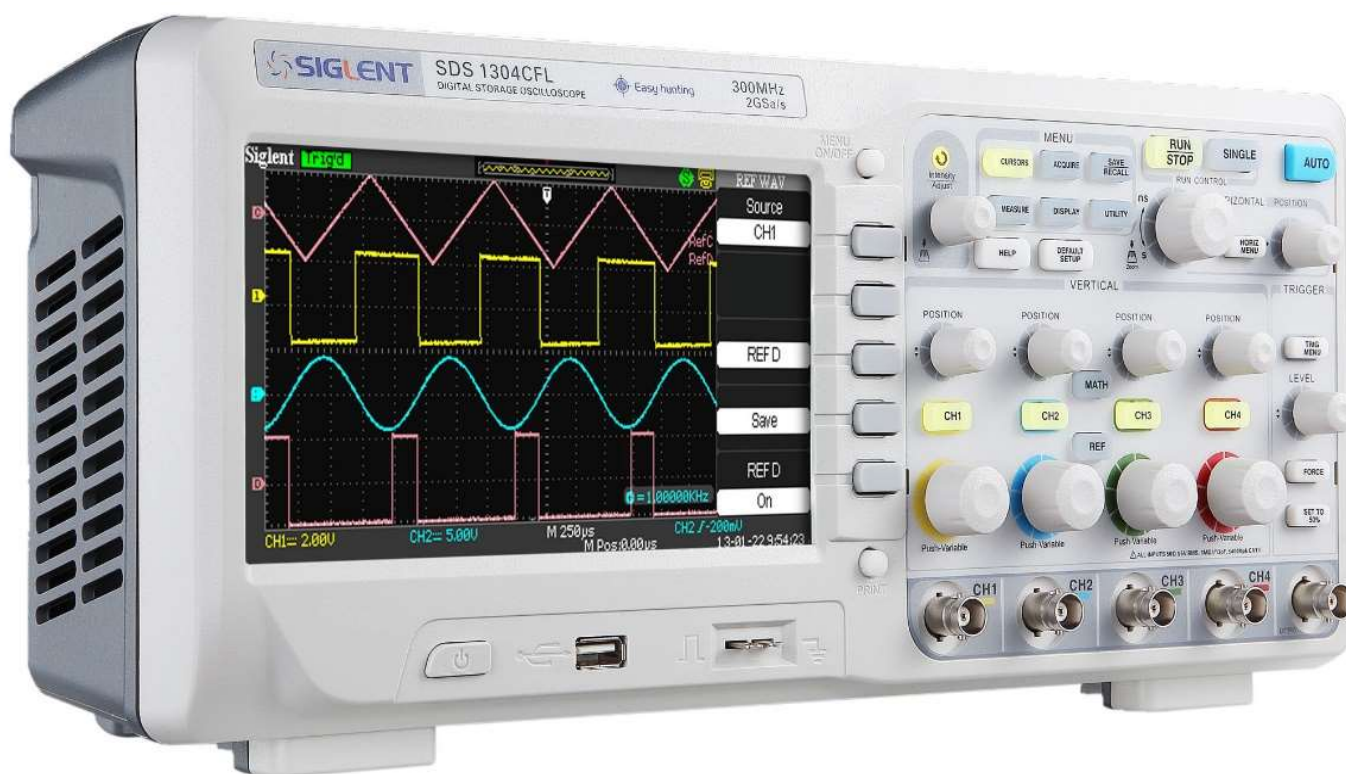


Introducción al Osciloscopio



Guía teórica

Índice

1. Información del curso.....	1
2. Objetivo del curso.....	1
3. ¿Qué es un osciloscopio?	1
4. ¿Cómo es una señal eléctrica?	2
5. Nuestro circuito: La fuente de alimentación.....	3
6. Herramientas y materiales necesarios para el curso	5
7. Manejo del osciloscopio	5
7.1. Controles básicos de un osciloscopio.....	5
7.2. El botón de encendido	6
7.3. Canales	6
7.4. El Trigger o sistema de disparo	7
7.5. Control de sensibilidad de voltaje.....	7
7.6. Control de base de tiempo.....	8
7.7. Posicionamiento vertical.....	8
7.8. Posicionamiento horizontal	8
7.9. Pulsador Auto o Autoset	8
7.10. Configuraciones desde menú	9
7.11. Calibración de la sonda.....	10
8. Características de un osciloscopio.....	12

1. Información del curso

- Título: INSTRUMENTACIÓN ELECTRÓNICA – EL OSCILOSCOPIO
- Organiza: DIGITAL CODESIGN – KREITEK – COLEGIO NURYANA
- Fecha: 16/09/19
- Horario: 17:00 – 19:30
- Horas lectivas: 2.5
- Plazas: 20
- Lugar: MAKERSPACE KREITEK – COLEGIO NURYANA
- Ponentes: MIQUEAS FORTES GONZÁLEZ
- Categoría: TÉCNICAS DE LABORATORIO

2. Objetivo del curso

Entender y aprender los conceptos básicos sobre el manejo del osciloscopio, una de las herramientas más elementales en cualquier laboratorio y taller de electrónica.

