

Instrumentación electrónica: El multímetro, osciloscopio y generador de señales



Índice

1. Datos generales	1
2. Introducción	1
2.1. ¿Qué entendemos por instrumentación electrónica?	1
2.2. Principales instrumentos de electrónica	1
2.3. Usos y aplicaciones.....	3
2.4. Objetivos del curso	4
3. El multímetro	5
3.1. Descripción del multímetro.....	5
3.2. Descripción general de los controles	5
3.3. Conectores frontales	7
3.4. Ruleta de selección de magnitud y *escala	8
4. Teoría básica de circuitos	9
4.1. Ley de Ohm.....	9
4.2. Cálculo de resistencias en serie	9
4.3. Cálculo de resistencias en paralelo	10
5. Tomar medidas con el multímetro	11
5.1. Medir tensión	11
5.2. Medir corriente	12
5.3. Medir resistencia.....	12
6. Práctica con el multímetro	13
6.1. Circuito en serie	13
6.2. Circuito en paralelo	14
6.3. Circuitos mixtos (serie y paralelo)	16
7. ¿Qué es un osciloscopio?	18
8. ¿Cómo es una señal eléctrica?	18
9. Nuestro circuito: La fuente de alimentación	19
10. Manejo del osciloscopio	21
10.1. Controles básicos de un osciloscopio	21
10.2. El botón de encendido.....	22
10.3. Canales.....	22

10.4.	El Trigger o sistema de disparo.....	22
10.5.	Control de sensibilidad de voltaje	22
10.6.	Control de base de tiempo	23
10.7.	Posicionamiento vertical	24
10.8.	Posicionamiento horizontal.....	24
10.9.	Pulsador Auto o Autoset.....	24
10.10.	Configuraciones desde menú	25
10.11.	Calibración de la sonda.....	26
11.	Características de un osciloscopio	28
12.	Actividades con el osciloscopio a realizar	31

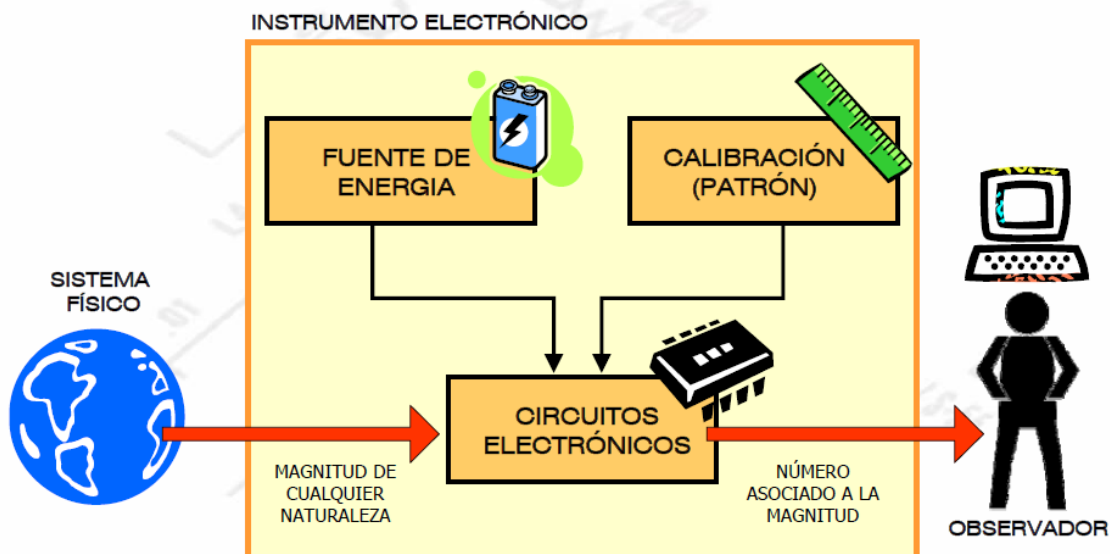
1. Datos generales

- Título del curso: INSTRUMENTACIÓN ELECTRÓNICA (EAP-03)
- Organiza: Asociación Educativa y Tecnológica Valle_Steam
- Fecha: 10/12/21
- Modalidad: Presencial
- Duración total: 3 horas
- Plazas: 20
- Docente: Augusto Samuel Hernández Martín

2. Introducción

2.1. ¿Qué entendemos por instrumentación electrónica?

Desde un punto de vista amplio la instrumentación electrónica es la materia que se ocupa de la medición de cualquier tipo de magnitud física, de su conversión a magnitudes eléctricas y de su tratamiento para proporcionar información para un sistema de control o a una persona.



Si bien esta materia se centra principalmente en el diseño y caracterización de circuitos electrónicos para sensores y equipos de medida, en este curso partiremos con uno de los temas más básicos y necesarios de electrónica, conocer los principales instrumentos y equipos de medida, imprescindibles en cualquier taller o laboratorio de electrónica, y aprender lo elemental acerca de su manejo.

2.2. Principales instrumentos de electrónica

Los principales instrumentos de un taller o laboratorio de electrónica son cuatro:

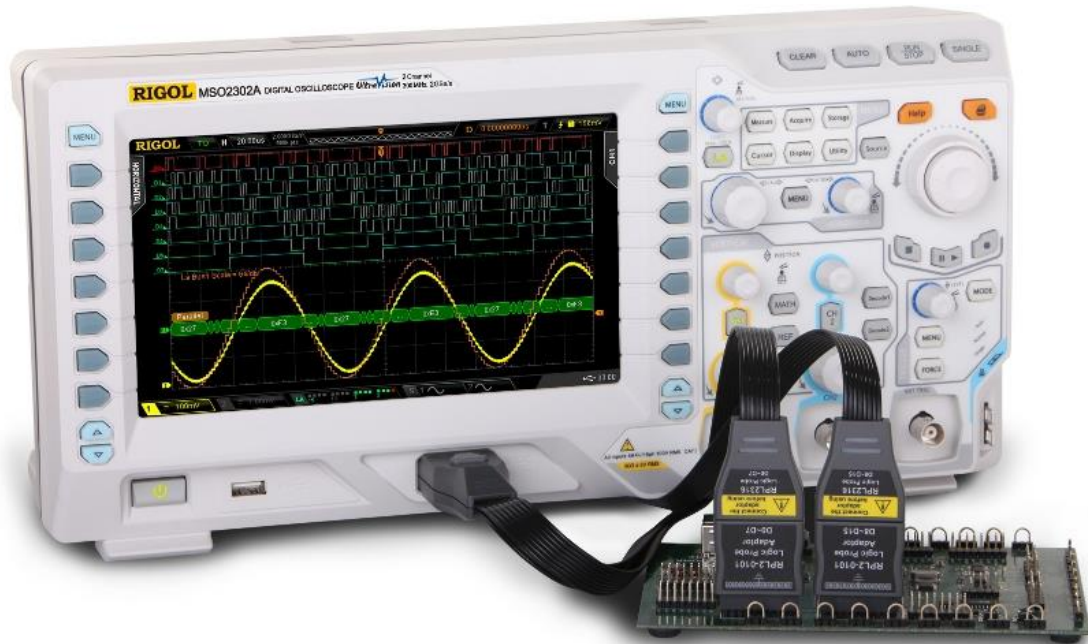
- El **multímetro**, también denominado polímetro o tester, es un instrumento que sirve para medir determinadas magnitudes eléctricas básicas como la tensión, la corriente y la resistencia.



- La **fente de alimentación regulable**. En general, una fuente de alimentación es un dispositivo que transforma la corriente alterna (CA) en uno o varios valores concretos de corriente continua (CC), con el fin de suministrar el nivel de tensión y corriente óptimos al dispositivo al que alimenta. La fuente de alimentación regulable de laboratorio es un instrumento que nos permite hacer esto mismo, pudiendo controlar de forma precisa los valores de tensión y corriente suministrados al circuito electrónico objeto de estudio.



- El **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.



