingresa al mismo una señal alterna que ocupa 8 divisiones enteras. Calcule el valor eficaz de dicha señal.
- 2) Con el selector de la base de tiempo en 1 mS/div (un milisegundo), una Señal rectangular ocupa 3 ciclos enteros para las 10 divisiones horizontales. Calcule el período y la frecuencia de la señal.
- 3) Si el selector de entrada de uno de los canales está en AC y se ingresa una señal senoidal de 45 Hz; ¿Sufrirá deformación la misma?
- 4) Si el selector de entrada ahora está en DC y se ingresa una tensión de cc de 8 V; ¿En qué posición deberá colocarse el atenuador vertical para observar la señal en las 8 divisiones?
- 5) Supóngase que se observa en la pantalla una señal alterna que ocupa 5 divisiones enteras y su tensión es de 2 Volt pico a pico. ¿En qué posición deberá estar el atenuador vertical para observarla en esas condiciones?

4.9 Los osciloscopios que se tienen en nuestro laboratorio

Se detallarán en cada uno de ellos que hace cada perilla que hay en el frente del osciloscopio a que son accesibles a quienes trabajan con este dispositivo electrónico.



- ① **POWER** : Es el control de encendido del instrumento. Generalmente está acompañado de un piloto que indica en qué posición está.
- ② **INTENSITY** : Sirve para ajustar la intensidad del trazo en la pantalla de manera que se vea visible. Si la intensidad se hace muy fuerte se pierde precisión y si es muy débil no puede apreciarse bien la señal.
- ③ **TRACE ROTATION** : Este control en forma de tornillo permite alinear el trazo con la cuadrícula y por lo general viene calibrado de fábrica. Si al cabo de un tiempo el trazo no coincide con las líneas horizontales con un destornillador se mueve hasta lograr el alineamiento.
- ④ **FOCUS** : Este control permite el enfoque de la línea o trazo y se ajusta de manera tal que la imagen sea clara y bien definida.
- ⑤ **PROBE ADJUST CAL** : Al conectar una punta de prueba en este terminal aparece en la pantalla una señal en forma de onda cuadrada muy precisa la cual se utiliza para hacer una prueba rápida del instrumento y para calibrar los diferentes controles del mismo.
- ⑥ **POSITION** : Con este control se puede variar la posición vertical de las señales presentes en cada uno de los canales. Esto es muy usado para facilitar las mediciones alineando la señal con la retícula.
- ⑦ **CH1 VOLTS/DIV CH2 VOLTS/DIV** : Estos son dos de los principales controles de un osciloscopio y son los que establecen la ganancia de los amplificadores verticales de forma tal que la

señal se pueda acomodar en la pantalla para permitir la medición en forma adecuada. Cada uno de estos controles tiene dos perillas concéntricas, la más grande selecciona una determinada escala en VOLTS/DIV y la más pequeña se puede utilizar para variar la ganancia en forma continua pero teniendo en cuenta que para efectuar la medida esta `perilla debe estar rotada a la posición CAL.

⑧ **VERTICAL MODE** : Por medio de este control se establece el modo en que se va a mostrar las señales de cada canal en la pantalla. Las opciones más comunes son CH1 , CH2 , DUAL y ADD . Si se selecciona CH1 o CH2 solo aparece una señal a la vez que corresponde al canal seleccionado. En la función DUAL se muestran las dos señales al mismo tiempo. Si se escoge la señal ADD se suman la señal de ambos canales.

⑨ **AC GND DC** : Con este selector se establece que tipo de señal se está midiendo. Si es corriente alterna AC si es corriente continua DC. Si se lleva a la posición GND la entrada del osciloscopio se conecta a tierra y aparece una línea horizontal en la pantalla que indica que no hay ninguna señal entrando al osciloscopio. Se utiliza para ajustar la posición de los trazos de cada canal por medio del control POSITION en la posición adecuada ya sea en el

centro de la pantalla, hacia arriba o hacia abajo según convenga.

⑩ **CH1 y CH2 X o Y** : Estos conectores son del tipo BNC hembra , en ellos se conectan las puntas de prueba que llevan la señal desde el circuito hasta la entrada de cada canal.

⑪ **TIME DIV** : Generalmente es la perilla más grande que se encuentra en el frente del osciloscopio. Por medio de ella se ajusta el tiempo de barrido o la base de tiempo del instrumento y su posición depende de la frecuencia de la señal que se está midiendo de manera tal que se puedan observar varios ciclos en la pantalla

⑫ **VAR** : Esta perilla permite ajustar la base de tiempos a niveles variables para observar mejor la señal. Si se desea hacer una medición de tiempo debe estar en la posición calibración. En varios modelos esta perilla está en forma concéntrica con la perilla de TIME DIV.

⑬ **POSITION** : Este control maneja la posición horizontal de los trazos para ubicar bien la señal en la pantalla. Generalmente esta perilla también tiene un interruptor que se tira hacia afuera y multiplica el tiempo de barrido por 10.

⑭ **TRIGGER LEVEL** : Este control maneja el sincronismo entre la señal vertical y horizontal de tal manera que la figura en la pantalla se muestre en forma estable al hacer

coincidir la rampa o señal de barrido con la señal de entrada siempre en el mismo punto.

- 15 **SLOPE** : Con este interruptor se puede cambiar la pendiente de la rampa a un modo positivo o a un modo negativo. Así se puede invertir la fase de la señal lo que es conveniente en algunos casos.
- 16 **MODE** : Por medio de este control se seleccionan diferentes formas de sincronizar el barrido siendo la más utilizada AUTO. En este modo hay siempre barrido haya o no señal presente en la entrada vertical. En cambio en el modo NORMAL debe existir una señal a la entrada del canal vertical.
- 17 **EXT TRIG IN**: Este conector de entrada permite llevar al osciloscopio una señal externa de sincronismo y se utiliza para manejar señales poco claras o para sincronizar señales con reloj de un determinado circuito.
- 18 **SOURCE**: Este interruptor selecciona cuál señal se utiliza para el disparo, tiene varias funciones : EXT para utilizar el interruptor indicado en el punto anterior. LINE para utilizar la señal de alimentación (50 Hz) como señal de sincronismo. Es útil cuando se está analizando "ruido" producido por la alimentación de corriente alterna del circuito. CH1 y CH2 para utilizar las señales de entrada de los canales verticales y son las posiciones normalmente utilizadas.

19

COUPLING : También se refiere al barrido y escoge algunos modos según la señal de entrada, es útil cuando se observan señales compuestas.

4.10 Osciloscopios digitales

4.10.1 Introducción al osciloscopio digital

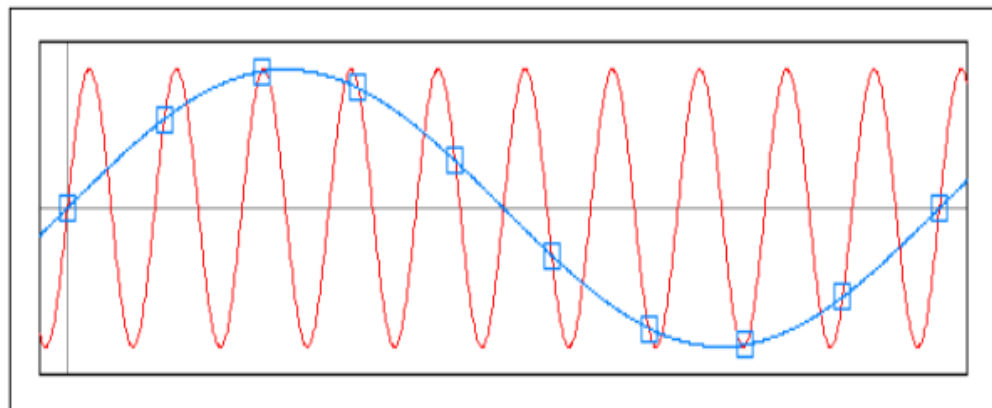
EL POR QUE DE LOS OSCILOSCOPIOS DE "MEMORIA DIGITAL": Los osciloscopios digitales son el resultado de la evolución de los osciloscopios de memoria analógicos o de persistencia variable. El avance de la tecnología podría mejorar algunas de las características de los osciloscopios de memoria analógica, pero debido a su arquitectura no podían ofrecer las características que estaba pidiendo el público; como la posibilidad de captar datos y transferirlos a un ordenador o la posibilidad de almacenar formas de onda indefinidamente. Estas propiedades las cumplen perfectamente los osciloscopios de memoria digital.