El curso será eminentemente práctico y con aplicación inmediata de todos los conceptos teóricos que conforman el temario del curso. Para ello no solo se pondrá la herramienta a disposición de los alumnos desde el inicio de la clase, sino que además será explicado su funcionamiento y manejo ayudándonos de un circuito electrónico que asimismo deberán montar los alumnos por sí solos.

El circuito electrónico escogido trata de una fuente de alimentación básica, el cual resulta ideal para este propósito porque nos permite comprender a la perfección la utilidad real de un osciloscopio al poder visualizar el cambio que experimenta la señal eléctrica en las diferentes etapas del circuito en el proceso de transformación de la corriente alterna a corriente continua.

Además, esta aplicación práctica resulta ideal porque permite enseñar a los participantes de una forma muy sencilla el funcionamiento de uno de los circuitos electrónicos más populares y de mayor utilidad en cualquier dispositivo electrónico, porque... ¿cuántas veces al día podemos utilizar una fuente de alimentación?

3. ¿Qué es un osciloscopio?

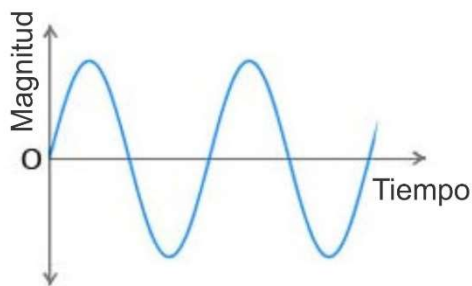
Un osciloscopio es un instrumento utilizado para visualizar la forma de las señales eléctricas por medio de una gráfica de coordenadas cartesianas de dos ejes (X,Y), lo que nos permite saber cómo es y cómo varía una señal eléctrica en el tiempo.

Poder visualizar gráficamente una señal eléctrica nos permite conocer su valor de voltaje en función del tiempo, así como su periodo (e indirectamente su frecuencia), lo cual es fundamental para comprender lo que ocurre en el interior de un circuito electrónico en

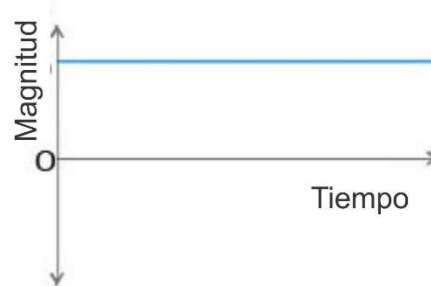
sus diferentes etapas, y con ello poder diseñar adecuadamente circuitos, identificar fuentes de ruido, localizar averías y por supuesto agilizar considerablemente la formación de un alumno en esta materia al permitirle visualizar el comportamiento de las señales eléctricas en un circuito.

4. ¿Cómo es una señal eléctrica?

Existen básicamente dos tipos de señales eléctricas, **señales de corriente continua** y **señales de corriente alterna**. Las primeras se caracterizan por variar su magnitud en el tiempo, mientras que las segundas se mantienen constantes.

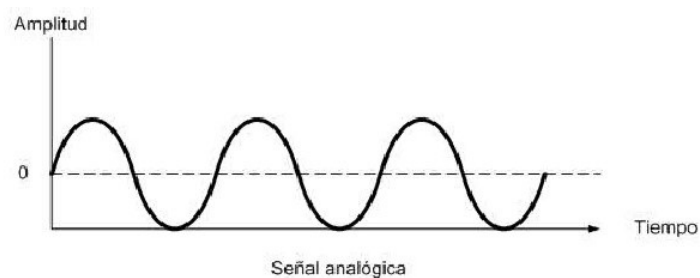


Corriente Alterna AC

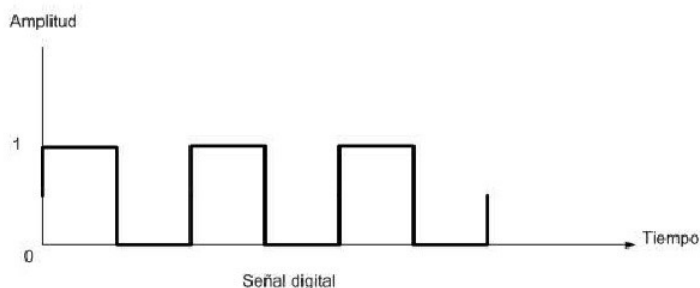


Corriente Directa DC

A su vez, dentro de las señales de corriente alterna podemos distinguir dos tipos: **señales analógicas** y **señales digitales**. Las primeras varían de forma continua en el tiempo y las segundas de forma discreta.

