

INSTRUMENTACIÓN Y MEDIDA

José Miguel Castillo Castillo



17

INSTRUMENTACIÓN Y MEDIDA

INDICE DE CONTENIDO. INSTRUMENTACIÓN Y MEDIDA

1. INTRODUCCIÓN

- 1.1. Historia
- 1.2. Magnitud a medir
- 1.3. Error en la medición
- 1.4. Interferencias en la medida

2. TIPOS Y FUNDAMENTOS DE LOS EQUIPOS DE MEDIDA

- 2.1. Clasificación de los equipos de medidas
- 2.2. Los capacitómetros
- 2.3. Medidas de Inductancias
- 2.4. Los vatímetros
- 2.5. Medida de la frecuencia
- 2.6. El Amperímetro
- 2.7. Voltímetros
- 2.8. Los ohmímetros

3. MEDIDORES ANALÓGICOS Y DIGITALES

- 3.1 Medidores Analógicos
 - Polímetro Analógico
 - Voltímetro
 - Amperímetro
 - Ohmímetro
- 3.2. Medidores Digitales
 - Voltímetro
 - Amperímetro
 - Ohmímetro
 - Capacímetros
 - Inductómetro
 - Frecuencímetro
 - Transistómetro
 - Vobulador
- 3.3. Diferentes instrumentos de medida

4. EL OSCILOSCOPIO

- 4.1 Partes de un osciloscopio
- 4.2 Controles de un osciloscopio
- 4.3 Ajuste del osciloscopio
- 4.4 Formas de medición
- 4.5 Parámetros de un osciloscopio
- 4.6 Los mandos básicos
- 4.7 Mandos del eje vertical
- 4.8 Mandos del eje horizontal
- 4.9 Otros mandos de los osciloscopios
- 4.10 Osciloscopio digital
- 4.11 Medidas con osciloscopios

INSTRUMENTACIÓN Y MEDIDA

5. LA SONDA

- 5.1 Función de una sonda
- 5.2 Tipos de sonda
- 5.3 Grupos de sonda

6. SISTEMAS DE INSTRUMENTACIÓN

- 6.1 ¿Qué se pretende conseguir con los sistemas de instrumentación?
- 6.2 Compatibilidad entre equipos
- 6.3 La normalización
- 6.4 Constitución de un sistema de instrumentación
- 6.5 Sistema de interconexión. Características de un interfaz.
- 6.6 Norma IEEE 488.1
- 6.7 Norma IEEE 488.2

INSTRUMENTACIÓN Y MEDIDA

1. INTRODUCCIÓN

Sin duda alguna, el gran avance tecnológico que ha tenido lugar en la vida del hombre se ha debido a la capacidad de este para comprender los fenómenos que le rodean. No obstante, resulta insuficiente poder comprender cualitativamente la naturaleza de un fenómeno: se hace necesario, además de poder decir por qué se produce, el ser capaz de cuantificarlo. Este es el origen del nacimiento de una rama de la ciencia tan imprescindible como es la **instrumentación** y **medida**.

1.1. Historia

Hace ya algunos siglos, filósofos y científicos, los cuales eran considerados prácticamente como un solo estamento, impusieron como método principal para el trabajo científico el método experimental. Dicho método sostenía que cualquier afirmación teórico-científica debía estar apoyada por su correspondiente prueba experimental. De no ser así, la teoría en cuestión quedaba relegada a un segundo plano, hasta que pudiera ser demostrada experimentalmente. Todavía hoy existen innumerables teorías físicas que no han podido ser demostradas al ciento por ciento experimentalmente y, por tanto, su validez está condicionada a una posible demostración práctica de su veracidad o, por el contrario, de su invalidez.

Con la imposición de este método experimental surgió, paralelamente a los avances científicos, toda una "*ciencia*" basada en la toma de datos y medidas de magnitudes. Después, nacieron laboriosos métodos para el cálculo de los errores cometidos en la toma de datos e, igualmente, apareció todo un mercado basado en la previsión y exactitud de los aparatos de medida utilizados.