- El **generador de señales**, también conocido como generador de funciones o formas de onda, es un instrumento que sirve para generar señales, periódicas y no periódicas, tanto analógicas como digitales, pudiendo por lo general regular la frecuencia de la señal generada. Las formas de onda disponibles depende del modelo de generador, pero las más comunes son la forma sinusoidal, cuadrada y triangular.



2.3. Usos y aplicaciones

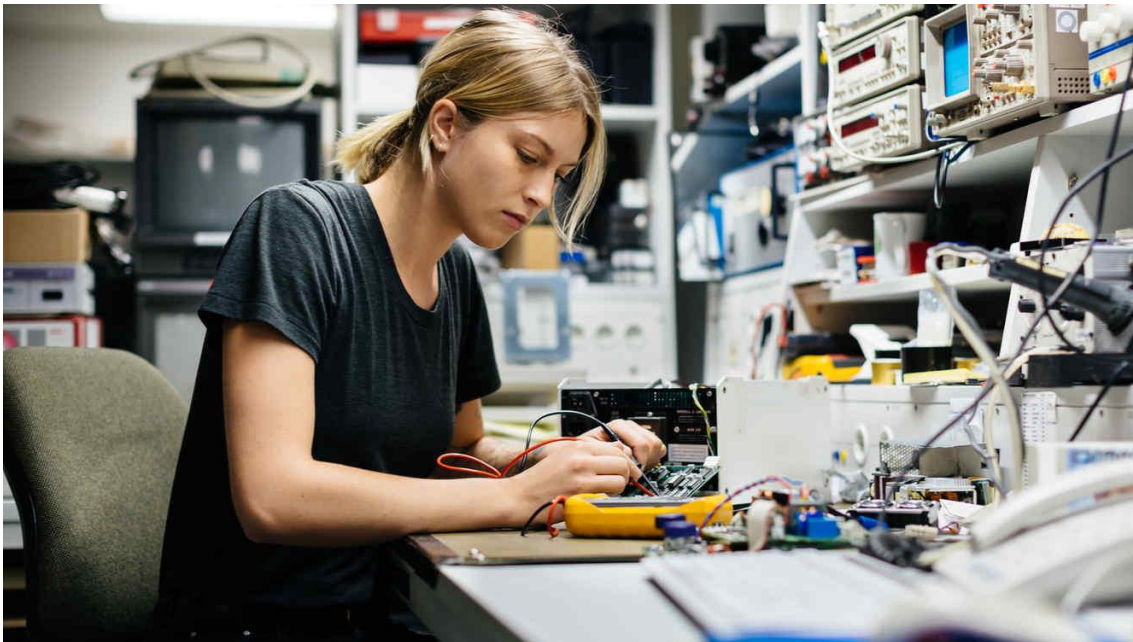
En laboratorios de electrónica y talleres, el uso de estos instrumentos es totalmente imprescindible. Incluso fuera del sector profesional, resulta cada vez más habitual

encontrar estos aparatos en hogares de aficionados a la electrónica, makerspaces y centros de enseñanza.

Entre los cuatro instrumentos introducidos anteriormente tenemos dos tipos. Por un lado la fuente de alimentación regulable y el generador de señales, que nos permiten actuar de forma controlada sobre el circuito, teniendo la capacidad de alimentar a niveles exactos de tensión y corriente, así como de aplicar señales de forma, frecuencia y amplitud controlada, y de hacerlo además de forma segura para el circuito y el técnico.

Si bien es cierto que al principio suele ser suficiente una fuente de alimentación simple (el típico cargador), una batería o una pila, para hacer nuestras primeras pruebas con circuitos, en cuanto empecemos a hacer cosas que excedan de lo básico comenzaremos a notar falta de control a la hora de actuar sobre nuestros diseños.

En lo que respecta al multímetro y al osciloscopio, estos instrumentos son nuestros ojos dentro de los circuitos, ya que nos permiten tomar medidas precisas y comprobar lo que está ocurriendo físicamente. A menos que lo que tengamos delante sea un error muy evidente, resultaría imposible detectar fallos o averías, realizar comprobaciones, diagnosticar si un componente electrónico o un módulo se encuentra en buen o mal estado, etc..., por lo que no disponer de estos aparatos significaría trabajar completamente a ciegas.



2.4. Objetivos del curso

El objetivo del curso es dar a conocer los principales instrumentos y equipos de medida necesarios en cualquier laboratorio o taller de electrónica, centrándonos en esta primera unidad en el manejo del multímetro por ser el primero y el más básico de los

instrumentos, sin bien haremos también una presentación de la fuente de alimentación regulable, el osciloscopio y el generador de señales, junto con algún ejemplo práctico para tener una visión global de estos equipos.

3. El multímetro

3.1. Descripción del multímetro

Como veíamos al principio, el **multímetro**, **polímetro** o **tester**, en su versión más simple es un instrumento que sirve para medir determinadas magnitudes eléctricas básicas como la tensión, la corriente y la resistencia. No obstante, hoy en día la mayoría de los multímetros comerciales son capaces de medir otras magnitudes entre las que podemos encontrar: continuidad, voltaje alterno, condensadores, diodos, ganancia de transistores (hFE), frecuencia y temperatura.

El multímetro que vamos a ver es el típico multímetro portátil, que es el más utilizado con diferencia, no obstante comentar que también existen los multímetros de sobremesa:



Multímetro portátil



Multímetro de sobremesa

3.2. Descripción general de los controles

Podemos encontrar dos tipos de controles en los multímetros portátiles, los controles básicos que son comunes a la mayoría de los multímetros, y los controles específicos

que añaden funciones adicionales y que pueden variar mucho en función del modelo de la marca y el modelo de multímetro.



3.3. Conectores frontales

Los conectores frontales son lo primero y lo más importante que hay que conocer acerca del multímetro. Normalmente son entre 3 y 4 conectores (3 en este caso), y sirven para conectar las sondas de medida.

En el común (**COM**) de color negro conectamos la sonda negra y será así para cualquier magnitud que queramos medir.



Luego el lugar dónde conectar la sonda roja dependerá de la magnitud que pretendamos medir y de los valores máximos que podamos alcanzar. Hay que fijarse bien en todas las indicaciones que aparecen inscritas junto a los conectores rojos del multímetro.

Si nos fijamos en la imagen de arriba, los símbolos que hay junto al **conector rojo de la derecha** nos indican que conectando la sonda roja a ese terminal podemos medir **tensiones (V), resistencias (Ω), corrientes del orden de miliamperios (mA), continuidad, diodos, capacidades, frecuencias o temperatura.**

El conector rojo de la derecha lleva conectado en serie un fusible de protección que limita la corriente máxima a 600 mA (**FUSED 600 mA**). Si medimos una corriente que sobrepase este valor, por ejemplo de 1 A, con la sonda roja conectada en el terminal de la derecha, el fusible se romperá y deberemos cambiarlo.

Luego tenemos la categoría de medición indicada en el multímetro mediante la palabra abreviada **CAT**, lo que nos indica el ámbito de uso del multímetro según para lo que ha sido diseñado por el fabricante. Existen cuatro categorías CAT definidas por la norma. Un número CAT alto hace referencia a un entorno eléctrico con una potencia disponible más alta y con transitorios de energía más altos. Por consiguiente, un multímetro diseñado para la norma CAT III resiste transitorios de energía más altos que uno diseñado para la norma CAT II.