El manejo básico del osciloscopio digital no difiere demasiado del ya expuesto para el analógico si bien su funcionamiento interno es radicalmente diferente. En este tipo de aparatos podemos encontrar una gran variabilidad de prestaciones entre distintos modelos y marcas en particular.

Conversor A/D: Antes de referirnos al osciloscopio en particular parece conveniente dar una somera idea sobre el corazón de cualquier instrumento digital, el Conversor. Como su nombre lo indica el conversor A/D es un dispositivo que convierte una señal continua de voltaje en una señal discreta y cuantizada digital. Este proceso se realiza en tres pasos básicos:

- Muestreo: Las señales digitales son discretas en el tiempo mientras que las analógicas son continuas, por lo tanto es necesario para la conversión A/D muestrear la señal original. Esto significa que el conversor no está "mirando" continuamente la

información que le llega sino que toma nota de los valores a intervalos regulares de tiempo. Se puede demostrar rigurosamente que, si la frecuencia de muestreo es mayor al doble del ancho de banda (BW) de la señal original el proceso de muestreo es reversible y, por lo tanto, se puede recuperar la señal original sin pérdida a partir de la señal muestreada. Esta condición se llama Criterio de Nyquist y su demostración formal constituye el Teorema de Nyquist-Shannon. Una forma más intuitiva de ver esto es analizando el fenómeno de Aliasing.



Supongamos una señal sinusoidal de frecuencia f como la de la imagen. Si la muestreamos a una frecuencia $s < 2f$ no la distinguiríamos de una señal de frecuencia $f' = s - f$.

Esto se puede observar en cualquier fenómeno periódico. Por ejemplo, el sol tiene un movimiento aparente en el cielo de este a oeste con una amanecer cada 24hs (supongamos en el Ecuador). Si se muestreara la posición del sol cada 23hs observaríamos un movimiento de oeste a este con un amanecer cada $23 \cdot 24 = 552$ hs. Es también la causa de que las ruedas en movimiento se vean girando al revés. Como último y más representativo ejemplo tenemos el audio digital. El ser humano es capaz de oír frecuencias sonoras en el intervalo 20Hz-20kHz lo que representa un ancho de banda de 20kHz aproximadamente. Por esta razón el

muestreo de audio digital es de 44100Hz (el 44kbps que aparece en el WinAmp). Los 4100Hz extras se deben al margen de error a la hora de recuperar la señal.

- **Cuantificación:** Una vez tomadas las muestras se analiza su amplitud. Como se mencionó anteriormente una señal digital es cuantizada lo que significa que, a diferencia de la señal analógica no puede tomar cualquier valor en amplitud. El proceso de conversión se podría representar sobre la gráfica de la señal en un plano tiempo-amplitud. El muestreo consistiría entonces en dividir el eje de tiempo en intervalos regulares y tomar de la señal solo los puntos que coinciden con el extremo de los segmentos. De la misma manera podemos dividir el eje de amplitud en intervalos, tomar los puntos anteriores y evaluar su amplitud. Ahora, a los puntos cuyas amplitudes caigan en el interior de un segmento les asignamos valor del extremo más cercano. De esta manera la señal queda cuantizada ya que las muestras tendrán valores de amplitud pertenecientes a un conjunto predeterminado. Es claro que con este proceso se pierde parte de la información y que la cantidad de información perdida será inversamente proporcional a la cantidad de segmentos en los que dividamos el eje de amplitudes. La cantidad de divisiones está dada por la Resolución del conversor. Esta magnitud se mide en bits si se codifica en código binario.

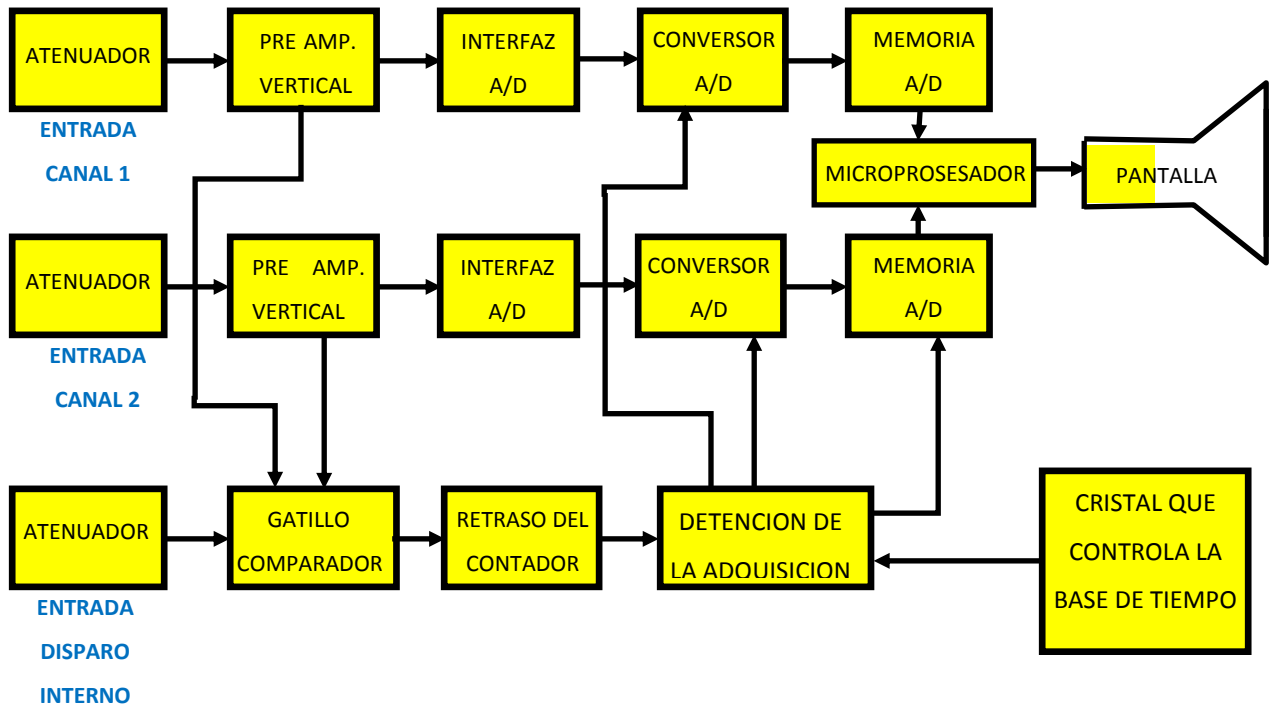
- **Codificación:** Consiste en el pasaje de los datos cuantizados al que se utilice para transmitirlos y almacenarlos. En la mayoría de los casos se utiliza el código binario donde la información se almacena en bits. Un bit es la unidad elemental de información digital y consiste en un 0 o 1 binario, de esta manera la cantidad de bits que procese el conversor informa sobre la cantidad de dígitos binarios que este maneja. Por ejemplo, un conversor de 1 bit sería aquel que sólo clasifica amplitudes en dos (21)

categorías: (Apagado, No, Falso) y 1 (Encendido, Si, Verdadero), un conversor de 2 bits tendría cuatro (2²) categorías, etc. Así, un conversor de n bits tendría 2ⁿ divisiones en la escala de amplitud. Como ejemplo el audio digital tiene una resolución de 16 bits por lo que su escala de amplitudes admite 65536 valores posibles y la TV digital procesa en 8 bits por lo que distingue entre 256 colores.

4.10.2 Estructura de un osciloscopio de memoria digital.

Los osciloscopios digitales tienen partes comunes con los osciloscopios analógicos, pero su forma de trabajo se basa en una filosofía diferente. El esquema simplificado, por bloques, de un Osciloscopio digital es el representado en la **Figura 3**. Podemos observar que la estructura cambia, pues, en lugar del amplificador vertical que ataca las placas, un osciloscopio digital toma muestras discretas de la señal y luego la reconstruye sobre la pantalla. Este no es un nuevo concepto en Osciloscopios, pues ya lo utilizaban los osciloscopios de muestreo para altas frecuencias, pero la deflexión seguía siendo analógica.

¿Por qué han tardado tanto en aparecer los osciloscopios digitales para uso corriente? Hasta hace relativamente poco, no habían aparecido conversores A/D suficientemente rápidos y suficientemente precisos para construir osciloscopios de uso general. Además los osciloscopios digitales necesitan memoria de escritura rápida para almacenar los datos tan rápido como se muestrean. De nuevo hasta hace poco no han aparecido tales memorias.