Quizá pueda parecer exagerado dar tanta importancia a este apartado en el mundo científico. Pensemos simplemente en que para diseñar cualquier dispositivo hacen falta datos para poder definir sus características. Estos datos, necesarios para el diseño del mismo, han sido tomados con los **aparatos de medida**. Si los aparatos de medida utilizados no son lo suficientemente precisos, los datos que poseemos para el diseño de nuestro dispositivo darán lugar a un dispositivo que no va a responder a las características que nosotros suponíamos que debería tener. Continuando con la cadena, si el dispositivo anteriormente diseñado lo hubiésemos necesitado para elaborar cualquier trabajo, y posteriormente extraer conclusiones sobre los resultados obtenidos, podemos suponer lo que podrían diferir nuestras conclusiones con la realidad, debido a la imprecisión de los aparatos utilizados.

1.2. La magnitud a medir

La realización de medidas de las distintas magnitudes es una de las tareas más importantes dentro del mundo de la electrónica, ya que así somos capaces de controlar los valores de un determinado circuito e incluso podemos llegar a detectar los posibles errores que se produzcan.

Para poder estudiar los fenómenos físicos de cualquier tipo, entre los que se incluyen los **electrónicos**, es necesario realizar medidas sobre las diferentes magnitudes que intervienen en los procesos.

Los instrumentos de medida y los diferentes procedimientos para realizar dichas medidas son innumerables, habiendo multitud de clasificaciones dependiendo del tipo de **magnitud** que deseamos medir, del tipo de aparato que vayamos a usar, de la forma que este tenga de realizar la medida, de la forma de presentar el resultado final de dicha medición, etc.

INSTRUMENTACIÓN Y MEDIDA

De las diversas clasificaciones que se pueden hacer, nos vamos a quedar con una y es el tipo de magnitud que se vaya a medir. Así pues, podemos tener voltímetros que miden tensión, amperímetros que miden corriente eléctrica, capacitímetros que miden capacidad y muchos que vamos a ir analizando adecuadamente.

Dos factores muy importantes a tener en cuenta para estimar el funcionamiento de un aparato de medida son el campo de medida y el error que van a cometer. Los aparatos de medida no son completamente exactos y se producen errores debido a diversas causas, como pueden ser: errores en la fabricación del aparato, influencias de los cambios de temperatura, etc. Cuanto **menores** sean estos **errores**, el aparato será más exacto y, por lo tanto, mejor. En lo que se refiere al campo de medida, todos nos imaginamos que un aparato no puede medir cualquier valor de una **magnitud**, es decir, si, por ejemplo, tenemos un **voltímetro** que mide la tensión, va a tener un rango de valores cuya medida será muy exacta y, por encima o por debajo de ese rango, el número de posibilidades de que la medida sea incorrecta va a ser mayor cuanto más nos alejemos del campo de medida.

Si analizamos el funcionamiento de un aparato de medida podemos ver que este consta de dos partes. Una de ellas es el **traductor**, que es el encargado de convertir la magnitud eléctrica en otro tipo de magnitud que sea la adecuada para actuar sobre el sistema de medida.

La otra parte es el **sistema indicador**, que va a estar compuesto por una **parte fija** y otra **móvil**, siendo esta última la que, actuando sobre una escala, va a moverse adecuadamente para indicar la medida que está realizando en cada momento. El fundamento de cualquier aparato de medida es conseguir que la parte móvil del sistema indicador se mueva adecuadamente para cada medida. Esto se suele lograr aplicando a esta parte móvil una fuerza realizada por la **magnitud** a medir. Esta fuerza va a ser la encargada de mover el indicador, por lo que, si la fuerza es mayor, se moverá más y, si es menor, menos, obteniendo así el valor que estamos midiendo en cada momento.