La siguiente tabla muestra los entornos de trabajo para cada categoría de medición:

Clasificación de medición	En breve	Ejemplos
CAT IV	Conexión trifásica en la conexión del suministro, cualquier conductor en exteriores	Se refiere al "origen de la instalación", es decir, donde se realiza la conexión de baja tensión (acometida) a la red de la compañía eléctrica Contadores de electricidad y equipos de protección principales contra sobrecorrientes Acometida exterior y de servicio, cable de acometida desde el origen de media tensión al edificio, tramo entre el contador y el cuadro Línea aérea hasta edificios no adosados, línea subterránea a bombas de pozo
CAT III	Distribución trifásica, incluida la iluminación comercial monofásica	Equipos en instalaciones fijas, como cuadros de conmutación y motores polifásicos Barras y sistemas de alimentación de plantas industriales Alimentación y líneas cortas, cuadros de distribución Sistemas de iluminación en grandes edificios Tomas de corriente de dispositivos eléctricos con conexiones cortas a entradas de servicio
CAT II	Cargas conectadas en tomas de tensión monofásicas	Dispositivos eléctricos, instrumentos portátiles y otras cargas domésticas similares Tomas de corriente y ramales largos – Tomas de corriente a más de 10 metros de una fuente CAT III – Tomas de corriente a más de 20 metros de una fuente CAT IV
CAT 0	Equipo electrónico	Equipo electrónico protegido Equipo conectado a circuitos (de fuente) en los que se han tomado medidas para reducir las sobretensiones de los transitorios a un nivel bajo apropiado Cualquier fuente de alta tensión y baja energía derivada de un transformador de alta resistencia de devanado, tal como

En el caso del multímetro que estamos utilizando se trata de un CAT II.

Finalmente tenemos el **terminal rojo de la izquierda**, que en este caso está pensado para medir corrientes superiores a los 600 mA a los que nos limita el fusible del terminal rojo de la derecha, y hasta un máximo de 10 A. El terminal de la izquierda dispone también de un fusible de protección que soporta 10 A (**MAX 10 A FUSED**).

Los conectores frontales no son iguales en todos los multímetros, aunque sí bastante similares, por lo que siempre tendrás que comprobar sus características antes de empezar a usar un multímetro.

En el caso del multímetro que estamos utilizando podemos resumir diciendo que la manera de conectar las sondas de medida sería:

- La sonda negra siempre en el terminal negro.
- La sonda roja en el terminal de la derecha para medir cualquier magnitud eléctrica, salvo corrientes superiores a los 600 mA, en cuyo caso utilizaríamos el terminal de la izquierda, teniendo cuidado de no sobrepasar los valores máximos absolutos que admite el multímetro.

3.4. Ruleta de selección de magnitud y *escala

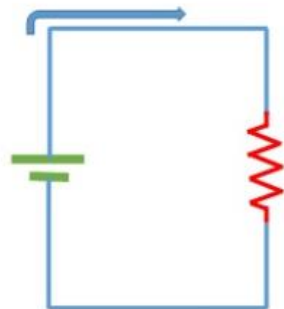
La mayoría de los multímetros digitales emplean una ruleta para seleccionar la magnitud a medir y la escala, aunque también hay modelos que en lugar de ruleta utilizan botones. La razón por lo que en el título del apartado "escala" aparece con asterisco, es porque muchos multímetros vienen con función de autorango, de modo que la ruleta sirve solo para seleccionar la magnitud a medir. Compara la ruleta del multímetro que estamos utilizando con función de autorango (imagen de la izquierda) con la ruleta de otro modelo de multímetro cuya ruleta viene con selector de escala (imagen de la derecha):



4. Teoría básica de circuitos

4.1. Ley de Ohm

En electrónica y electricidad existe una ley fundamental, la **Ley de Ohm**, que relaciona las tres magnitudes básicas más importantes de un circuito: **Tensión (Voltaje)**, **Corriente (Intensidad)** y **Resistencia**.



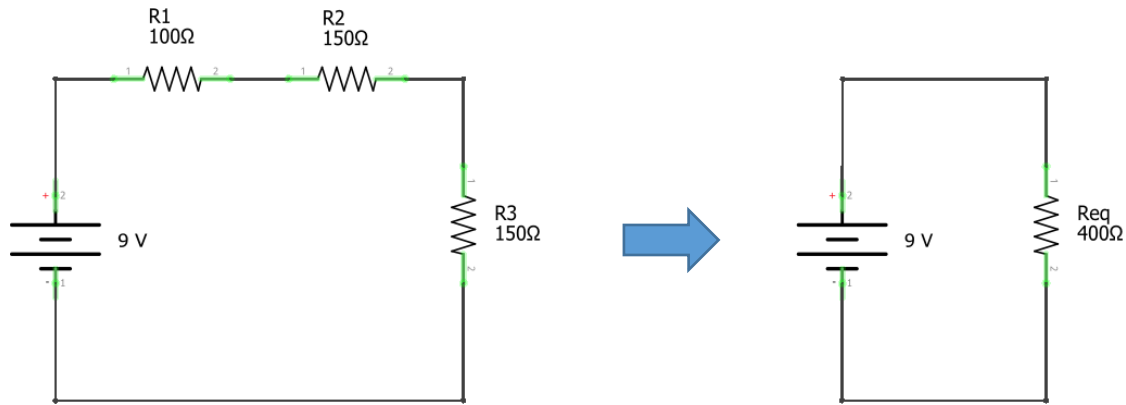
$$I = \frac{V}{R}$$

$$V = I \cdot R$$

$$R = \frac{V}{I}$$

4.2. Cálculo de resistencias en serie

Un concepto básico en electrónica es el cálculo de resistencias conectadas en serie como también conectadas en paralelo tal y como veremos en el próximo apartado. La siguiente imagen muestra un circuito formado por una pila de 9V y tres resistencias conectadas en serie:



Para simplificar los cálculos y obtener la corriente del circuito podemos calcular una resistencia equivalente que es la suma de las tres resistencias en serie:

$$Req = R1 + R2 + R3$$

Sustituyendo valores por los del circuito de ejemplo tenemos:

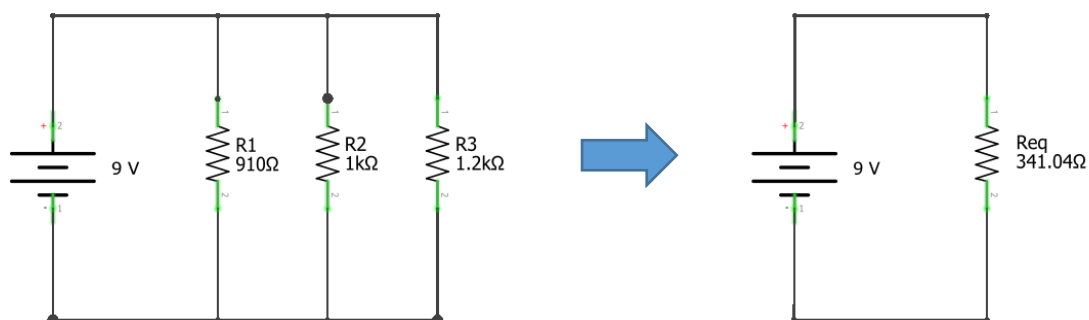
$$Req = 100 + 150 + 150 = 400 \text{ ohm}$$

Ahora que tenemos la resistencia equivalente del circuito podemos calcular fácilmente la corriente aplicando la Ley de Ohm:

$$I = \frac{V}{Req} = \frac{9}{400} = 0,0225 \text{ A} = 22,5 \text{ mA}$$

4.3. Cálculo de resistencias en paralelo

Ahora vamos a suponer que tenemos el siguiente circuito:



Para el caso de resistencias conectadas en paralelo podemos obtener también una resistencia equivalente aplicando la siguiente fórmula:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{R_2 \cdot R_3 + R_1 \cdot R_3 + R_1 \cdot R_2}{R_1 \cdot R_2 \cdot R_3}$$

Por tanto:

$$R_{eq} = \frac{R_1 \cdot R_2 \cdot R_3}{R_2 \cdot R_3 + R_1 \cdot R_3 + R_1 \cdot R_2}$$

Sustituyendo valores por los del circuito de ejemplo tenemos:

$$R_{eq} = \frac{910 \cdot 1000 \cdot 1200}{1000 \cdot 1200 + 910 \cdot 1200 + 910 \cdot 1000} = 341,04 \text{ ohm}$$