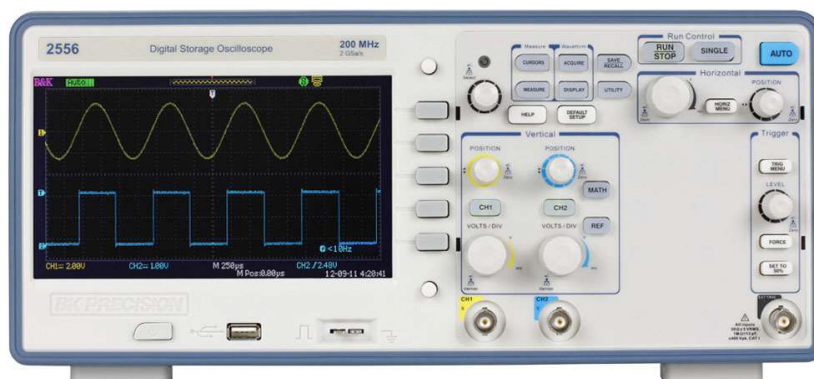


Señal analógica



Señal digital

Véase esto mismo representado gráficamente en un osciloscopio:



Por tanto, y como dijimos al principio, el osciloscopio sirve para representar gráficamente la forma de una señal eléctrica del tipo que sea, mediante sus dos coordenadas cartesianas, el eje Y que representa la magnitud de la señal expresada en voltios, y el eje X que representa el tiempo.

Si bien es cierto que con un osciloscopio podemos visualizar todo tipo de señales eléctricas, es interesante matizar que no tiene mucho sentido emplear esta herramienta cuando lo único que queremos es medir la magnitud de una señal de corriente continua, ya que al no depender del tiempo no precisamos de una gráfica. Para ello contamos con una herramienta mucho más simple y económica denominada Voltímetro, el cual nos permite medir valores continuos de tensión e intensidad (entre otras magnitudes) cuando trabajamos con corriente continua.

5. Nuestro circuito: La fuente de alimentación

Ya comentamos al principio que el circuito electrónico que montaremos para aprender a manejar el osciloscopio será una fuente de alimentación simple.

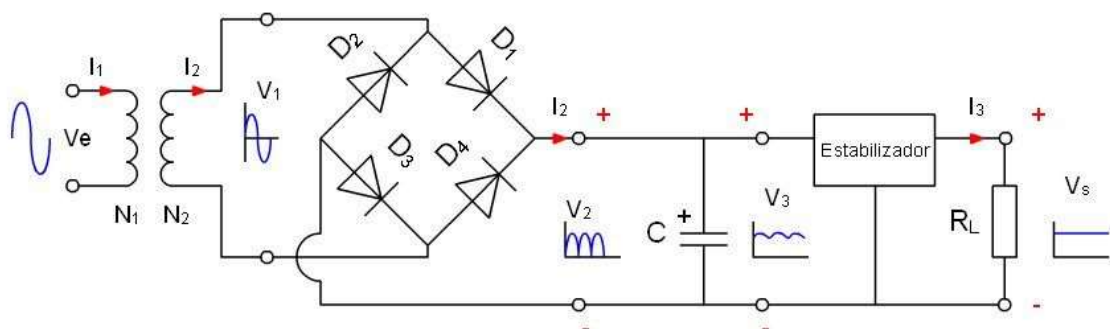
Como muchos saben, la fuente de alimentación es el circuito encargado de transformar la corriente alterna que podemos obtener directamente de cualquier enchufe, en el nivel de corriente continua que precisa un determinado aparato para funcionar, y dado que en electrónica de consumo la mayoría de dispositivos trabajan con corriente continua, nunca puede faltar la fuente de alimentación.

La ventaja por tanto en haber seleccionado una fuente de alimentación para este curso es que trata de un circuito electrónico cotidiano, fácil de montar y que requiere muy

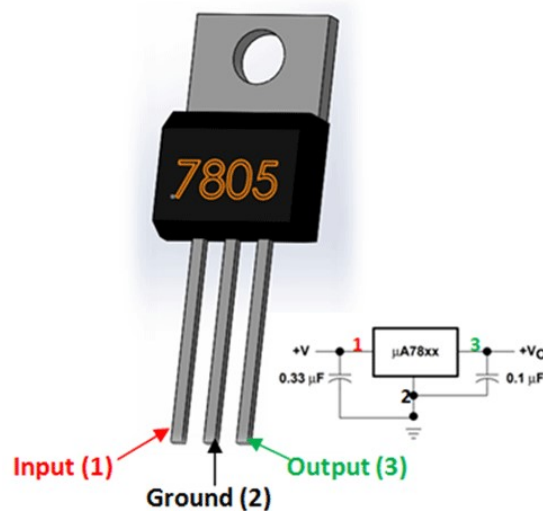
pocos componentes, tan solo un transformador, un puente de diodos de onda completa, un condensador, un regulador de tensión y una resistencia.

Aparte de las ventajas anteriores, este circuito resulta ser un ejemplo muy adecuado para cumplir con el propósito principal de este curso, que es enseñar a los alumnos el manejo del osciloscopio, ya que poder visualizar el proceso de transformación de un tipo de señal a otra en sus diferentes etapas, le da mucho sentido a la aplicación de este instrumento para comprender su utilidad.