4.10.3 Algunos conceptos sobre digitalización

Cuando se hace la captura de una señal hay que tener en cuenta los siguientes elementos: - frecuencia - fase - fidelidad (forma y amplitud).

El teorema de Niquist dice que para reconstruir la forma de una señal senoidal se necesita como mínimo, tomar dos muestras por período. Pero la reconstrucción de la señal es muy deficiente a menos que se haga una interpolación óptima. En general se utilizan como mínimo cuatro muestras por período para poder reconstruir de forma aceptable, una señal senoidal. Como la tecnología limita la velocidad de muestreo, para tener más muestras por período es necesario disminuir el ancho de banda. Veamos un ejemplo: Supongamos un osciloscopio analógico de 100 MHz. Si introducimos una onda cuadrada de 100 MHz nos la daría casi senoidal, pues el tercer armónico quedaría atenuado más de 3 dB, y los restante muchísimo más. ¿Qué veríamos en un osciloscopio digital que a 100 MHz tomara 4 muestras por ciclo? La senoidal la podríamos reconstruir medianamente, y el sistema de entrada también nos la atenuarían los 3 dB. Si se trata de una onda cuadrada el sistema de entrada nos dejaría pasar también solo el primer armónico, quedando reducido, como en el analógico, a una senoide y con las 4 muestras

podríamos reconstruirla medianamente. Hay dos formas de muestrear una señal, según se trate de ondas repetitivas (periódicas) o se trate de señales que sólo suceden una vez (transitorias). Cuando se trata de señales que no son repetitivas se dice que la adquisición es en " tiempo real ", el muestreo se hace de una sola vez y por tanto se ha de hacer a la máxima velocidad posible. Tiene mucha importancia el que la velocidad de adquisición sea al menos 4 veces mayor que la frecuencia de la onda.

En el sistema digital cada canal tiene un recorrido distinto, como puede verse en la figura 3. Por tanto la adquisición se hace simultáneamente en ambos canales. El atenuador y el preamplificador, por el contrario, son comunes a los osciloscopios analógicos y digitales y realizan las mismas funciones. Lo que cambia es el bloque siguiente, que es el conversor A/D. En lugar de amplificar la señal y usarla para producir la deflexión de las placas verticales, el osciloscopio digital cambia la señal de entrada en una palabra digital mediante el conversor A/D. Hay varias maneras de hacer una conversión A/D. Los osciloscopios utilizan el sistema de sucesivas aproximaciones o el sistema Flash converter, que es una conversión en paralelo. El primero es más sencillo pues solo requiere un comparador de voltaje.

- **LA MEMORIA** La memoria tiene que ser capaz de almacenar a la misma velocidad que se hace la conversión para la mayoría de las arquitecturas. Esto significa que para una velocidad de muestreo de 200 Mega muestras por segundo la memoria tiene que tener un ciclo de escritura de 5 ns. La forma de onda se puede leer luego desde el conversor A/D a menor velocidad, con lo que se pueden utilizar conversores más lentos y más precisos. Una vez la forma de onda almacenada en memoria de semiconductores, la imagen se puede conservar indefinidamente sin deterioro.
- **EL PROCESADOR** Los osciloscopios digitales incorporan un microprocesador. La potencia del μP afecta profundamente las

posibilidades del Osciloscopio. Una vez obtenidos los datos en forma digital es fácil procesarlos para realizar distintas funciones, tales como mediciones de frecuencia, período, tiempos de subida y bajada, etc. o bien sacar los datos a una impresora o ploter.

- **TUBO RAYOS CATÓDICOS** La última diferencia entre un osciloscopio digital y otro analógico es el CRT. En el Osciloscopio digital los datos son almacenados a la velocidad de muestreo, pero para sacarlos en la pantalla se hace a una velocidad menor. Por tanto se puede utilizar un tubo de más bajo costo, menor fiabilidad y más larga vida que uno de más alta frecuencia. Otra prestación más, es la facilidad de implementar color.

4.10.4 Ventajas y desventajas del osciloscopio digital

Ventajas:

- Los datos se captan simultáneamente por los dos canales; no es necesario el modo chopeado o alternado del analógico.
- La imagen se puede guardar indefinidamente sin degradación.
- Debido a la arquitectura con microprocesador se pueden hacer medidas automáticamente.
- Se puede pasar el contenido a una impresora o ploter.
- Conectado a un Ordenador se pueden automatizar las medidas.
- Las formas de ondas se pueden almacenar para posteriores comparaciones.

Desventajas:

- Mayor costo, mayor mantenimiento.
- Menor velocidad.
- Menor sensación de realidad.
- Menor resolución. En el analógico tienes todos los puntos.

Osciloscopio diferencias: Los mandos básicos del osciloscopio digital son los mismos que en el analógico si bien existe una diferencia en lo que a la base de tiempos se refiere Mientras que la base tiempos del aparato analógico controla el barrido horizontal del haz de electrones con tensiones linealmente variables en el tiempo, en un osciloscopio digital los mismos controles actúan sobre el muestreo de conversor. De esta manera ampliar o reducir la escala horizontal significa en este caso aumentar o disminuir la frecuencia de muestreo en otras palabras, el osciloscopio siempre muestra la misma cantidad de puntos en pantalla por lo que variar el intervalo temporal entre muestras se traducirá en ver una porción mayor o menor de la señal. Como ventajas evidentes sobre su par analógico el osciloscopio digital presenta la función de Pretrigger que brinda la posibilidad de visualizar las partes de la señal anteriores a la condición de trigger. Esto es posible ya que el aparato está continuamente leyendo la entrada y grabando esos datos en un registro circular de manera que al elegir un nivel de trigger lo único que se hace seleccionar para la visualización una sección determinada de los datos almacenados en la memoria. Como todo tiene su precio existe una falencia en el método de muestreo digital. Como ya se mencionó, al cambiar la escala de tiempo se está modificando la frecuencia de muestreo por lo tanto, si se quiere observar una sección muy amplia de la señal, se corre el peligro de no satisfacer el criterio de Nysquist por causa del Aliasing terminar observando una señal falsa.

4.10.5 Conceptos básicos para usar el osciloscopio de una manera eficaz.

El osciloscopio digital que tenemos en el laboratorio es es que se presenta en la siguiente figura:

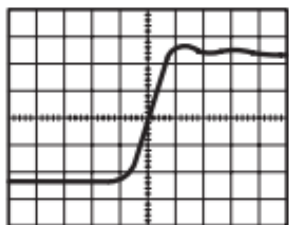


Antes de utilizarlo es conveniente comprender los siguientes conceptos básicos.

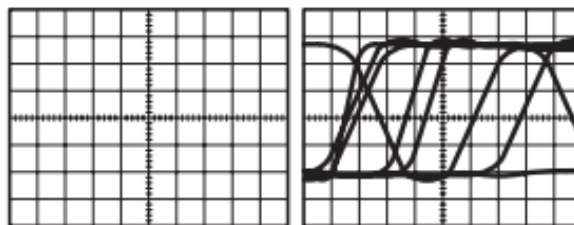
- Disparo
- Adquisición de datos
- Escala y posición de las formas de onda
- Medición de formas de ondas
- Configuración del osciloscopio

4.10.5.1 Disparo

El disparo determina el momento en el que el osciloscopio empieza a adquirir datos y muestra una forma de onda. Cuando el disparo se configura adecuadamente, puede convertir representaciones inestables o pantallas vacías en formas de onda con significado.



Forma de onda disparada



Formas de onda sin disparar

En el momento en que un osciloscopio empieza a adquirir una forma de onda, recoge los suficientes datos como para dibujar la forma de onda a la izquierda del punto de disparo. El osciloscopio sigue adquiriendo datos mientras espera a que se produzca la condición de disparo. Una vez que detecta un disparo, el osciloscopio sigue adquiriendo los suficientes datos como para dibujar la forma de onda a la derecha del punto de disparo.

Fuente

Puede hacer que el disparo proceda de diferentes fuentes: Canales de entrada, red eléctrica y externa.

Entrada

La fuente más habitual de disparo suele ser uno de los canales de entrada. El canal que seleccione como fuente de disparo funcionará tanto si se muestra como si no.