Ahora que tenemos la resistencia equivalente del circuito podemos calcular fácilmente la corriente aplicando la Ley de Ohm tal y como hicimos en el caso anterior:

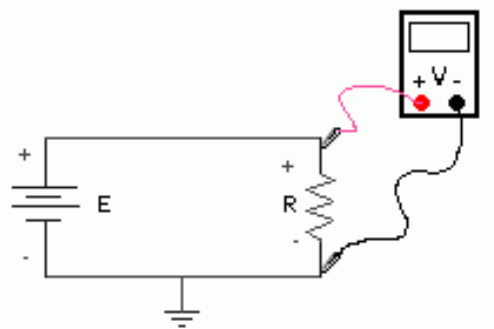
$$I = \frac{V}{R_{eq}} = \frac{9}{341,04} = 0,026 \text{ A} = 26 \text{ mA}$$

5. Tomar medidas con el multímetro

5.1. Medir tensión

Lo primero que tienes que hacer es asegurarte de que tienes el multímetro en la posición correcta. Verifica que la sonda negra está conectada en el conector común de color negro y que la sonda roja está conectada al conector rojo que tenga el símbolo de tensión. Luego giramos la ruleta hasta seleccionar la magnitud de tensión continua. Ahora que ya tenemos el multímetro preparado ya podemos medir.

La tensión se mide colocando las sondas de medida en paralelo con los terminales entre los que deseamos medir la caída de tensión o diferencia de potencial, de la manera que se muestra en la siguiente imagen:

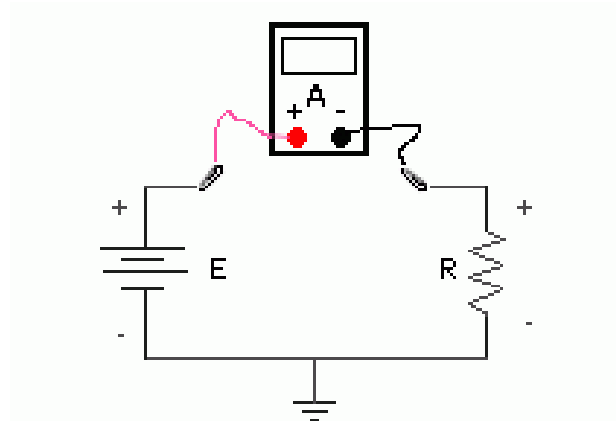


5.2. Medir corriente

Lo primero que tienes que hacer es asegurarte de que tienes el multímetro en la posición correcta. Verifica que la sonda negra está conectada en el conector común de color negro y que la sonda roja está conectada al conector rojo que permite medir corriente dentro del máximo admisible por el fusible correspondiente. Ten mucho cuidado en este paso de no conectar la sonda roja al terminal incorrecto para evitar romper el fusible o provocar daños al multímetro. Si no estás seguro de que la corriente que vas a medir es más pequeña que el amperaje del fusible de menor valor, más vale que utilices el terminal rojo del fusible de mayor valor.

Una vez colocadas las sondas en el lugar correcto, gira la ruleta hasta seleccionar amperios o miliamperios dependiendo del orden de magnitud aproximado que esperas medir.

Hecho esto ya puedes medir la corriente del circuito. Para ello tienes que abrir el circuito y cerrarlo conectando las sondas del multímetro en serie tal y como se muestra en la imagen:

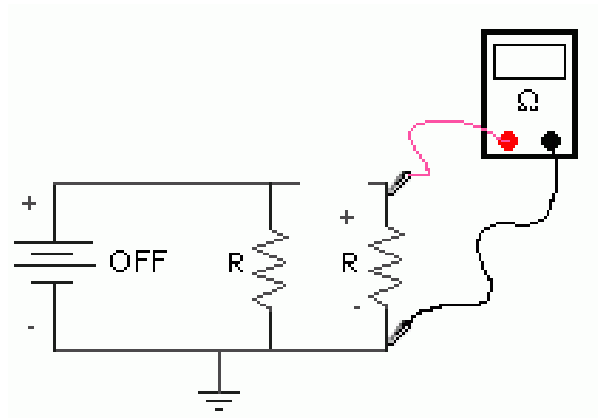


5.3. Medir resistencia

Lo primero que tienes que hacer es asegurarte de que tienes el multímetro en la posición correcta. Verifica que la sonda negra está conectada en el conector común de color negro y que la sonda roja está conectada al conector rojo que permite medir resistencias. Una vez colocadas las sondas en el lugar correcto, gira la ruleta hasta seleccionar ohmios antes de proceder a medir la resistencia o las resistencias.

Para medir el valor de una resistencia o de un conjunto de resistencias, tienes que tocar los pines del componente con las sondas del multímetro, asegurándote primero de haber desconectado la resistencia del circuito, ya que mientras está conectada el valor medido no será correcto. ¿Por qué sucede esto? Si mides una resistencia dentro de un circuito lo que vas a ver no es solo el valor de la resistencia, sino la resistencia de todos los componentes del circuito que entre todos generan una resistencia equivalente conectada en paralelo a la resistencia que deseamos medir, lo que significa que el valor que visualizaremos en el multímetro será inferior al valor real de la resistencia. Esto

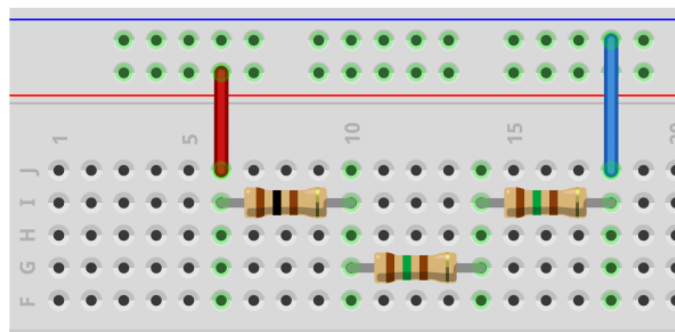
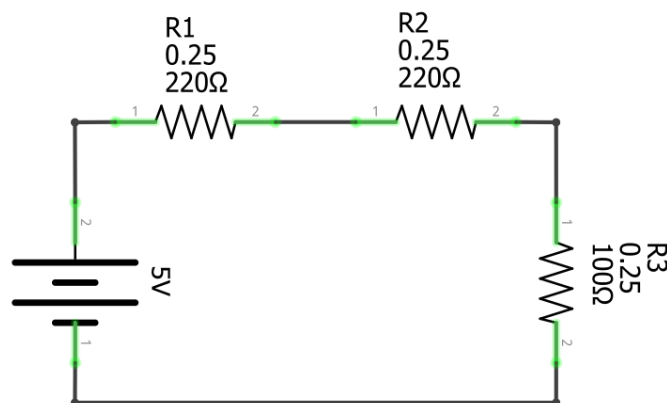
mismo ocurre también con otros componentes que normalmente se pueden medir con el multímetro como el condensador.