El circuito eléctrico de la fuente de alimentación que se va a trabajar sería el siguiente:



El tipo de estabilizador de tensión que vamos a utilizar será un 7805. En la siguiente imagen se muestra el pinout de este componente así como el conexionado recomendado por el fabricante:



Los componentes electrónicos que se emplearán para realizar el circuito básico son los siguientes:

- 4 Diodos 1N4007
- 1 Condensador de 100 nF
- 1 Condensador de 330 nF
- 1 Condensador de 100 uF
- 1 Regulador de tensión 7805
- 1 Resistencia de 10 kohm

Además se proveerá de los siguientes componentes adicionales para efectuar modificaciones en nuestro circuito y visualizar diferentes resultados en el osciloscopio:

- 1 Condensador 1 uF
- 1 Condensador 4.7 uF
- 1 Condensador 10 uF
- 1 Regulador de tensión 7812

6. Herramientas y materiales necesarios para el curso

Aparte de los componentes electrónicos anteriores, será necesario disponer de las siguientes herramientas y materiales para realizar esta práctica:

- 1 Osciloscopio Rigol MSO2102A
- 1 Generador de señales Rigol DG952
- 1 Sonda de medida
- 1 Protoboard
- Cable para protoboard
- 1 alicate de micro corte o pelacables
- 1 Pendrive

7. Manejo del osciloscopio

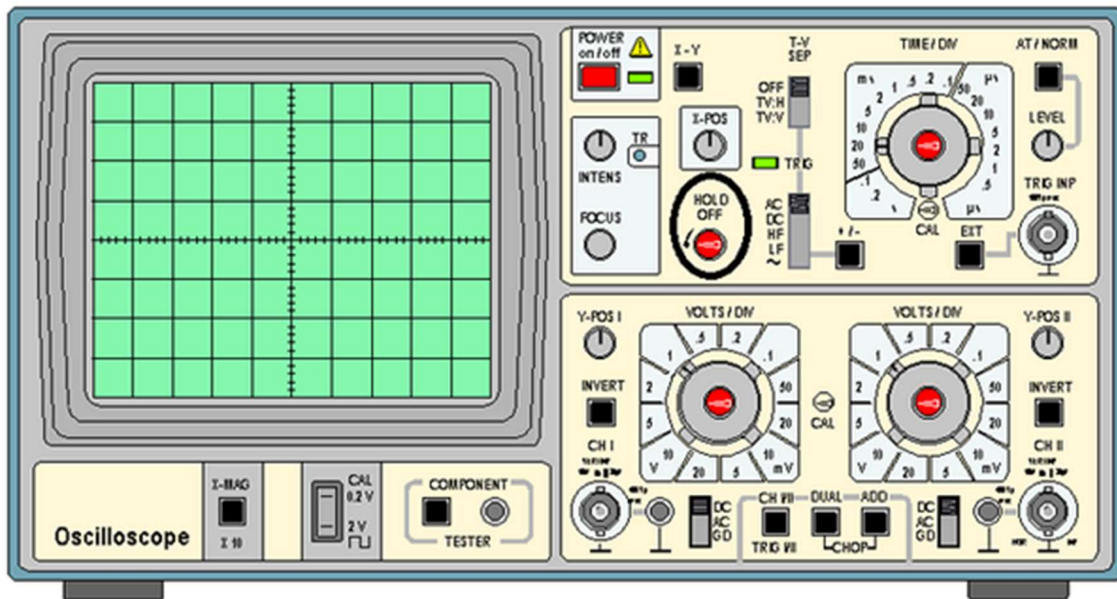
En el presente capítulo veremos cuáles son los controles y elementos más habituales que podemos encontrar en un osciloscopio digital, y que aprenderemos a lo largo del curso.

7.1. Controles básicos de un osciloscopio

Depende un poco del tipo de osciloscopio que utilicemos (analógico o digital), así como de la calidad y complejidad del modelo que nos encontremos, del total de controles que tenga disponibles, por ello a continuación nos centraremos únicamente en describir el funcionamiento de los controles básicos que todo osciloscopio debe tener, tratando de

enfocarnos un poco más en los osciloscopios digitales, dado que este tipo será el que utilizemos en el presente curso.

La siguiente imagen muestra el aspecto de los controles de un osciloscopio analógico clásico:



7.2. El botón de encendido

Lógicamente, y como cualquier otro cacharro en el mercado, los osciloscopios también incorporan su propio botón de apagado y encendido.

7.3. Canales

La mayoría de los osciloscopios disponen de dos canales de entrada a los que podemos conectar lo que se denominan sondas de medida, las cuales conectamos físicamente con los puntos de nuestro circuito de los que pretendemos medir una señal.

Los canales son, por tanto, los puertos de entrada a nuestro osciloscopio para las señales eléctricas que nos interesa visualizar en la pantalla.

Además, cada canal tiene asociado un pulsador para activar o desactivar la visualización de la señal en pantalla.

7.4. El Trigger o sistema de disparo

El trigger sirve para sincronizar nuestra señal de entrada con el osciloscopio de forma que resulte posible estabilizar dicha señal en la pantalla para que la visualización sea correcta. Dicho de otra forma, es gracias al trigger que resulta posible congelar la imagen de una señal eléctrica en la pantalla del osciloscopio.