1.3. Error en la medición

Un factor inevitablemente ligado a la toma de medidas es el error cometido en la medida. Cualquier científico es consciente de la imprecisión de las medidas. No existe la medida perfecta. Sin embargo, esto no es un gran problema siempre que se pueda saber el error que se ha cometido y que este sea lo suficientemente pequeño en comparación con la medida realizada. Un ejemplo muy ilustrativo, y de actualidad, sobre lo que estamos hablando lo podemos encontrar en la reciente construcción del famoso túnel del "*Canal de la Mancha*". Como todos sabemos, hace unos años concluyeron las obras de un túnel construido por debajo del mar que unía las Islas Británicas con Francia. Esta construcción se llevó a cabo simultáneamente desde Francia y desde Inglaterra. Ambos países comenzaron a excavar el túnel. Desde Francia se excavaba en dirección a Inglaterra y desde Inglaterra en dirección a Francia. Se tenía previsto que ambos túneles se juntaran en un determinado punto en mitad del mar que los separa. Ambas excavaciones eran dirigidas simultáneamente desde el espacio, vía satélite. El satélite que los guiaba estaba constantemente realizando medidas sobre su posición y corrigiendo cualquier mínima desviación que pudiera darse. Finalmente, el encuentro entre ambos tuvo lugar y el túnel pudo concluirse felizmente.

Como hemos dicho anteriormente, las medidas realizadas por el satélite sobre la posición de cada una de las partes, como cualquier otra medida, tenía un error. Sin embargo, el error presente en estas medidas no llegaba a la fracción de milímetro. Podemos comprender fácilmente que, en un túnel de varios cientos de kilómetros, un error de un milímetro arriba o abajo es totalmente despreciable frente a la magnitud de la medida considerada.

INSTRUMENTACIÓN Y MEDIDA

1.4. Interferencias en la medida

Al realizar la medida de una señal pueden producirse errores provocados por diferentes tipos de interferencias externas a la señal. Entre las causas que pueden provocar estas interferencias se encuentran los efectos del ambiente, como pueden ser cambios en la presión o temperatura, los errores en los componentes que forman el equipo de medida, la "intrusión" de señales no deseadas denominadas ruido y, si el aparato es analógico, es decir, la obtención de la medida no se realiza en una pantalla de cristal líquido sino con una aguja, pueden producirse errores de apreciación.

Las interferencias producidas por los cambios de temperatura son las más comunes dentro de las que se producen por efectos ambientales. Al producirse un cambio de temperatura, puede ocurrir que se dilaten los materiales, dependiendo de lo sensibles que estos sean a las variaciones de temperatura. Estas variaciones afectan bastante a los materiales semiconductores, de los cuales están compuestos un gran número de componentes electrónicos, entre ellos el **transistor**. Aparte de la dilatación, se puede producir un cambio en el valor de una resistencia producido por un cambio de temperatura. Al variar el valor de las resistencias, se puede producir, como ya vimos, un cambio en la polarización de un transistor, lo que va a afectar a todas las amplificaciones posteriores. Este es un caso bastante extremo, y es muy difícil que se produzca, a no ser que las variaciones de temperatura sean muy grandes.

La humedad del aire es otro factor que puede afectar, aunque en una medida muy pequeña. Si se mezcla la humedad y el polvo en el aire puede producirse una reducción de resistencia superficial, afectando a la resistencia de entrada del instrumento en cuestión. Los cambios en la presión también pueden producir medidas incorrectas en los cálculos, pero no son muy corrientes.

Otras causas de posibles errores al efectuar una medida son las relativas a los componentes que forman el aparato. Este tipo de fallos puede producirse en cualquiera de las numerosísimas piezas que lo forman: en una resistencia, un transistor, condensador, etc. Estos fallos no solo se producen por un defecto de fábrica sino que también pueden producirse por una mala conexión en los cables y por malas soldaduras; una simple mota de polvo puede alterar el funcionamiento de algunos componentes (en la fabricación de transistores y todo tipo de c.i. se utilizan unas medidas de limpieza muy importantes para evitar que el dispositivo esté en contacto con cualquier mota de polvo).