6. Práctica con el multímetro

6.1. Circuito en serie

Montemos un circuito similar al anterior de tres resistencias conectadas en serie, en el que haremos el cálculo teórico de resistencia equivalente y corriente y posteriormente sus mediciones:



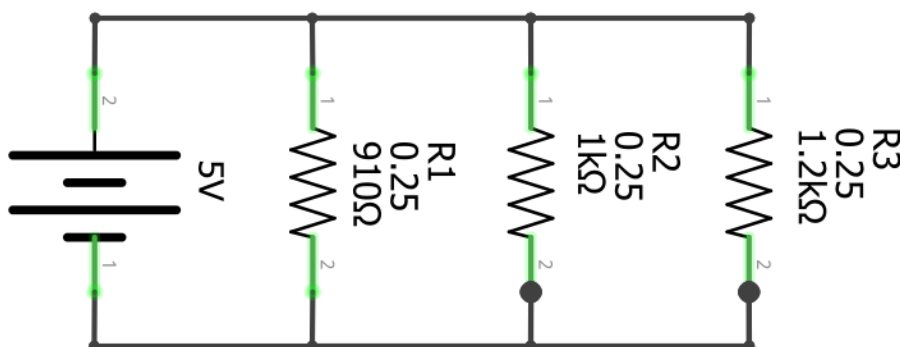
Ahora con el multímetro vamos a comprobar como efectivamente los valores reales se aproximan mucho a los valores teóricos. Realiza las siguientes mediciones:

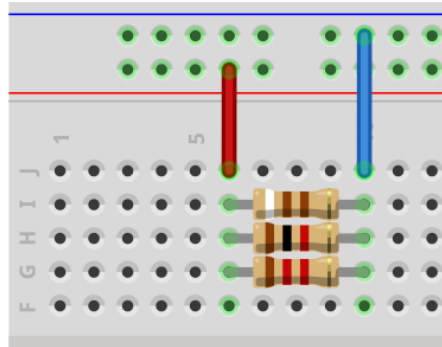
- Mide la tensión real de la pila
- Mide los valores de las resistencias por separado
- Conecta las tres resistencias en serie y mide el valor de la resistencia equivalente
- Mide la corriente del circuito
- Mide la caída de tensión en cada una de las resistencias
- Complete la siguiente tabla:

Tensión de alimentación medida (V):	
R1 medida (Ohm):	
R2 medida (Ohm):	
R3 medida (Ohm):	
Resistencia equivalente teórica (Ohm):	
Resistencia equivalente medida (Ohm):	
Corriente teórica (A):	
Corriente medida (A):	

6.2. Circuito en paralelo

Ahora montemos un circuito de 3 resistencias en paralelo:





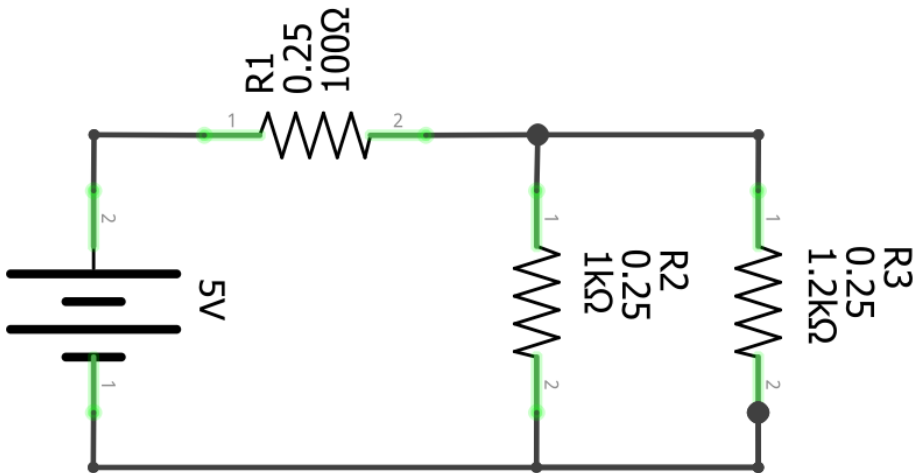
Ahora con el multímetro vamos a comprobar como efectivamente los valores reales se aproximan mucho a los valores teóricos. Realiza las siguientes mediciones:

- Mide la tensión real de la pila
- Conecta las tres resistencias en paralelo y mide el valor de la resistencia equivalente
- Mide la corriente del circuito
- Mide la corriente en cada resistencia y comprueba que la suma de las tres coincide con la corriente de la pila
- Mide la caída de tensión en cada una de las resistencias
- Complete la siguiente tabla:

Tensión de alimentación medida (V):	
R1 medida (Ohm):	
R2 medida (Ohm):	
R3 medida (Ohm):	
Resistencia equivalente teórica (Ohm):	
Resistencia equivalente medida (Ohm):	
Corriente teórica total (A):	
Corriente total medida (A):	
Corriente por R1 (A):	
Corriente por R2 (A):	
Corriente por R3 (A):	

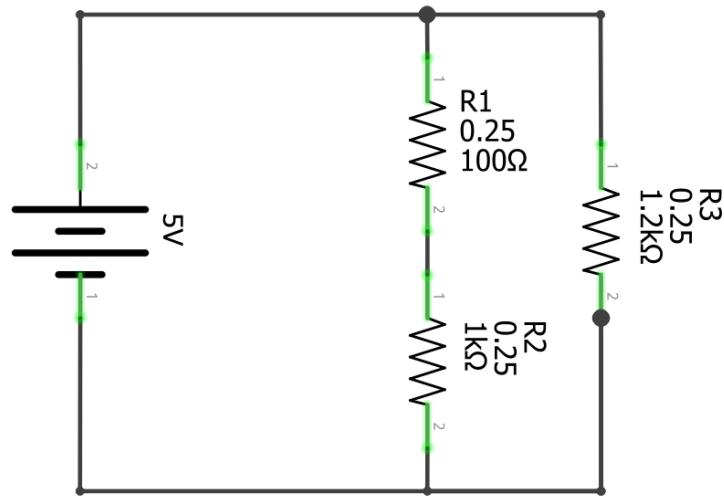
6.3. Circuitos mixtos (serie y paralelo)

El siguiente ejercicio consistirá en montar un circuito mixto en serie y paralelo y realizar los cálculos teóricos y las mediciones.



Tensión de alimentación medida (V):	
R1 medida (Ohm):	
R2 medida (Ohm):	
R3 medida (Ohm):	
Resistencia equivalente teórica (Ohm):	
Resistencia equivalente medida (Ohm):	
Corriente teórica total (A):	
Corriente total medida (A):	
Corriente por R1 (A):	
Corriente por R2 (A):	
Corriente por R3 (A):	

Otro circuito a montar y calcular será el siguiente:



Tensión de alimentación medida (V):	
R1 medida (Ohm):	
R2 medida (Ohm):	
R3 medida (Ohm):	
Resistencia equivalente teórica (Ohm):	
Resistencia equivalente medida (Ohm):	
Corriente teórica total (A):	
Corriente total medida (A):	
Corriente por R1 (A):	
Corriente por R2 (A):	
Corriente por R3 (A):	

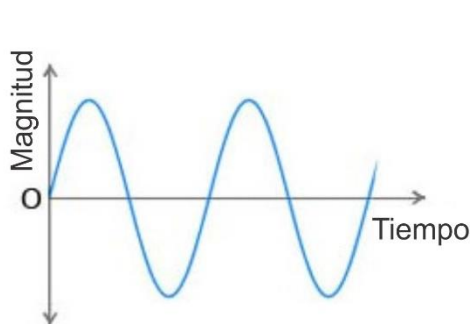
7. ¿Qué es un osciloscopio?

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.

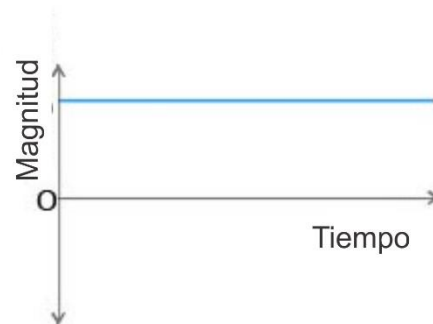
Poder visualizar gráficamente una señal eléctrica nos permite conocer su valor de voltaje en función del tiempo, así como su periodo (e indirectamente su frecuencia), lo cual es fundamental para comprender lo que ocurre en el interior de un circuito electrónico en sus diferentes etapas, y con ello poder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

8. ¿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.

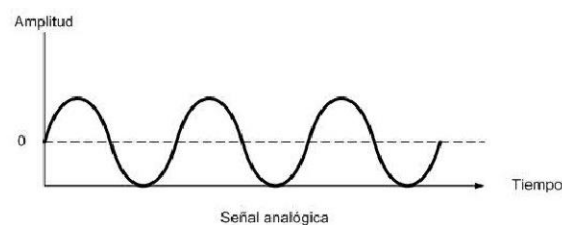


Corriente Alterna AC

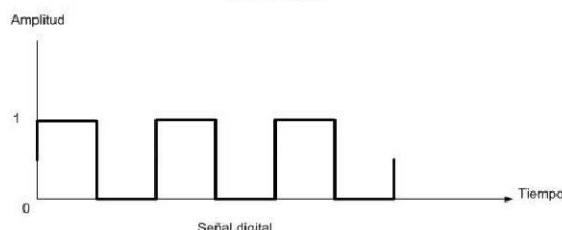


Corriente Directa DC

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.