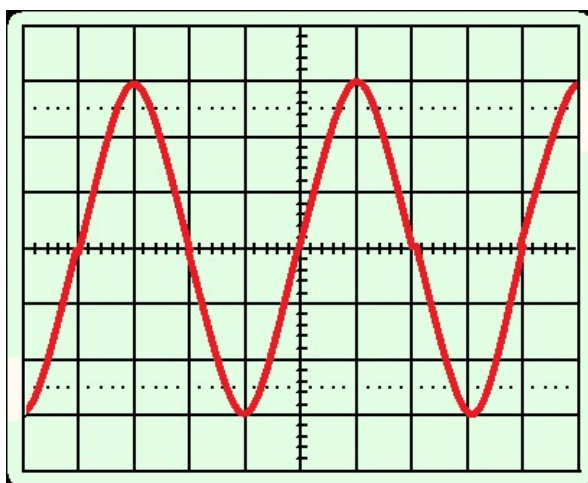
El ajuste manual del trigger normalmente se realiza desde un botón giratorio, aunque habitualmente, y sobre todo en lo que respecta en los osciloscopios digitales, la función trigger tiene asociados más botones para su configuración que nos permiten determinar la forma en que nos interesa capturar la señal: mediante la superación de un determinado valor de voltaje, al alcanzar un flanco de subida o bajada, al detectar glitches que puedan existir en la señal, o cuando en definitiva se cumplan las condiciones que nosotros determinemos para ver la señal justo a partir del instante en que nos interesa.

Nada en esta vida es 100% automático. Hemos dicho que con el osciloscopio podemos ver señales, pero para ver una señal primero tenemos que capturarla, y para eso hay que disparar.

7.5. Control de sensibilidad de voltaje

Normalmente un botón giratorio que sirve para ajustar la escala en el eje Y que mide la magnitud de la señal en valor de tensión.

La pantalla de los osciloscopios siempre visualizan una gráfica con cuadrícula en la que cada casilla es de 1 cm de lado, tal y como se muestra en la siguiente imagen:



Al ajustar la escala en el eje Y determinamos a qué valor de tensión equivale cada cuadradito de 1 cm. Si por ejemplo lo fijamos a 2 voltios/div significa que cada división de 1 cm equivale a una magnitud de 2 voltios en la señal.

Lo anterior no solo sirve para poder ajustar adecuadamente la imagen de nuestra señal al tamaño de la pantalla, sino lo que es más importante, para que sea posible medir la amplitud de la señal.

7.6. Control de base de tiempo

Exactamente lo mismo que lo explicado anteriormente para el ajuste de la sensibilidad del voltaje en el eje Y, pero aplicado en este caso en el eje X para ajustar la sensibilidad de la medida temporal.

De esta forma podemos determinar a cuántos segundos equivale cada división de 1 cm en el eje X, y así ajustar adecuadamente la forma de la señal en la pantalla para que se pueda visualizar correctamente, y de esta manera obtener de la gráfica el periodo de la señal.

7.7. Posicionamiento vertical

Otro botón giratorio usado en este caso para posicionar nuestra gráfica a lo largo del Eje Y. No sirve para ajustar la escala como veíamos anteriormente sino solo para subir o bajar la forma de onda.

Normalmente cuando tenemos una única señal la tendencia es ajustar el posicionamiento vertical en el centro de la gráfica. Sin embargo, cuando trabajamos con dos o más señales simultáneas, entonces este control se vuelve especialmente útil si lo que queremos es visualizar todas las señales sin que estas se superpongan.

7.8. Posicionamiento horizontal

De nuevo otro botón giratorio (si hay algún cacharro que tenga potenciómetros y botones giratorios, ese es el osciloscopio) pero en este caso para ajustar el posicionamiento horizontal de la forma de señal. Al igual que lo que veíamos para el posicionamiento vertical, esta función no sirve para alterar la escala, sino solamente para mover nuestra forma de onda de izquierda a derecha para simplemente poder ajustar la imagen de la manera que más nos interese.

7.9. Pulsador Auto o Autoset

Este pulsador sirve para realizar un ajuste automático de escalas para que la señal se vea bien en la pantalla. Está bien como primer ajuste, pero para hilar fino siempre conviene efectuar realizar un ajuste manual.

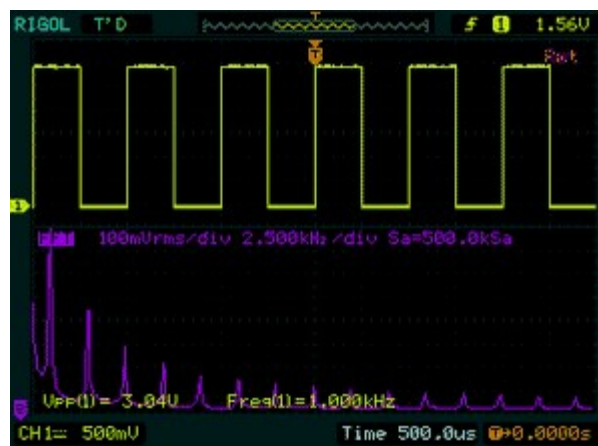
7.10. Configuraciones desde menú

Los osciloscopios digitales disponen de menú, y de una serie de botones asociados que nos permiten realizar diversos tipos de configuraciones. Las posibilidades de configuración de un osciloscopio digital son más amplias que las de un osciloscopio analógico, y el hecho de poder contar con un menú de configuración, también permite que el osciloscopio digital pueda tener una interfaz más simplificada, ya que para muchas de las opciones de configuración a las que se puede acceder directamente desde el menú digital, en los osciloscopios analógicos se requiere de algún pulsador específico.