La interferencia de tipo electromagnético se produce entre un conductor por el cual está circulando corriente y otros conductores. Este tipo de interferencias se suele producir en las conexiones de las fuentes de alimentación y en los transformadores y, para eliminarlas, suele ser necesario apantallar la habitación donde se utilice con una lámina de cobre. La alimentación que le suministremos debe ser apantallada y filtrada, utilizando un filtro formado por un condensador en paralelo seguido de un inductor en serie. Otro tipo de interferencias son las electrostáticas, que se producen por el acoplamiento capacitivo que existe entre superficies conductoras. Para paliar este efecto, es necesario colocar entre ambas superficies una pantalla puesta a potencial cero.

Cuando vamos a realizar una medida podemos estar siendo afectados por alguno de los tipos de interferencia o por varios. Uno de los efectos más comunes es que al analizar una señal se nos meta "ruido" externo que afecte a su forma. Este tipo de interferencias es muy difícil de descubrir, a no ser que sepamos de antemano la forma de la señal que queramos analizar: por ejemplo, al analizar una onda de tipo sinusoidal o con cualquier forma pura, vemos con mucha facilidad la aparición de ruido ya que la onda pierde su forma perfecta.

INSTRUMENTACIÓN Y MEDIDA

2. TIPOS Y FUNDAMENTOS DE LOS EQUIPOS DE MEDIDA

Se entiende por equipo de medida a todo dispositivo capaz de cuantificar cualquier **magnitud física**. Existe una enorme variedad de ellos debido a la gran cantidad de magnitudes susceptibles de ser medidas y a la mayor o menor sofisticación de cada aparato, cuyo fin es obtener unos resultados más precisos. Así, por ejemplo, uno de los equipos de medida más simples que existen pueden ser las **reglas**, diseñadas para medir longitudes más bien pequeñas. Otros no tan simples, pero igualmente utilizados, pueden ser el reloj, para medir tiempos, una balanza, para medir pesos... y así podríamos seguir con una interminable lista de ellos. No obstante, nuestro objeto es el estudio de los instrumentos de medidas eléctricas y por ello nos vamos a centrar en este tipo de aparatos.

INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN



2.1. Clasificación de los equipos de medidas

En una primera clasificación de los equipos de medida, los podríamos dividir en dos grandes grupos: los "*analógicos*" y los "*digitales*". Los equipos de medida analógicos son todos aquellos que están formados por un tipo de agujas, regletas móviles, etc. Son los primeros que se construyeron, lo que no quita que en la actualidad se sigan construyendo aparatos de este tipo altamente sofisticados. Su utilización está, por tanto, muy extendida y, aunque la construcción de equipos digitales está creciendo considerablemente, es más que probable que los equipos analógicos se sigan utilizando durante muchos años e, incluso, para algunas aplicaciones concretas difícilmente sean sustituidos por equipos digitales. Una de las principales diferencias de este tipo de aparatos, al estar basada su medida en una aguja, es que la exactitud de la medida no va a depender sólo de la precisión del aparato en sí, sino que entra en juego un factor humano que puede influir negativamente en la precisión de la medida. El hecho de que haya que tomar la lectura de una aguja colocada sobre una escala reglada hace que, en primer lugar, influya el ángulo desde donde se la mire y, en segundo lugar, que la apreciación personal sobre si la aguja está más cercana a esta raya o a la otra resulte decisivo para la medida realizada.