Red eléctrica

Puede utilizar esta fuente de disparo cuando desee ver las señales relacionadas con la frecuencia de la línea de alimentación, como en los dispositivos de equipos de iluminación y de alimentación eléctrica. El osciloscopio genera el disparo, de forma que no tenga que introducir una señal de disparo.

Externa

Puede utilizar esta fuente de disparo cuando desee adquirir datos en dos canales y disparar desde un tercero. Por ejemplo, quizás desee disparar desde un reloj externo o mediante una señal procedente de otra parte del circuito de prueba.

El osciloscopio proporciona tipo de disparo Por Flanco : Puede utilizar el disparo por flanco con circuitos de prueba analógicos y digitales. Un disparo por flanco se produce cuando la entrada del disparo pasa por un nivel de voltaje especificado en la dirección indicada.

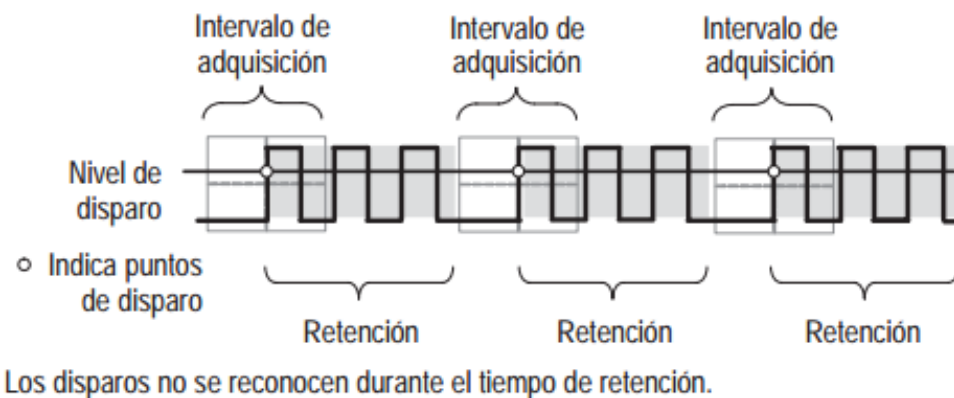
Modos

El modo de disparo determina cómo se comporta el osciloscopio en ausencia de un evento de disparo. El osciloscopio proporciona tres modos de disparo. Auto, Normal, y Único.

- Auto. Este modo de disparo permite que el osciloscopio adquiera una forma de onda incluso si no detecta una condición de disparo. Si no se produce una condición de disparo mientras el osciloscopio espera durante un intervalo concreto (determinado por el ajuste de base de tiempo), forzará él solo un disparo. Consulte Base de tiempo en la página 16 para obtener más información acerca de las bases de tiempo. Al forzar disparos no válidos, el osciloscopio no puede sincronizar la forma de onda, y ésta parece desplazarse por la pantalla. Si se produce un disparo válido, la representación se estabiliza en la pantalla. Puede utilizar el modo Auto para vigilar un nivel de amplitud, como la salida de suministro de corriente, que puede hacer que la forma de onda se desplace por la pantalla.
- Normal. El modo normal permite que el osciloscopio adquiera una forma de onda sólo si ésta es disparada. Si no se produce un disparo, el osciloscopio no adquirirá la nueva forma de onda, y la forma de onda anterior, si la hubiera, permanecerá en la pantalla.
- Único. El modo Único permite que osciloscopio adquiera una forma de onda cada vez que pulsa el botón RUN y se detecta la condición de disparo. Los datos que adquiere el osciloscopio dependen del modo de adquisición. Consulte Modos de adquisición en la página 15 para obtener más información acerca de los tipos de datos que se adquieren con cada tipo de adquisición.

Retención

Los disparos no se reconocen durante el tiempo de retención (el período que sigue a cada adquisición). Con algunas señales, necesitará ajustar el período de retención para obtener una representación estable. La señal de disparo puede ser una forma de onda compleja con varios posibles puntos de disparo, como en un tren de pulsos digitales. Aunque la forma de onda sea repetitiva, un disparo único puede provocar una serie de patrones en la pantalla, en lugar de el mismo patrón cada vez.



Podría, por ejemplo, usar el período de retención para evitar el disparo en cualquier otro pulso que no sea el primero de un tren de pulsos. De esta forma, el osciloscopio siempre mostraría el primer pulso. Para acceder al control Retención, pulse el botón Menú HORIZONTAL, seleccione retención y use el mando HOLDOFF para cambiar la cantidad de tiempo del período de retención.

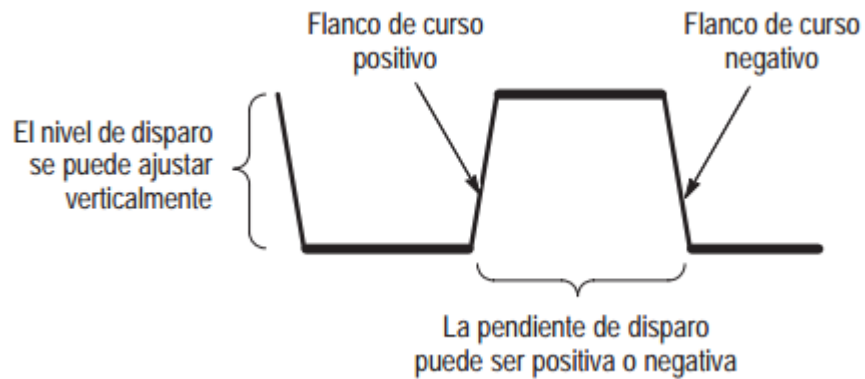
Acoplamiento

El acoplamiento de disparo determina qué parte de la señal pasa al circuito de disparo. Los tipos de acoplamiento incluyen CC, CA, rechazo de ruido y rechazo de baja frecuencia.

- CC. El acoplamiento CC pasa tanto los componentes de CA como de CC.
- CA. El acoplamiento CA bloquea los componentes CC.

- Rechazo de ruido. El acoplamiento de rechazo de ruido reduce la sensibilidad de disparo y precisa de más amplitud de señal para un disparo estable. Esto reduce las posibilidades de disparar en falso en ruidos.
- Rechazo de alta frecuencia. El acoplamiento F.Rechazo AF bloquea la parte de alta frecuencia y sólo deja pasar los componentes de baja frecuencia.
- Rechazo de baja frecuencia. El acoplamiento F.Rechazo BF funciona al revés del rechazo de alta frecuencia.
- Posición. El control de posición horizontal establece el tiempo entre el disparo y el centro de la pantalla. Consulte Escala horizontal y posición; información de predisparo en la página 17 para obtener más información acerca de cómo usar este control para posicionar el disparo.
- Pendiente y Nivel. Los controles Pendiente y Nivel le ayudan a definir el disparo.

El control Pendiente determina si el osciloscopio debe buscar el punto de disparo en el flanco ascendente o descendente de una señal. Para acceder al control de pendiente de disparo, pulse el botón Menú de DISPARO, seleccione Flanco y utilice el botón Pendiente para seleccionar Ascendente o Descendente El control Nivel determina en qué parte del flanco se produce el punto de disparo. Para acceder al control de nivel de disparo, pulse el botón Menú HORIZONTAL, seleccione Nivel y utilice el mando NIVEL para modificar el valor.



4.10.5.2 *Adquisición de datos*

Cuando se adquieren datos analógicos, el osciloscopio los convierte a formato digital. Puede adquirir datos mediante tres modos de adquisición diferentes. La configuración de base de tiempo afecta a la rapidez con que se adquieren los datos.

- Modos de adquisición Hay tres modos de adquisición: Muestreo, Detección de picos y Promedio.
 - Muestreo. Con este modo de adquisición, el osciloscopio muestrea la señal a intervalos regulares, a fin de construir la forma de onda. Este modo representa las señales analógicas con precisión la mayor parte de las veces. No obstante, este modo no adquiere variaciones rápidas de la señal analógica que se pueda producir entre muestreos. Este puede provocar efecto alias (descrito en la página 18) y hacer que se pierdan los pulsos más estrechos. En este caso, debe usar el modo de detección de picos para adquirir los datos.
 - Detección de picos. Con este modo de adquisición, el osciloscopio busca los valores superior e inferior de la señal de entrada en un intervalo de muestreo, y usa estos valores para representar la forma de onda. De esta manera, el osciloscopio puede adquirir y

representar pulsos estrechos, que se habrían perdido utilizando el modo Muestreo. En este modo el ruido parecerá ser mayor.