Algunas de las configuraciones más habituales que podemos realizar desde el menú de un osciloscopio digital son las siguientes, aunque es necesario aclarar que dependiendo de la marca y modelo de osciloscopio, algunas de ellas podrían disponer de pulsadores independientes:

- **Autocalibración.** Esta función permite que el osciloscopio ajuste sus parámetros y se calibre de forma automática. Es importante efectuar una autocalibración la primera vez que se utiliza el osciloscopio, y también cada vez que la temperatura ambiente varíe 5 °C o más (en general viene bien si lo hacemos de vez en cuando). Asimismo hay que tener en cuenta que en el momento de realizar la autocalibración no deben haber sondas conectadas al osciloscopio.
- **Acoplamiento de la señal,** que dispone de los tres modos siguientes:
 - Modo AC: En este modo solo se visualiza la componente alterna de la señal.
 - Modo DC: En este modo se visualizan tanto la componente alterna como continua de la señal.
 - Modo GND: En este modo el osciloscopio desconecta internamente la señal, lo cual sirve para ajustar el nivel de referencia.
- **Medidas automáticas.** En un osciloscopio digital podemos obtener valores de nuestra señal de forma automática. Los más comunes son los siguientes:
 - **Periodo:** En una señal periódica el periodo (T) es el tiempo transcurrido entre dos puntos equivalentes de la onda. Se expresa en segundos (seg)
 - **Frecuencia:** Es la inversa del periodo, y sirve para indicar el número de repeticiones de una señal por unidad de tiempo. Se expresa en hercios (Hz) Una frecuencia por ejemplo de 1000 Hz, o lo que es lo mismo, 1 KHz, tiene 1000 repeticiones o ciclos por segundo.
 - **Amplitud:** Podemos configurar la medida de amplitud de la señal para que nos muestre el valor deseado. Los más comunes son Tensión Máxima (V_{máx}), Tensión Mínima (V_{min}), Tensión Pico (V_p), Tensión Pico-Pico (V_{pp}), Tensión Eficaz (V_{rms}) y Tensión Media (V_m).

- **Cursores:** Se emplean para tomar medidas manuales entre dos puntos de nuestra forma de onda, por ejemplo si queremos calcular una diferencia de potencial concreta o un intervalo de tiempo específico.
- **Operaciones matemáticas:** En muchos osciloscopios digitales podemos acceder a un menú desde el que poder efectuar determinadas operaciones matemáticas, algunas de ellas muy simples como sumar, restar o invertir las señales, y otras más complejas como obtener la Transformada Rápida de Fourier (FFT) de una señal, lo cual es realmente interesante ya que nos permite utilizar el osciloscopio a modo de analizador de espectro.

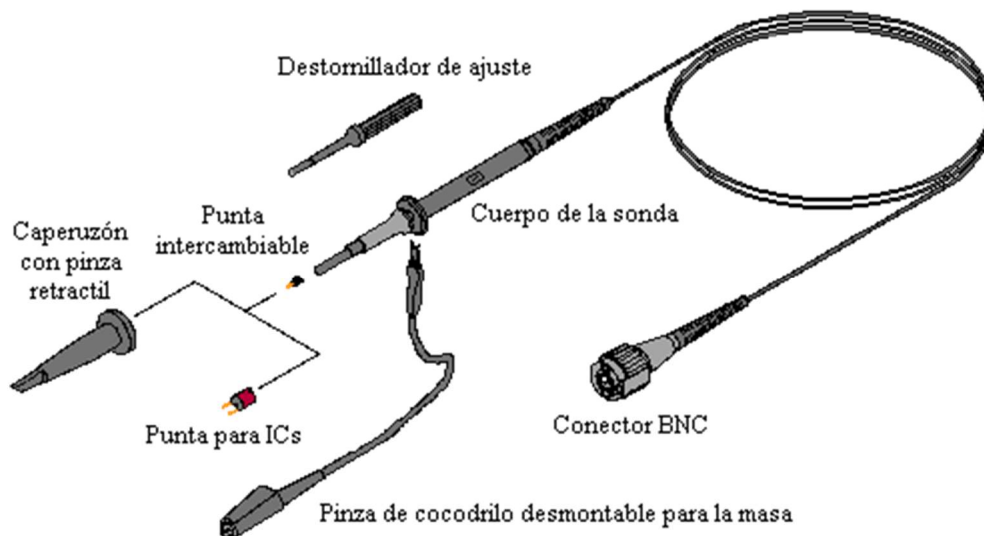


- **Ajustes de muestreo:** Recordemos que un osciloscopio digital recibe la señal por el canal de entrada, la muestrea, la digitaliza y almacena los datos para finalmente reconstruir la señal a partir de los datos obtenidos y mostrarla por pantalla. Pues bien, sabiendo esto hay que tener en cuenta que estos osciloscopios también cuentan con opciones de configuración del tipo de muestro desde el menú, lo cual aunque por lo general no se toca mucho, en ocasiones puede resultar útil.
- **Ajustes de pantalla:** Como es habitual en la mayoría de dispositivos que utilizan una pantalla, los osciloscopios digitales suelen incluir determinados ajustes generales tales como el brillo, y otros más específicos relacionados con el tipo de información que se muestra en la pantalla, estilos, formatos, etc...