La gran mayoría de los instrumentos de medida utilizados para medir magnitudes eléctricas se basa en el efecto que produce una corriente eléctrica al circular a través de un conductor: de forma instantánea se crea un campo magnético alrededor de dicho conductor que permanecerá mientras dure el paso de corriente. Este campo magnético sería más o menos intenso, dependiendo del valor de la corriente que circule. Si a este conductor lo enrollamos en forma de bobina y lo colocamos rodeado de un imán, al circular la corriente eléctrica existirían 2 campos magnéticos diferentes. El debido a la corriente eléctrica y el que produce constantemente el imán. Entonces aparece una interacción entre ambos campos magnéticos. Habrá una **repulsión** o una **atracción**, dependiendo del sentido que lleve la corriente. Colocando apropiadamente la bobina en un eje al que se le permita girar, tendremos un mecanismo capaz de producir movimiento en función de la corriente que circule. A esta bobina se le une un resorte para que vuelva siempre a la posición inicial cuando cesa la corriente. Por último, se une una aguja indicadora a la bobina móvil y se coloca una escala reglada de tal forma que el otro extremo de la aguja pueda apuntar a cualquier valor indicado por la regleta. Así podremos cuantificar una medida según el lugar donde se coloque la aguja.

INSTRUMENTACIÓN Y MEDIDA

2.2. Los capacitímetros

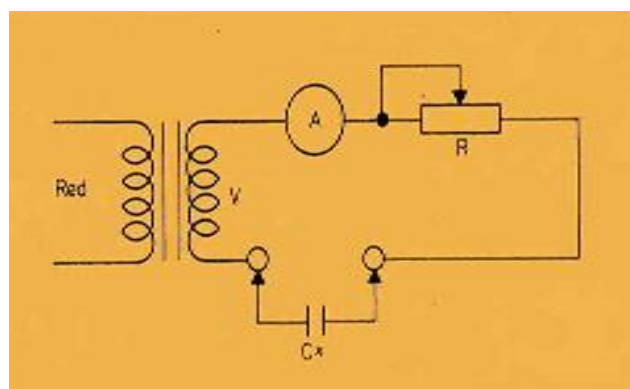
Hay muchas formas de medir la capacidad de un **condensador**. Según sea la precisión que obtengamos, el aparato será más o menos complejo. Los capacitímetros son aparatos de medida directa. Con ellos podemos medir directamente la capacidad que tiene un condensador. Se suelen utilizar en la industria para medir gran cantidad de condensadores. Si consideramos constante la frecuencia y la tensión, el valor de la corriente que circula va a ser proporcional a la capacidad.



Por lo tanto, podemos utilizar aparatos como los **amperímetros** o los **ohmímetros** que, suficientemente preparados y con algunas mejoras, nos van a servir para medir capacidades. Dichas mejoras consisten en añadir un equipo rectificador si el aparato de medida es magnetoeléctrico, graduar la escala con unidades de capacidad y utilizar una fuente de alimentación de corriente alterna de tensión y frecuencia constantes.

Otra de las muchas formas que tenemos de medir la capacidad de un condensador es utilizando el método denominado **voltiamperimétrico**. Se usa cuando no se requiere mucha exactitud. El esquema utilizado consiste en colocar el condensador problema, C_x , en un circuito. A dicho condensador se le aplica una tensión y se intercala un amperímetro. Las medidas que vamos a obtener de la capacidad van a depender de la tensión, de la frecuencia y de la corriente.

Vemos en el siguiente esquema eléctrico dicho circuito que representa de forma sencilla como se puede medir el valor de un condensador y si éste se encuentra en buen estado. Esto se hace mediante un amperímetro y una resistencia ajustable en serie con la salida de un transformador en corriente alterna.



Primeramente debemos confeccionar una tabla con los valores de diferentes condensadores, que estén en buen estado y se identifique su valor en el cuerpo del componente. Relacionamos y apuntamos el valor que nos muestra el amperímetro para determinar un valor capacitivo γ , así sucesivamente hasta completar una tabla comparativa. Midiendo esta corriente vamos a conseguir determinar la capacidad del condensador, si tiene alguna fuga, está en corto o abierto, etc.