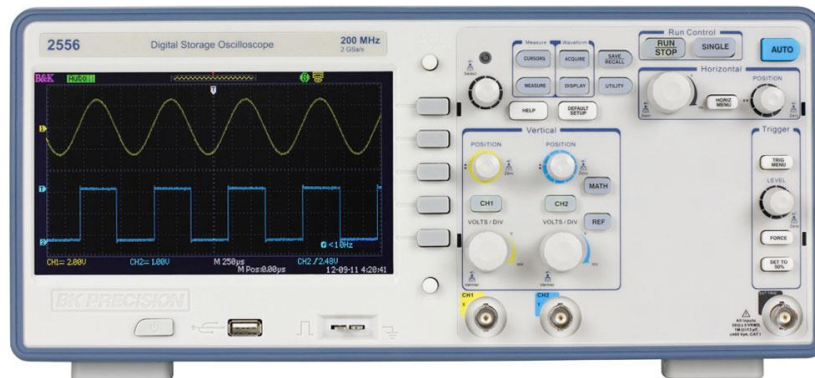


Señal analógica



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.

9. 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.

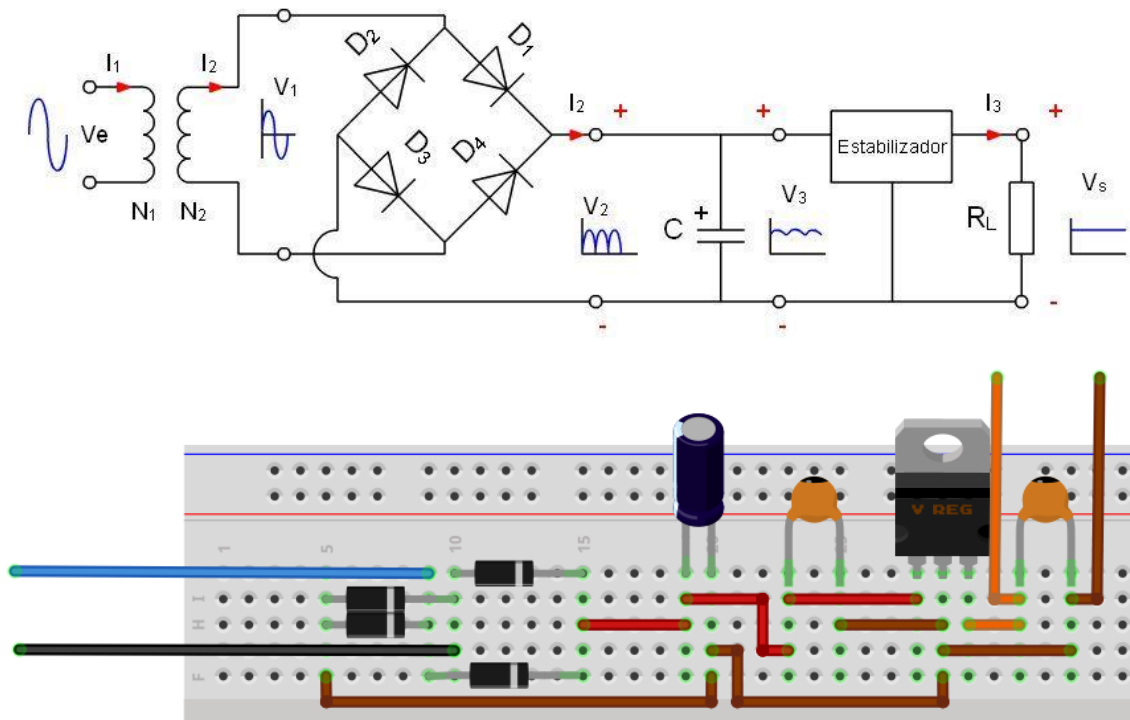
Como muchos saben, la fuente de alimentación es el circuito encargado de transformar la corriente alterna que podemos obtener directamente de cualquier enchufe, en el nivel de corriente continua que precisa un determinado aparato para funcionar, y dado que en electrónica de consumo la mayoría de dispositivos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

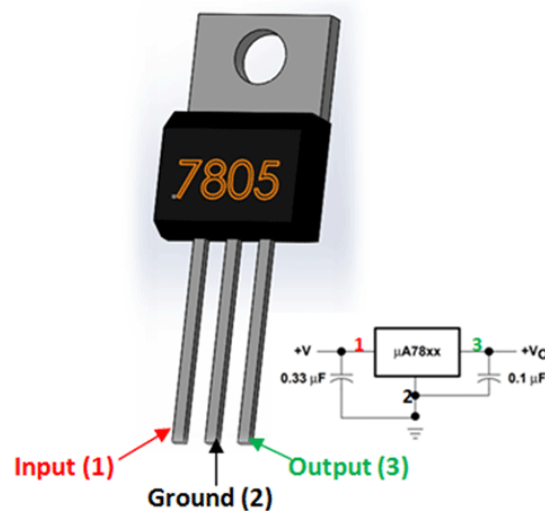
Aparte de las ventajas anteriores, este circuito resulta ser un ejemplo muy adecuado para cumplir con el propósito principal de este curso, que es enseñar a los alumnos el

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

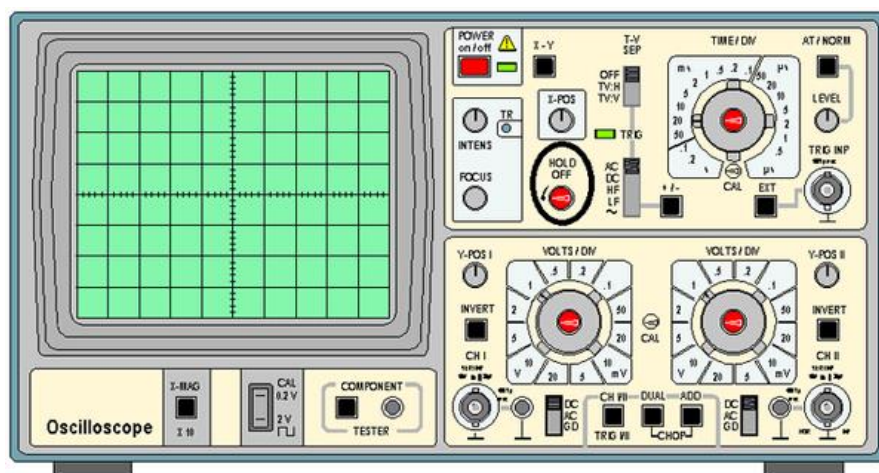
10. Manejo del osciloscopio

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.

10.1. 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 utilicemos en el presente curso.

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



10.2. El botón de encendido

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

10.3. 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.

10.4. 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.

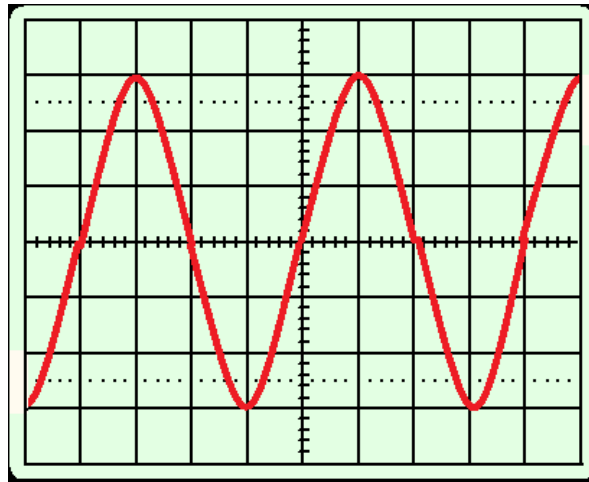
El ajuste manual del trigger normalmente se realiza desde un botón giratorio, aunque habitualmente, y sobre todo en lo que respecta en los osciloscopios digitales, la función trigger tiene asociados más botones para su configuración que nos permiten determinar la forma en que nos interesa capturar la 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.