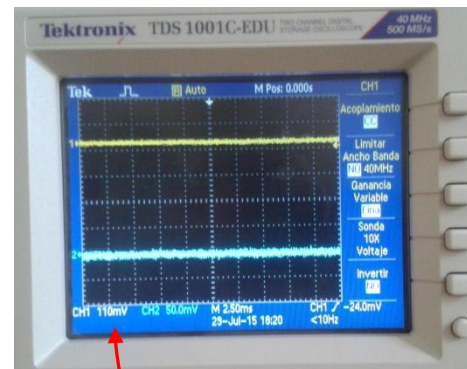
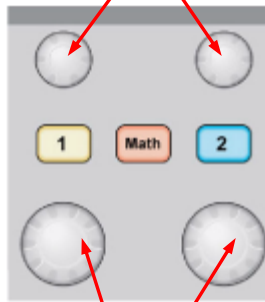
- Promedio. Con este modo de adquisición, el osciloscopio adquiere varias formas de onda, calcula el promedio y muestra la forma de onda resultante. Puede usar este modo para reducir el ruido aleatorio.
- Base de tiempo El osciloscopio digitaliza las formas de onda adquiriendo el valor de una señal de entrada en puntos discretos. La base de tiempo permite controlar con qué frecuencia se digitalizan los valores. Para ajustar la base de tiempo a una escala horizontal que se ajuste a sus fines, utilice el mando SEC/DIV.

4.10.5.3 Escala y posición de las formas de onda

Se puede cambiar la visualización de las formas de onda ajustando su escala y posición. Al cambiar la escala, la representación de la forma de onda aumenta o reduce su tamaño. Si cambia la posición, la forma de onda se desplazará hacia arriba, hacia abajo, hacia la derecha o hacia la izquierda. El indicador de referencia del canal (situado a la derecha de la grátícula) identifica cada forma de onda de la pantalla. El indicador apunta al nivel de tierra del registro de la forma de onda.

- Escala vertical y posición: Puede cambiar la posición vertical de las formas de onda moviéndolas hacia arriba o hacia abajo en la pantalla. Para comparar datos, puede alinear una forma de onda encima de otra o alinearlas en paralelo. Puede cambiar la escala vertical de una forma de onda. La representación de la forma de onda se contraerá o ampliará en torno al nivel de tierra.

Cambia la posición en forma vertical



Cambia la escala vertical, el valor de la escala adoptada se observa en la parte inferior izquierda de la pantalla

- Escala horizontal y posición, información de predisparo : Puede ajustar el control Posición Horizontal para ver los datos de la forma de onda antes del disparo, después del disparo, o un poco de cada. Cuando cambia la posición horizontal de una forma de onda, en realidad está cambiando el tiempo entre el disparo y el centro de la pantalla. (Parece como si la forma de onda se desplaza hacia la derecha o hacia la izquierda en la pantalla). Por ejemplo, si desea hallar la causa de un espurio en un circuito de prueba, debe disparar en el espurio y hacer el período de predisparo lo suficientemente largo como para capturar los datos previos al espurio. A continuación, puede analizar los datos del predisparo y quizás halle la causa del espurio. Puede cambiar la escala horizontal de todas las formas de onda usando el mando SEC/DIV. Por ejemplo, quizás desee ver sólo un ciclo de una forma de onda para medir el sobreimpulso en su flanco ascendente. El osciloscopio

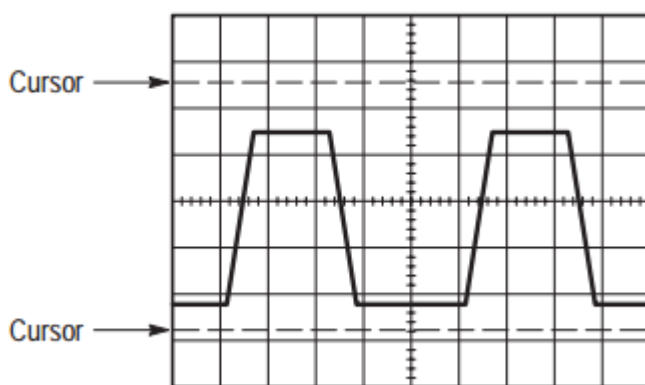


muestra el tiempo por división en la lectura de escala. Como todas las formas de onda activas utilizan la misma base de tiempo, el osciloscopio sólo muestra un valor para todos los canales activos, a no ser que esté usando una zona ampliada.

4.10.5.4 *Medición y formas de ondas. Realizar medidas*

El osciloscopio muestra gráficas de voltaje respecto al tiempo, y puede ayudarle a medir la forma de onda mostrada. Hay varias maneras de realizar medidas. Puede utilizar la grátícula, los cursores o una medición automática.

- **Grátícula** Este método permite realizar una estimación visual rápida. Por ejemplo, es posible que examine la amplitud de una forma de onda y compruebe que es un poco menor de 100 mV. Puede realizar medidas sencillas contando las divisiones de grátícula principales y secundarias implicadas, y multiplicando por el factor de escala. Por ejemplo, si contó cinco divisiones principales verticales de grátícula entre los valores mínimo y máximo de una forma de onda y sabía que estaba usando un factor de escala de 100 mV/división, entonces podría calcular fácilmente el voltaje de pico a pico de la siguiente manera: 5 divisiones x 100 mV/división = 500 mV.



Cursores

Este método permite realizar medidas moviendo los cursores, que aparecen siempre en pares, y leer sus valores numéricos en las lecturas de la pantalla.

Hay dos tipos de cursor: Voltaje y Tiempo. Cuando utilice cursores, asegúrese de establecer la Fuente en la forma de onda que desea medir.

- Cursores de voltaje. Los cursores de voltaje aparecen como líneas horizontales en la pantalla, y miden los parámetros verticales.
- Cursores de tiempo. Los cursores de tiempo aparecen como líneas verticales en la pantalla, y miden los parámetros horizontales.
- Automatizadas Cuando se realizan medidas automatizadas, el osciloscopio realiza todos los cálculos por usted. Debido a que estas medidas usan los puntos de registro de la forma de onda, son más precisas que las medidas realizadas con la grátícula o los cursores.

Las medidas automáticas usan las lecturas para indicar los resultados de medidas. Estas lecturas se actualizan periódicamente a medida que el osciloscopio adquiere nuevos datos.

4.10.5.5 Configuración del osciloscopio

Debe familiarizarse con las tres funciones que usará más a menudo al trabajar con el osciloscopio. Autoconfigurar, guardar una configuración, y recuperar una configuración. Se incluye una descripción de los ajustes predeterminados para un uso normal del osciloscopio.

Usar AUTOCONFIGURAR La función Autoconfigurar obtiene por usted una representación estable de una forma de onda. Ajusta automáticamente la escala vertical y horizontal, así como los ajustes de acoplamiento de disparo, tipo, posición, pendiente, nivel y modo. Guardar una configuración El osciloscopio guarda la configuración de manera predeterminada cada vez que se apaga. Asimismo, recupera esta configuración la siguiente vez que se enciende.

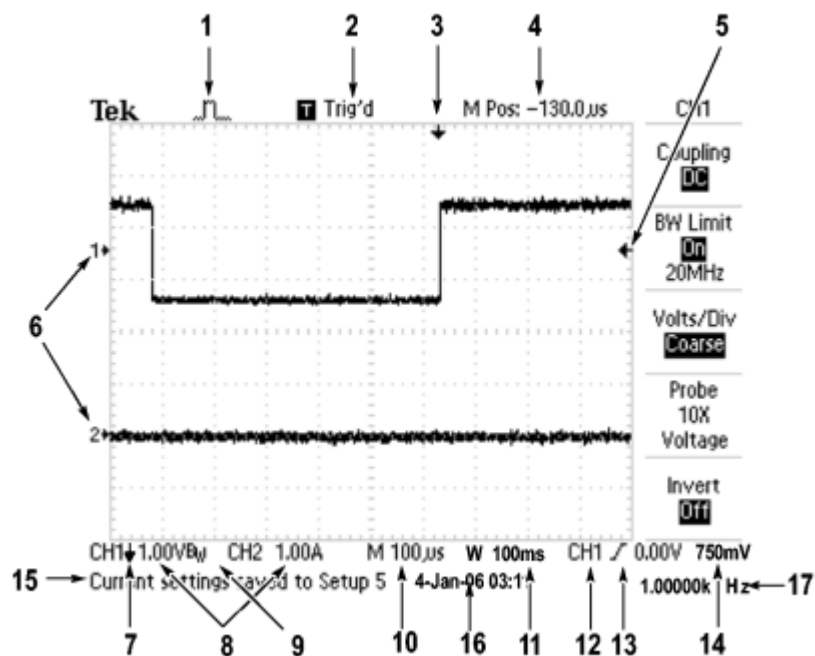
NOTA. Después de cambiar la configuración por última vez, debe esperar por lo menos cinco segundos antes de apagar el osciloscopio.