7.11. Calibración de la sonda

Ya introducimos anteriormente que las sondas son las herramientas utilizadas para servir de canal de transmisión entre nuestra fuente de señales y el osciloscopio, de forma que desde un extremo se conectan físicamente al punto de prueba de nuestro circuito del que pretendemos medir una señal, y desde el otro extremo se conectan al osciloscopio a través de las entradas de canal.

Idealmente, una sonda debe ser capaz de transmitir cualquier señal hasta la entrada del osciloscopio sin producir ningún tipo de alteración. Para ello deberían tener un ancho de banda infinito y no producir ninguna atenuación, pero tales sondas no existen. Es por ello que las sondas deben ser correctamente calibradas antes de empezar a manejar nuestro osciloscopio, para que tengan un impacto mínimo sobre la señal que se quiere medir.



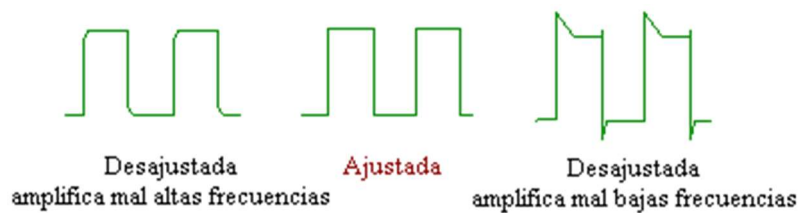
A la mayoría de las sondas actuales se les puede aplicar un factor de atenuación ajustable (1X, 10X, 100X,...), si bien el más ampliamente utilizado para la mayoría de las mediciones es el factor 10X (sobre todo para señales por encima de los 10mV y frecuencias superiores a los 5 KHz), con el cual la sonda consigue atenuar la amplitud de la señal de entrada en un factor de 10, y con ello reducir considerablemente el efecto de carga que la sonda puede provocar en el circuito, aumentando la fiabilidad de la medición.

Es muy importante tener en cuenta que sea cual sea el factor de atenuación escogido para la sonda, este debe ser configurado de igual manera en el osciloscopio, dado que evidentemente el osciloscopio debe conocer el grado de atenuación de la señal de entrada. En un osciloscopio digital podemos indicar el factor de atenuación desde el menú de configuración.

Pero el proceso de calibración de la sonda aún no ha terminado. Debemos terminar de compensar la sonda y para ello hay que seguir los siguientes pasos:

- Primeramente aplicar la configuración predeterminada o auto-calibración del osciloscopio para partir de un estado conocido.
- Indicar el factor de atenuación correcto en el osciloscopio (normalmente 10X), tal y como se dijo anteriormente.

- Conectar la sonda al canal de entrada, el terminal de tierra de la sonda al conector de tierra del osciloscopio y la pinza de la sonda a la señal de compensación del osciloscopio (los osciloscopios digitales normalmente disponen de un conector de salida por el que sacan una señal de prueba cuadrada ideal para compensar o calibrar la sonda).
- En este punto deberíamos ver en pantalla una señal cuadrada más o menos compensada (o descompensada). La sonda quedará finalmente bien calibrada cuando consigamos que dicha señal sea perfectamente cuadrada.



- Para cumplir con el paso anterior la propia sonda dispone de un potenciómetro para modificar el valor del condensador variable en su interior y ajustar así la capacidad de entrada de la sonda (el valor de dicha capacidad suele estar en torno a los 10 pF). Haciendo uso de la propia herramienta que suele venir con la sonda ajustamos el potenciómetro hasta que la señal sea lo más cuadrada posible, sin sobreimpulsos ni redondeos, quedando así la sonda bien compensada y lista para realizar nuestras mediciones.

8. Características de un osciloscopio

Si queremos adquirir un osciloscopio debemos conocer bien cuáles son las principales características que los definen y que nos van a servir para establecer una comparativa adecuada entre los muchos, muchísimos modelos y marcas que podemos encontrar en el mercado, si no queremos volvernos locos y morir en el intento.

Como todo, para encontrar nuestra herramienta ideal hay que conocer muy bien primero los requisitos específicos de nuestra aplicación, el tipo y grado de uso que le vamos a dar realmente a la herramienta, así como el beneficio que esperamos obtener de ella. Recuerda que la mejor herramienta no es la más cara sino la que te hace falta.