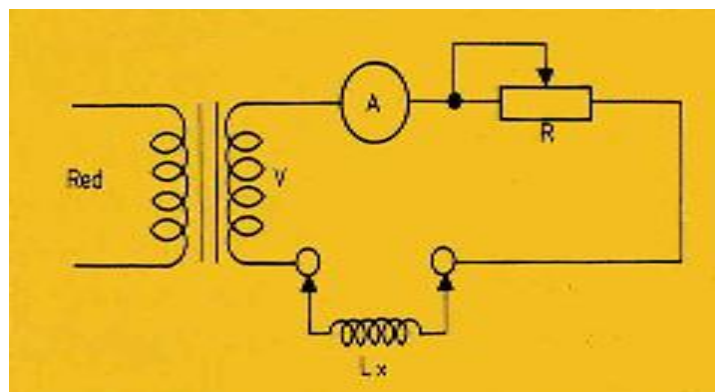
INSTRUMENTACIÓN Y MEDIDA

2.3. Medición de inductancias

Al igual que con las capacidades existen numerosos métodos para medir la inductancia de una bobina. Vamos a analizar uno de ellos, denominado por "*comparación de tensiones*". Se utiliza para medir bobinas sin núcleo de hierro y es bastante exacto. Para efectuar la medida es necesario un patrón, que puede ser una bobina o una resistencia calibradas. Tenemos que hacer circular la misma corriente por la bobina a medir y por la bobina patrón. Hemos de conseguir que la tensión y frecuencias de la fuente de alimentación sean constantes y, para ello, se intercala en el circuito un frecuencímetro y un amperímetro que lo verifiquen. La caída de tensión que se produce en cada una de las bobinas es medida por el voltímetro. Usamos un conmutador para poder utilizar el mismo voltímetro. Con todos estos datos podemos obtener el valor de la inductancia en función de los datos que conocemos de la propia inductancia problema y de la bobina patrón.



Otra de las muchas formas que tenemos de medir la inductancia de una bobina es utilizando el método denominado **voltiamperimétrico**. Se usa cuando no se requiere mucha exactitud. El esquema utilizado consiste en colocar la bobina, L_x , en un circuito. A dicha bobina se le aplica una tensión y se intercala un amperímetro. Las medidas que vamos a obtener de la inductancia van a depender de la tensión, de la frecuencia y de la corriente.



INSTRUMENTACIÓN Y MEDIDA

2.4. Los vatímetros

Los vatímetros son aparatos de medida usados para la medición directa de la potencia eléctrica. Normalmente se utilizan para medir la potencia de corriente alterna, aunque también se pueden emplear para medir la potencia de corriente continua.



Al igual que en los aparatos de medida estudiados anteriormente, los vatímetros se pueden clasificar en varios tipos según el sistema de medida que utilicen. El primero que vamos a analizar es el "*vatímetro electrodinámico*". Este aparato está constituido por **dos bobinas**, una fija y otra móvil. La bobina fija está formada por pocas espiras que tienen hilo grueso, mientras que la móvil está formada por muchas espiras de hilo fino. La fija constituye el sistema de medida amperimétrico y está conectada en serie con el circuito del cual vamos a medir la potencia, y la móvil constituye el sistema de medida voltimétrico y está conectada en paralelo con el circuito a medir. Así pues, a través de la bobina fija va a circular la misma corriente que por el circuito a medir y a través de la móvil la misma tensión. El par motor del sistema de medida electrodinámico va a ser proporcional a las dos intensidades de corriente que atraviesan cada una de las bobinas.