También puede guardar permanentemente en la memoria del osciloscopio hasta cinco configuraciones y sobrescribirlas según necesite.

Recuperar una configuración El osciloscopio puede recuperar cualquiera de las configuraciones guardadas o la que venía de fábrica.

Valores originales (configuración de fábrica) Cuando se entrega de fábrica, el osciloscopio está configurado para un uso normal. Puede recuperar esta configuración original en cualquier momento para usarlo con, o partiendo de, los ajustes originales de fábrica.

4.10.6 La pantalla del osciloscopio digital. Indicaciones



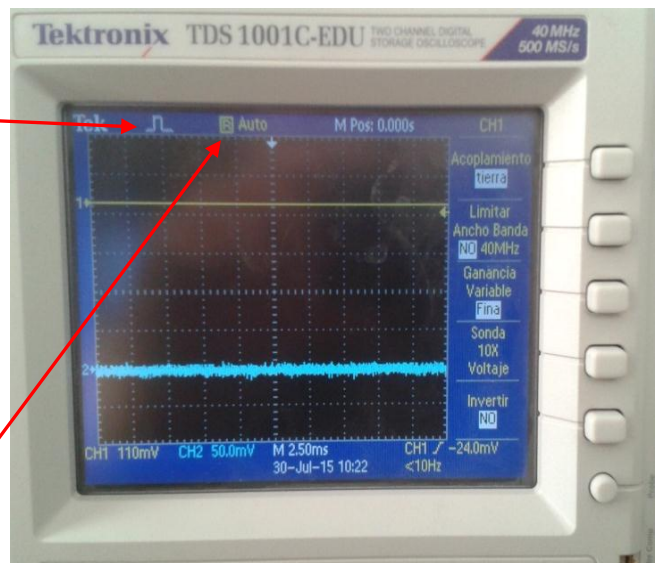
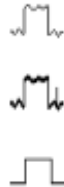
Analizaremos algunos de las diferentes caracteres a que aparecen en la misma:

1 - El icono de la pantalla muestra el modo de adquisición.

Modo de muestra

Modo de detección de picos

Modo Normal



2 - El estado del disparo indica lo siguiente

- El osciloscopio adquiere datos previos al disparo. Todos desencadenantes son ignorados en este estado.

☐ Armed.

Todos los datos de pre disparo se ha adquirido y el osciloscopio Ya está listo para aceptar un gatillo.

☒ Ready.

- El osciloscopio identificó un gatillo y adquiere datos post-trigger.

☒ Stop.

- El osciloscopio ha dejado de adquirir datos de forma de onda.

☒ Acq. Complete

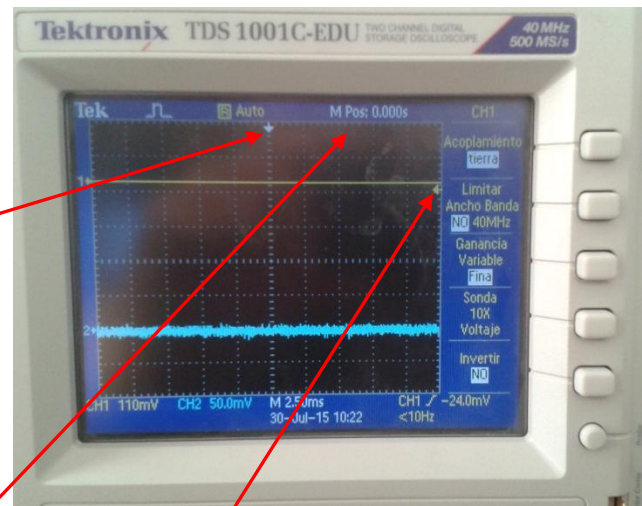
- El osciloscopio ha completado una adquisición de secuencia única.

- El osciloscopio está en modo automático y adquiere formas onda en ausencia de factores desencadenantes.
- El osciloscopio está adquiriendo y mostrando continuamente la los datos de forma de onda en modo de exploración.

☒ Auto.

☐ Scan.

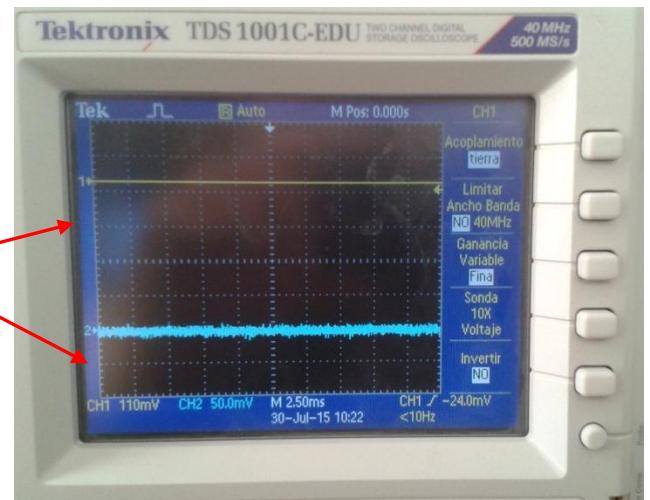
3 - El marcador (FLECHA) muestra la posición horizontal del gatillo. Para ajustar la posición de marcador, gire el botón de la posición horizontal.



4 - La lectura muestra el tiempo en el centro de la retícula. El tiempo de activación es cero.

5 - El marcador (FLECHA) muestra el nivel de disparo o ancho de pulso.

6 - En pantalla marcadores muestran los puntos de referencia en tierra de las formas de onda representada. Si no hay ningún marcador, no se muestra el canal.

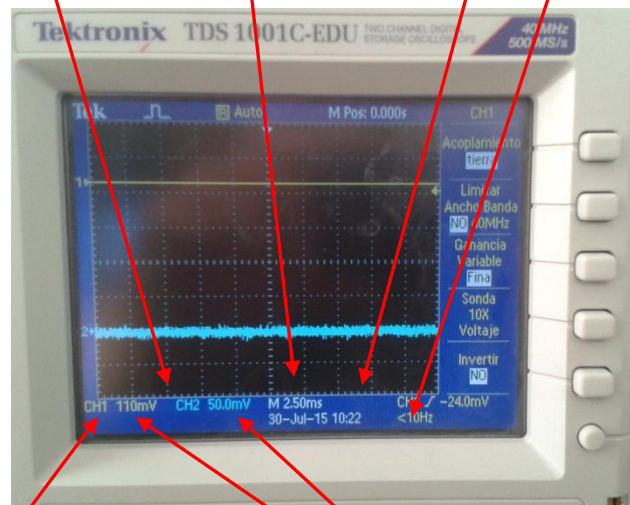


9 - Si aparece el icono de ABW indica que el canal está limitado por el ancho de banda.

10 - La lectura muestra la configuración de la base de tiempo principal.

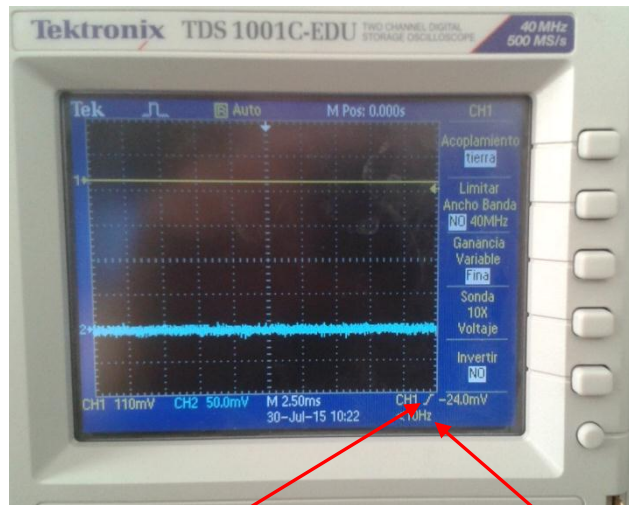
11 - La lectura muestra la configuración de la base de tiempo de la ventana, si está en uso.