Dicho esto, veamos cuales son las principales características a tener en cuenta para escoger un buen osciloscopio:

- **Tipo:** Lo primero que tenemos que saber es el tipo de osciloscopio que vamos a comprar. Solo con eso ya vamos a reducir mucho el espectro de posibilidades. Básicamente existen tres tipos:

- **Osciloscopios Analógicos:** Han quedado bastante desplazados por los osciloscopios digitales, pero tienen ciertas características que aún les permiten ser más ventajosos en aplicaciones muy concretas. Actualmente no son muy recomendables a menos que sepas muy bien cómo sacar partido de esas ligeras ventajas.



- **Osciloscopios Digitales:** Actualmente los osciloscopios mayormente utilizados en laboratorios, talleres y aulas. Tienen muchas ventajas respecto a los analógicos, ya que incorporan múltiples funciones como la obtención de muchos tipos de medidas de forma automática, cálculos avanzados, muchas opciones de configuración, la posibilidad de almacenar y transferir los datos a un ordenador, etc...



- **Osciloscopios para PC:** Una de las mejores opciones actualmente. Este tipo de osciloscopio no lleva pantalla integrada ya que se conecta a un PC por puerto USB, y gracias a la instalación de un software específico que viene incluido con el osciloscopio podemos hacer lo mismo que con un osciloscopio digital de sobremesa, con la ventaja de que el coste se reduce muchísimo gracias a que aprovechamos el hardware del PC.



Originalmente estos osciloscopios venían un poco limitados en ancho de banda y otras prestaciones, en comparación con los digitales de sobremesa, pero hoy en día ya existen modelos con posibilidades completamente equivalentes.

En mi opinión, el osciloscopio de PC se ha convertido en la mejor opción para el usuario particular, tanto para aficionados como para profesionales que disponen de su propio taller particular, dado que por lo general todos disponemos de un ordenador personal o de trabajo.

Sin embargo, cuando hablamos de talleres, laboratorio o aulas donde varias personas deben trabajar simultáneamente, el osciloscopio de PC deja de ser práctico y en este caso lo mejor es optar por digitales de sobremesa, ya que si por cada puesto de trabajo debemos invertir tanto en un osciloscopio como en un PC, al final la solución va a salir más cara y perderemos espacio, por no hablar de que en estos casos un osciloscopio digital de sobremesa agiliza mucho el trabajo y la curva de aprendizaje.

- **Ancho de Banda:** El ancho de banda de un osciloscopio determina la frecuencia máxima que un osciloscopio puede medir. Dicho esto podríamos pensar que un osciloscopio de por ejemplo 100 MHz nos permitiría medir señales de hasta 100 MHz con una fiabilidad absoluta, pero lamentablemente esto no es así.
Hay que tener en cuenta que el ancho de banda se refiere al rango total de frecuencias hasta alcanzar una atenuación en la señal de -3 dB. Esto significa que si por ejemplo pretendemos medir una señal de 100 MHz y 1 Vpp con un osciloscopio de 100 MHz, el resultado en pantalla va a ser una señal de aproximadamente 0,7 Vpp, lo que equivale a un margen de error del 30% en la medición.
Para evitar esto debemos escoger un osciloscopio con un ancho de banda muy superior a la frecuencia máxima que pretendemos medir en nuestra aplicación. La regla sería la siguiente: si queremos medir señales de por ejemplo 100 MHz el osciloscopio debe tener un ancho de banda como mínimo tres veces superior para que el margen de error no supere el 5% o cinco veces mayor para que el error no supere el 3%.
- **Tasa de muestreo:** Propio de los osciloscopios digitales, esta característica indica la cantidad de muestras por segundo que el osciloscopio es capaz de tomar de la señal de entrada en el proceso de muestreo y digitalización de la señal. Una tasa de muestreo insuficiente afectará sobre todo en altas frecuencias, y el efecto será la insuficiencia de muestras para poder reconstruir la señal adecuadamente y que pueda haber una correcta visualización en pantalla. Una buena tasa de muestreo en un osciloscopio digital debe ser aproximadamente 10 veces superior al ancho de

banda. Un osciloscopio de por ejemplo 100 MHz lo ideal es que tenga una tasa de muestreo de 1 Gsa/s. Respetando esta regla nunca tendremos problemas.

- **Número de canales:** Dependiendo del número de señales simultáneas que nos interese visualizar deberemos determinar cuántos canales necesitamos que tenga el osciloscopio. Lo más habitual son los osciloscopios de 2 canales, pero también los hay de 4 e incluso más.
- **Cantidad de Memoria:** Recordemos que una de las características de los osciloscopios digitales es que tienen memoria, lo que nos permite adquirir y capturar tramos de señales, almacenando los valores de muestreo del intervalo capturado. Por tanto, cuanto más profundidad de memoria tenga el osciloscopio mayor será el intervalo de señal que podremos almacenar.

Conociendo y manejando bien las características anteriores podemos ser capaces de escoger un buen osciloscopio adecuado a nuestras necesidades. Solo en caso de usuarios avanzados y en aplicaciones con un alto nivel de exigencia, la lista anterior podría quedarse un poco corta y entonces habría que tener en cuenta algunas características adicionales que en los osciloscopios.