La potencia, por su parte, va a ser $P=I_s \times U$. En el caso de corriente continua, la potencia va a ser proporcional al ángulo de desviación de la aguja. En el caso de corriente alterna la cosa se complica. Para conseguir una medida correcta de la potencia, el desfase que se produce entre los flujos magnéticos de ambas bobinas es igual al desfase que se produce entre la corriente y la tensión del circuito a medir. Si intercalamos resistencias adicionales en serie, se disminuye bastante la capacidad inductiva de la bobina móvil, pudiendo ser ignorado el error debido al desfase. Podemos modificar dos factores para que el campo de medida varíe. Uno de ellos es la sección y número de espiras de la bobina fija y el otro la resistencia óhmica de la bobina móvil. Una de las formas de actuar sobre la bobina fija es dividir la bobina en varias partes y, después, conectar dichas espiras bien en serie o bien en paralelo. Según el número de partes en las que dividamos la bobina original, el alcance de la medida de la corriente puede variar en 2, 3, 4, etc. Para actuar sobre la bobina móvil se suele añadir una resistencia adicional, de tal forma que la resistencia total del circuito va a aumentar y con ella la tensión. Es muy importante la forma en que coloquemos dicha resistencia, ya que entre ambas bobinas no puede haber una gran diferencia de potencial. La forma adecuada consiste en que siempre tiene que haber un borne de la bobina móvil conectado directamente a la bobina fija y el otro lo podemos conectar a la resistencia adicional.

Podemos emplear varios sistemas a la vez para aumentar el alcance de medida, obteniéndose lo que se conoce como **vatímetros conmutables**. Aparte de las dos medidas vamos a tener un conmutador y, dependiendo de la posición en la que se encuentre, vamos a obtener un alcance de medida u otro.

INSTRUMENTACIÓN Y MEDIDA

2.5. Medida de la frecuencia

La frecuencia es una magnitud cuya medida depende mucho del tiempo de lectura, por lo que es conveniente que transcurra el mínimo tiempo posible al realizar la medición. Se usan aparatos de medida directa y se dividen en dos grandes grupos: los frecuencímetros de lengüetas y los de aguja indicadora.



Los frecuencímetros de lengüeta están basados en el fenómeno de la "resonancia". Están compuestos por una lámina elástica que está sujeta por un extremo y libre por el otro, dependiendo su frecuencia de vibración de su longitud. Hay un **electroimán** que está situado debajo de la lengüeta que va a ser excitado con una corriente alterna que apenas produce movimiento, a no ser que la frecuencia de la corriente alterna y la frecuencia de vibración propia de la lengüeta estén en resonancia. En este último caso, con una pequeña fuerza electrodinámica se va a producir una gran vibración de la lengüeta. En un frecuencímetro de este tipo vamos a tener varias láminas de acero con diferentes frecuencias propias de vibración. El conjunto es excitado por la corriente alterna cuya frecuencia queremos medir. Según la forma en la que vibren las lengüetas, vamos a conseguir obtener la frecuencia que deseábamos medir.

El otro tipo de frecuencímetros se denominan de **aguja** indicadora ya que, como la mayoría de los aparatos de medida, tienen una aguja para indicar la medida. Estos, a su vez, se pueden dividir en varios tipos, entre los que se encuentran los electrodinámicos y los de inducción.

El **frecuencímetro electrodinámico** está formado por dos bobinas fijas que tienen ejes perpendiculares entre sí, y una bobina móvil. Entre la bobina móvil y una de las fijas se encuentra, colocado en serie, un condensador, y la otra bobina fija está conectada en serie con una inductancia.

Los **frecuencímetros de inducción** tienen un disco sobre el que actúan dos electroimanes. Estos electroimanes inducen corrientes sobre el disco cuyos campos tratan de mover el disco en sentido contrario. Por un lado, la bobina de uno de los electroimanes está conectada a la red a través de una resistencia y la del otro electroimán se conecta a la red a través de un circuito resonante. A cada corriente le va a corresponder una sola frecuencia.

INSTRUMENTACIÓN Y MEDIDA

2.6. El amperímetro

Llamamos **amperímetro** a cualquier aparato de medida que esté destinado a medir la intensidad de la corriente eléctrica. Normalmente, la escala de medida viene en amperios, que es la unidad de medida de la **intensidad eléctrica**. En algunos casos puede venir la escala en miliamperios, estos aparatos se utilizan para medir señales muy débiles.