12 - La lectura muestra la fuente de disparo utilizado para activar la ejecución.









7 - Si aparece una flecha a la derecha del indicador de canal indica que la forma de onda se invierte.

8 - La lectura muestra los factores de escala vertical de los canales.

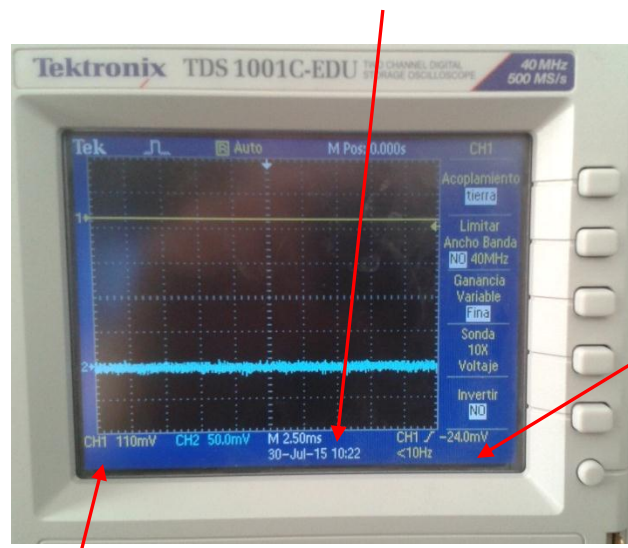


14 - La lectura muestra el nivel de disparo Edge o ancho de pulso.

13- El icono muestra el tipo de disparo seleccionado de la siguiente manera:

-  Disparo por flanco para el flanco ascendente.
-  Disparo por flanco para el flanco de bajada.
-  Vídeo del disparador para la sincronización de línea.
-  Vídeo del disparador para la sincronización de campo.
-  Ancho del impulso de disparo, polaridad positiva.
-  Ancho de pulso de disparo polaridad negativa.

16 - Lectura que muestra la fecha y la hora.



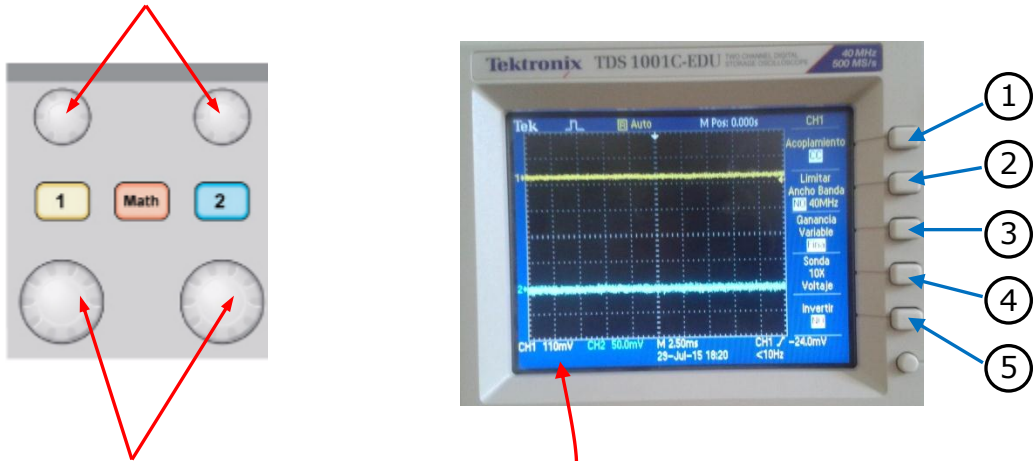
17 - Espectáculos Lectura desencadenan frecuencia.

15 - El área de visualización muestra mensajes útiles; algunos de ellos se muestran solamente durante tres segundos. Si usted recuerda una forma de onda guardada, la información en pantalla la lectura en la forma de onda de referencia 500µs RefA 1,00

4.10.6.1 Controles verticales

- Escala vertical y posición: Puede cambiar la posición vertical de las formas de onda moviéndolas hacia arriba o hacia abajo en la pantalla. Para comparar datos, puede alinear una forma de onda encima de otra o alinearlas en paralelo. Puede cambiar la escala vertical de una forma de onda. La representación de la forma de onda se contraerá o ampliará en torno al nivel de tierra.

Cambia la posición en forma vertical



Cambia la escala vertical, el valor de la escala adoptada se observa en la parte inferior izquierda de la pantalla

Posición **1** **2** Posiciones una forma de onda verticalmente.

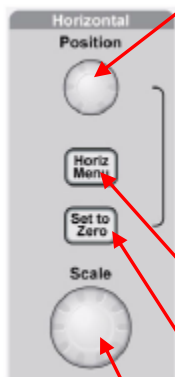
- Menús. Muestra las selecciones de menú verticales y alterna la visualización de forma de onda del canal entre encendido y apagado.
-
- Escala. Selecciona factores de escala vertical.

Math. Muestra la forma de onda matemática operaciones de menú y cambia a visualización de la forma de onda matemática entre encendido y apagado.

- ① Según sea el canal elegido se adopta el acoplamiento de la señal en modo DC, AC o GND
- ② Limita el ancho de banda de la señal a 20 MHz o no lo habilita y trabaja con señales hasta 40 MHz
- ③ Da al ajuste de la escala vertical una ganancia variable fina o gruesa. Su valor se observa en la parte inferior izquierda de la pantalla
- ④ Cuando se oprime da la posibilidad de medir voltaje o corriente si se trabaja con 1 o 2. El tercer botón de la atenuación de la punta de prueba.

- ⑤ Permite invertir la señal de entrada o no si está en el modo de selección de canales. Cuando está oprimido el botón 4 permite regresar al menú anterior

4.10.6.2 *Controles horizontales*



Posición (Position). Ajusta la posición horizontal de todas las formas de onda matemática y el canal. La resolución de este control varía con la configuración de base de Tiempo.

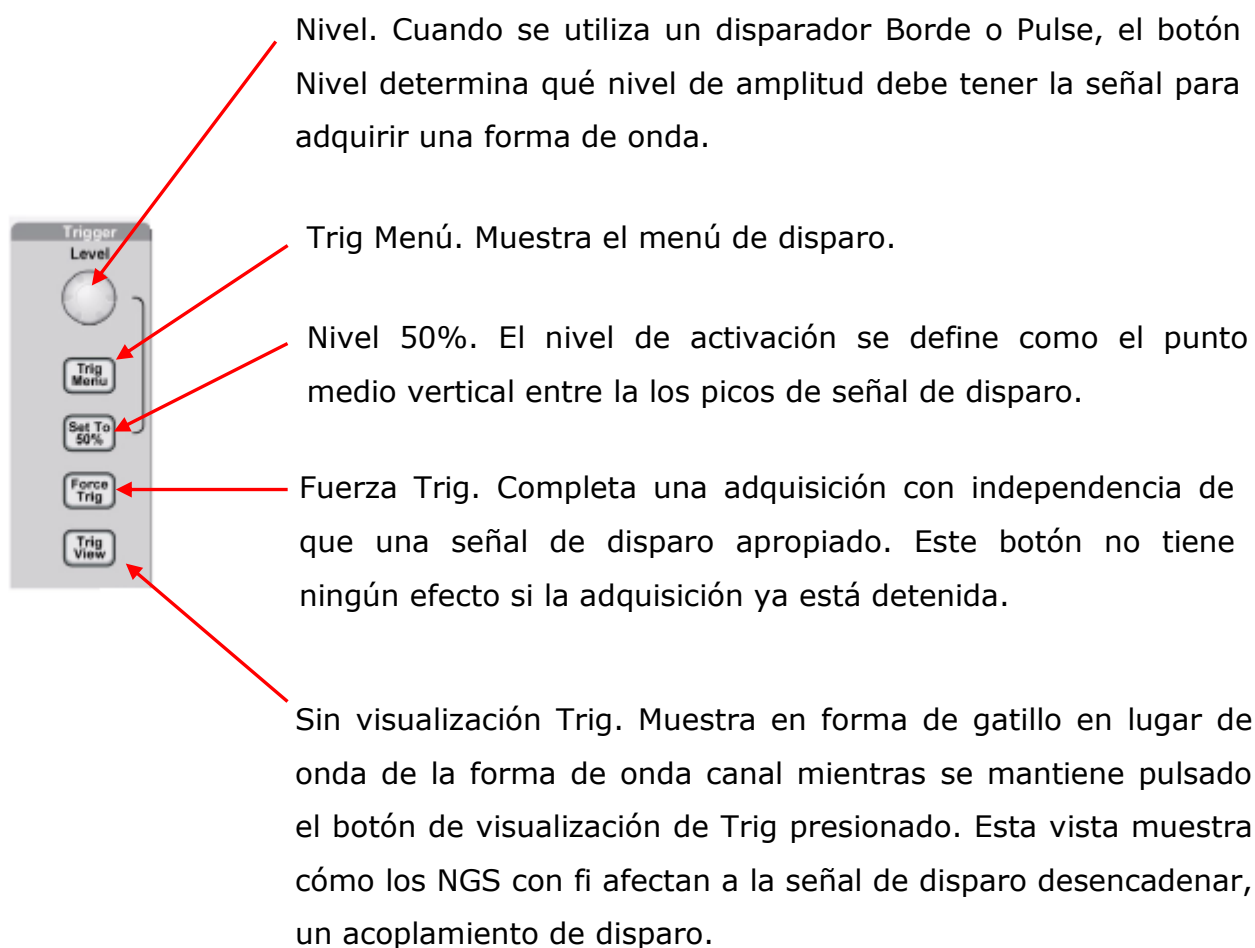
(NOTA. Para hacer un gran ajuste a la posición horizontal, gire la perilla Escala horizontal a un valor mayor, cambie la posición horizontal y devolver el botón Horizontal Escala al valor anterior.)