10.5. 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:



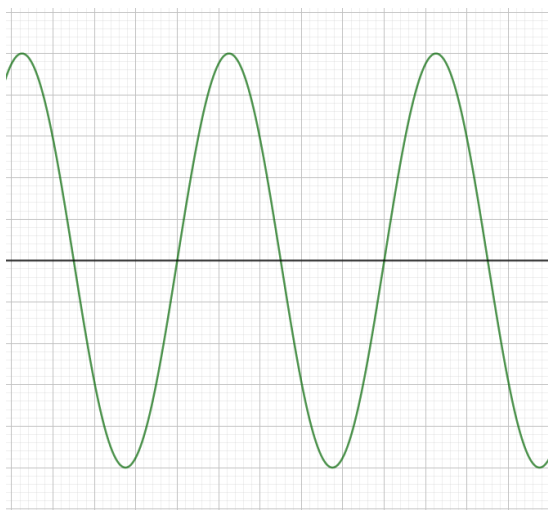
Al ajustar la escala en el eje Y determinamos a qué valor de tensión equivale cada cuadradito de 1 cm. Si por ejemplo lo fijamos a 2 voltios/div significa que cada división de 1 cm equivale a una magnitud de 2 voltios en la señal.

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.

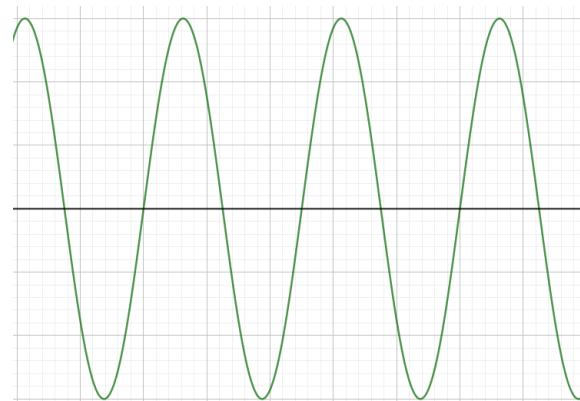
10.6. Control de base de tiempo

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.

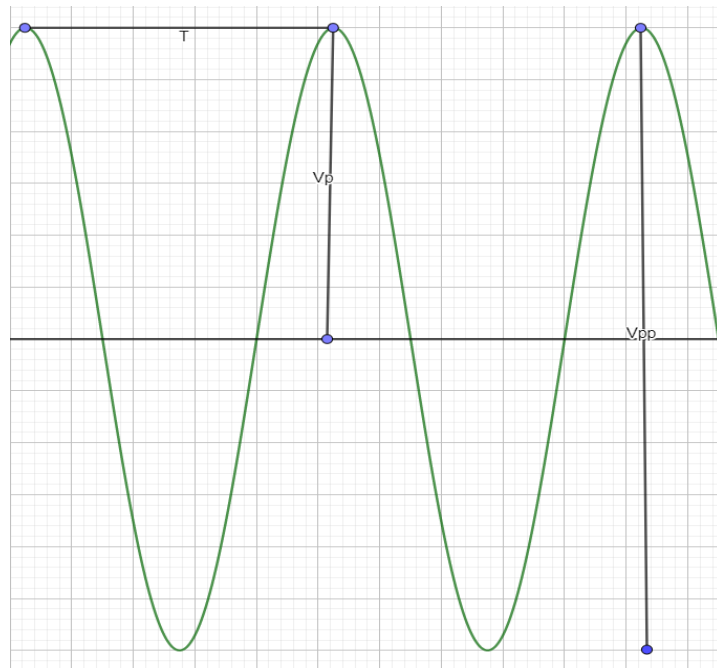
De esta forma podemos determinar a cuántos segundos equivale cada división de 1 cm en el eje X, y así ajustar adecuadamente la forma de la señal en la pantalla para que se pueda visualizar correctamente, y de esta manera obtener de la gráfica el periodo de la señal.



Eje X: 10ms/div
Eje Y: 200mV/div



Eje X: 20ms/div
Eje Y: 100mV/div



Parámetros básicos a medir en una onda senoidal.

10.7. 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.

10.8. 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.

10.9. 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.

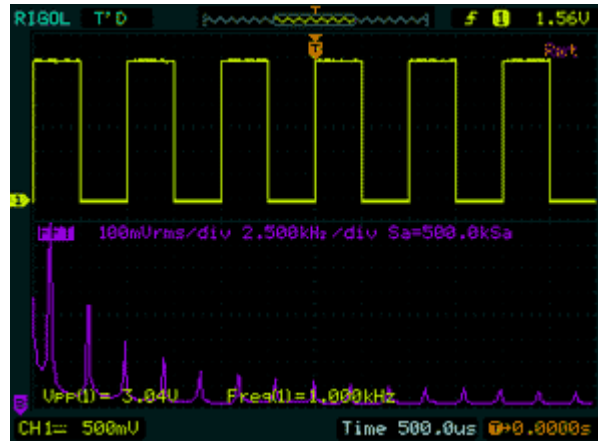
10.10. Configuraciones desde menú

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.

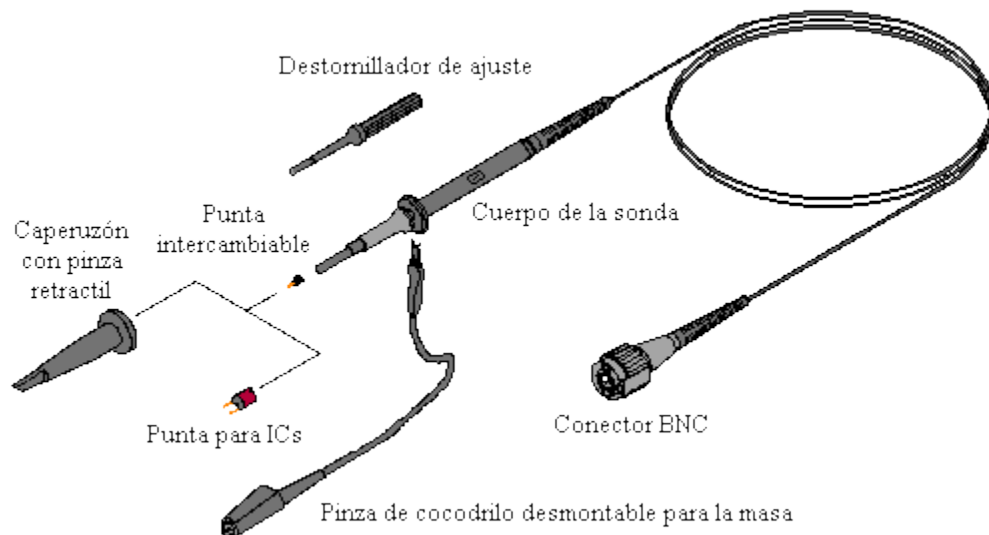


- **Ajustes de muestreo:** Recordemos que un osciloscopio digital recibe la señal por el canal de entrada, la muestrea, la digitaliza y almacena los datos para finalmente reconstruir la señal a partir de los datos obtenidos y mostrarla por pantalla. Pues bien, sabiendo esto hay que tener en cuenta que 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...

10.11. 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.