Horiz. Muestra el menú Horizontal.

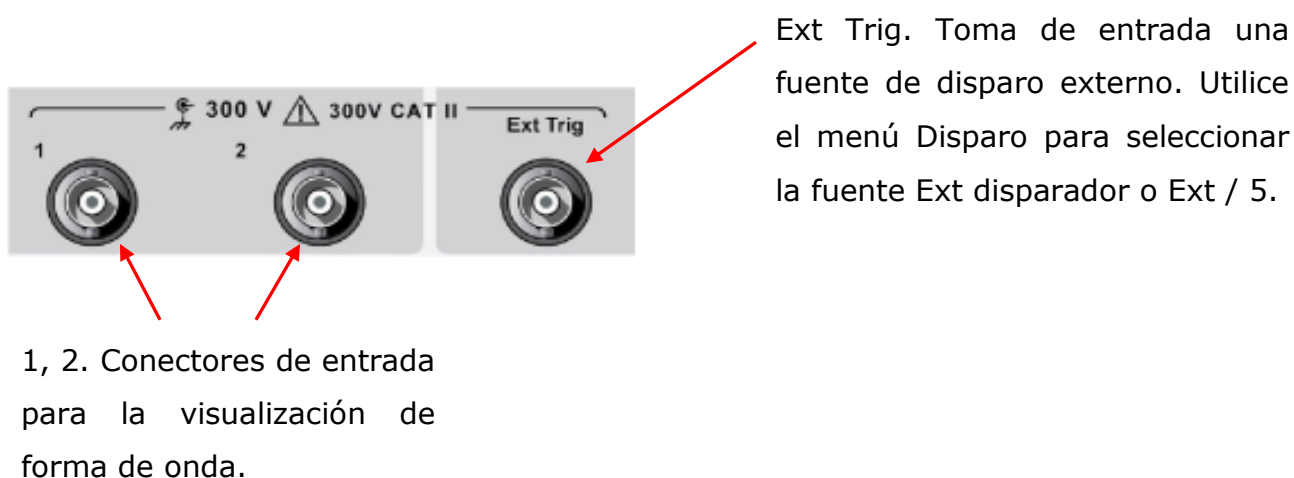
Posiciona el Cero. Define la posición horizontal a cero.

Escala. Selecciona el tiempo horizontal por div (factor de escala) / para la base principal o el tiempo de ventana. Cuando la Zona ventana está activada, que va a cambiar el ancho de la zona de la ventana por el cambio de la base de tiempo de la ventana.

4.10.6.3 Controles de disparo



4.10.6.4 Conectores de entrada



4.10.6.5 Botones de Control y menú

Auto Range. Muestra el menú de rango automático y activa o desactiva la función Escala automática. Cuando rango automático está activado enciende la luz del LED que está a su

Las mediciones. Muestra el menú de mediciones automatizadas .

Adquisición. Muestra el menú Adquisición.

Ayuda. Muestra el menú Ayuda.

AutoSet (Config. Auto.).
Ajusta automáticamente los controles del oscilosc. para producir una presentación



Botón giratorio con múltiples funciones . La función está determinada por el menú mostrada o la opción de menú seleccionada. Cuando está activo, el LED adyacente luce. La siguiente tabla muestra las funciones. Ver manual para las distintas funciones. (**no es tema de esta asignatura**)

Pantalla. Muestra la pantalla del menú.

Ref. Muestra el menú de referencia para mostrar u ocultar rápidamente las formas de onda de referencia almacenados en la memoria

Cursores. Menú muestra los cursores. Los cursores permanecen visibles (a menos la opción Tipo se define en Off.) después de salir del menú Cursores, pero Ellos no son ajustables.

Inicia la operación de impresión a una impresora compatible con PictBridge o realiza la función Guardar en un pen drive. Un LED indica cuando el botón Imprimir es configurado para grabar

4.10.6.6 Otros elementos del panel frontal

SONDA COMP Sonda salida de compensación y referencia chasis. Se utiliza verificar que el osciloscopio mida correctamente. En la salida hay una señal interna al dispositivo de onda cuadrada de 5 V , 1 KHz.



Puerto USB. Inserte una unidad USB para el almacenamiento o recuperación de datos. El osciloscopio muestra un símbolo de reloj para indicar cuando la unidad de flash está activa. Después de un archivo se guarda o se recupera, el osciloscopio quita el reloj, y muestra una línea de pista para notificar la finalización de la operación de escritura o de recuperación. Para las unidades de USB con un LED, el LED parpadea al escribir datos en la unidad o recuperar los datos del disco. Espere hasta que el LED deje de parpadear para eliminar la unidad.

4.10.7 Preguntas de autoevaluación

- 74) ¿Qué es un osciloscopio digital?
- 75) ¿En qué consiste la digitalización de una señal? ¿Qué se hace con ella?
- 76) ¿Que realiza un conversor analógico digital? ¿Para qué se utiliza?
- 77) ¿Qué es la velocidad de muestreo de un conversor analógico digital?

- 78) ¿Que realiza la memoria en un osciloscopio digital? ¿Para qué?
- 79) ¿Qué diferencias en el manejo existen entre los osciloscopios digitales y los analógicos?
- 80) ¿Qué son los métodos de muestreo en los osciloscopios digitales?
- 81) ¿Qué es el muestreo en tiempo real de un osciloscopio digital?
- 82) ¿Qué es el muestreo en tiempo equivalente de un osciloscopio digital?
- 83) ¿Qué es el muestreo en tiempo real con interpolación de un osciloscopio digital? ¿Qué tipo de interpolación se utiliza?
- 84) ¿Qué diferencia existe entre la interpolación lineal y la senoidal es el muestreo en tiempo real con interpolación de un osciloscopio digital?
- 85) ¿Qué diferencia existe entre el muestreo secuencial y el muestreo aleatorio en el muestreo en tiempo equivalente de un osciloscopio digital?

4.11 Bibliografía

- [1] Knowlton ZOP'0.
- [2] Pueyo, Héctor, Marco, Carlos y QUEIRO, Santiago; "Circuitos Eléctricos: Análisis de Modelos Circuitales 3ra Ed. Tomo 1"; Editorial Alfaomega ; 2009.
- [3] Pueyo, Héctor, Marco, Carlos y QUEIRO, Santiago; "Circuitos Eléctricos: Análisis de Modelos Circuitales 3ra Ed. Tomo 2"; Editorial Alfaomega ; 2011.
- [4] Terman, Frederick E.; "Ingeniería en Radio"; Editorial ARBÓ; 1952.

- [5] PACKMAN, Emilio; "Mediciones Eléctricas"; Editorial ARBO; 1972.
- [6] CASTEJÓN, Agustín y SANTAMARIA, Germán; "Tecnología Eléctrica"-
Editorial Mc GRAW HILL; 1993.
- [7] SANJURJO NAVARRO, Rafael; "Maquinas Eléctricas"; Editorial Mc GRAW
HILL; 1989.
- [8] POLIMENI, Héctor G.; "Documentos de Cátedra"; 2009.