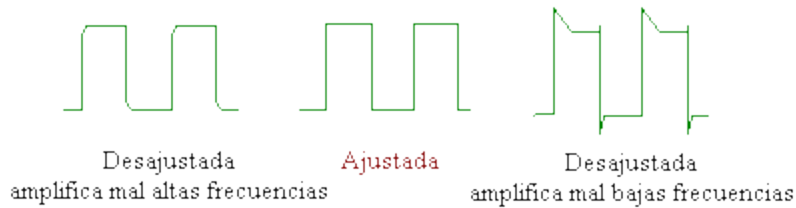


A la mayoría de las sondas actuales se les puede aplicar un factor de atenuación ajustable (1X, 10X, 100X,...), si bien el más ampliamente utilizado para la mayoría de las mediciones es el factor 10X (sobre todo para señales por encima de los 10mV y frecuencias superiores a los 5 KHz), con el cual la 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.

11. 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.

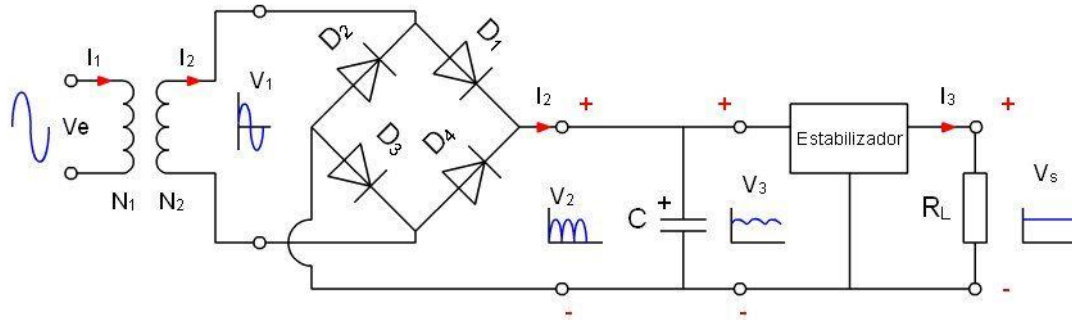
- **Ancho de Banda:** El ancho de banda de un osciloscopio determina la frecuencia máxima que un osciloscopio puede medir. Dicho esto podríamos pensar que un osciloscopio de por ejemplo 100 MHz nos permitiría medir señales de hasta 100 MHz con una fiabilidad absoluta, pero lamentablemente esto no es 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.

12. Actividades con el osciloscopio a realizar

Ajustes y controles del osciloscopio:	
Auto calibración del osciloscopio: <ul style="list-style-type: none"> • Encendemos el osciloscopio (esperar 20 min). • De momento no conectamos ninguna sonda a los canales del osciloscopio. • Pulsamos el botón Utility para entrar en el menú de configuración. • Pulsamos la opción Auto Calibración para que dé comienzo el proceso. • Esperamos pacientemente a que el osciloscopio termine (este proceso tarda alrededor de 5 minutos). 	Observaciones:
	Completado <input type="checkbox"/>
Calibración de la sonda: <ul style="list-style-type: none"> • Conectamos la sonda a uno de los canales y medimos la señal de prueba que aporta el propio osciloscopio. • Ajustamos la base de tiempos y el control de sensibilidad de voltaje de forma automática (Autoset). • Revisamos las configuraciones del canal (Acoplamiento, atenuación...). • Nos fijamos en las funciones adicionales del Autoset. • Ajustamos la sonda. 	Observaciones:
	Completado <input type="checkbox"/>
Entorno gráfico: <ul style="list-style-type: none"> • Nos fijamos en el entorno gráfico del osciloscopio y en la información básica que ofrece. • Ajustamos manualmente la sensibilidad de voltaje. • Ajustamos manualmente la base de tiempos. • ¿Qué tipo de mediciones automáticas se muestran por pantalla?..... 	Observaciones:
	Completado <input type="checkbox"/>
Adquisición de datos: <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuáles son los diferentes modos de adquisición de datos que generalmente nos ofrece un osciloscopio?..... • ¿Qué modo de adquisición podemos utilizar para reducir el ruido al máximo?..... • ¿Qué valores de profundidad de memoria admite mi osciloscopio?..... 	Observaciones:
	Completado <input type="checkbox"/>

<p>Funcionamiento del Trigger:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ajustamos manualmente el trigger. • Echamos un vistazo a los tipos de trigger. • Accedemos al menú del trigger. • ¿Qué sucede cuando el trigger no está correctamente ajustado?..... 	<p>Observaciones:</p> <p>Completado <input type="checkbox"/></p>
<p>Mediciones automáticas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Accedemos al menú de mediciones (Measure). • ¿Qué medidas muestra por defecto el menú?..... • ¿Existe información redundante en las mediciones que se muestran por defecto?..... • ¿Qué tipo de mediciones nos puede interesar tener más a mano?..... 	<p>Observaciones:</p> <p>Completado <input type="checkbox"/></p>
<p>Mediciones con cursores:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Comprobemos con los cursores que la medida automática del periodo y la frecuencia es correcta. • Comprobemos también con los cursores horizontales el valor de tensión pico-pico de la señal. • ¿Cuál es el tiempo de subida de la señal? ¿Coincide con la medida automática?..... 	<p>Observaciones:</p> <p>Completado <input type="checkbox"/></p>
<p style="text-align: center;">Trabajando con el circuito:</p> <p>La siguiente imagen muestra el circuito de una fuente de alimentación básica que deberemos de ir montando etapa por etapa, y con la ayuda del osciloscopio, comprobar la forma de la señal en cada punto del circuito.</p> <p>Distinguiremos cuatro etapas fundamentales (V1, V2, V3 y Vs), cuya forma de onda deberá coincidir con las que se muestran en el circuito.</p>	



Empecemos con el transformador:

- Conectamos solo el transformador. El devanado primario a una toma de corriente 220V y el devanado secundario a la protoboard.
- Medimos la salida del transformador con el osciloscopio.
- ¿Qué tipo de onda se muestra?.....
- ¿Cuál es la frecuencia de la señal?.....
- ¿Cuáles son los valores de tensión que mide el osciloscopio? ¿Coincide con lo esperado?.....
.....
- Antes de terminar con el transformador almacenamos una imagen de la forma de onda V1 en el pendrive.

Observaciones:

Completado ☐

Continuamos con el puente de diodos:

- Ahora conectamos los cuatro diodos de la forma que se muestra en el circuito, consiguiendo así un puente rectificador de onda completa.
- Medimos con el osciloscopio para obtener la señal V2.
- ¿Qué ha pasado con la forma de onda? ¿Por qué es diferente?.....
.....
- ¿La frecuencia de la señal sigue siendo la misma? ¿Por qué?.....
.....
- ¿Cuáles son los nuevos niveles de tensión? ¿Por qué han cambiado?.....
.....
- Antes de terminar este apartado almacenamos una imagen de la señal V2 en el pendrive.

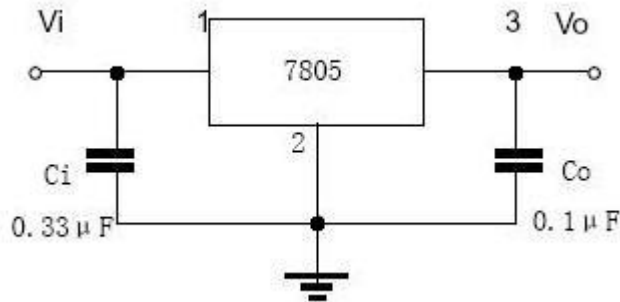
Observaciones:

Completado ☐

9

Ya solo nos queda el estabilizador:

- Para ello vamos a utilizar un regulador de tensión 7805, teniendo en cuenta que la forma óptima de utilizar este componente es usando dos condensadores adicionales, tal y como recomienda el fabricante:



- ¿Cómo ha cambiado en este caso la señal? ¿Hemos por fin obtenido una señal continua?.....
.....
- ¿Qué ocurre si volvemos a reducir el valor de los condensadores? ¿Se mantiene estable y continua el valor de tensión a la salida?.....
.....
- Antes de dar por finalizada la práctica hacemos una captura de la forma de señal Vs y la almacenamos en nuestro pendrive.

Observaciones:

Completado ☐