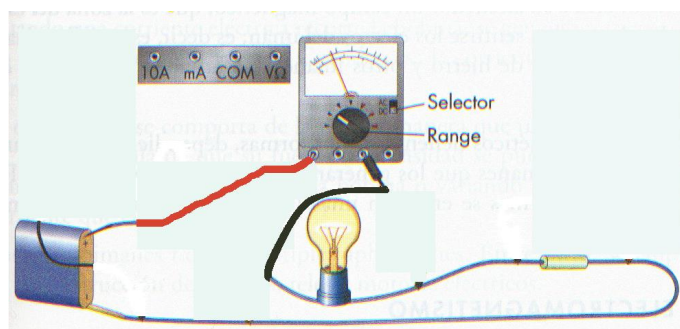
Un **amperímetro** sirve para medir intensidades de corriente, como ya hemos dicho; para realizar esta medida se conecta en serie con el receptor de corriente y se intercala en el **conductor** por el cual circula la intensidad de corriente que se ha de medir. Si estamos realizando una medida industrial con valores de intensidad muy elevados no debemos preocuparnos por la **corriente** que va a circular por el propio amperímetro, pero si queremos medir una intensidad muy pequeña, el valor puede verse muy influenciado por el pequeño consumo de corriente que tienen los amperímetros.



Dependiendo de la exactitud requerida en las medidas, del tipo de **corriente** que queramos medir (**continua o alterna**) y del empleo al que se destinen los aparatos, podemos distinguir diferentes sistemas de medida. Los sistemas de medida más importantes son los siguientes: **magnetoeléctrico**, **electromagnético** y **electrodinámico**.

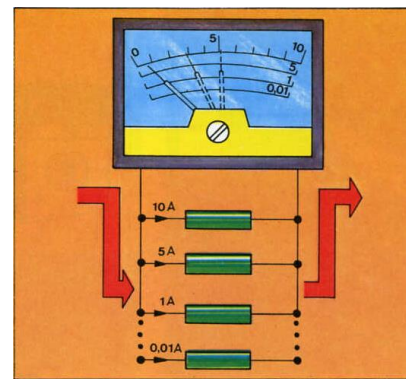
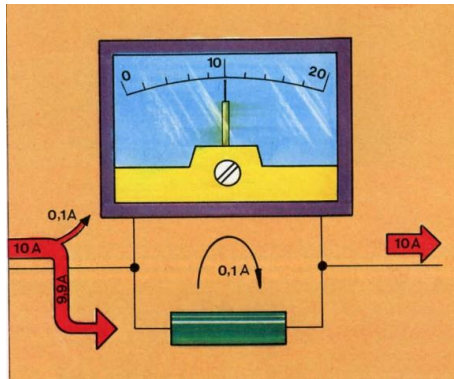
FUNCIONAMIENTO DEL AMPERÍMETRO

Vamos a ver cómo funciona un **amperímetro** con sistema de medida "**magnetoeléctrico**". Para medir la corriente que circula por un circuito tenemos que conectar el amperímetro en serie con la fuente de alimentación y con el receptor de corriente. Así, toda la corriente que circula entre esos dos puntos va a pasar antes por el amperímetro.



INSTRUMENTACIÓN Y MEDIDA

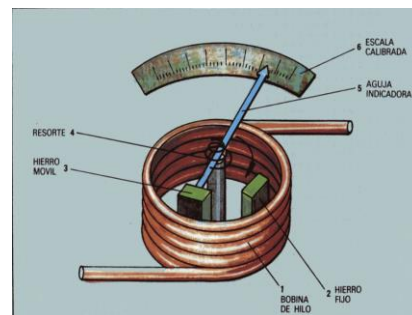
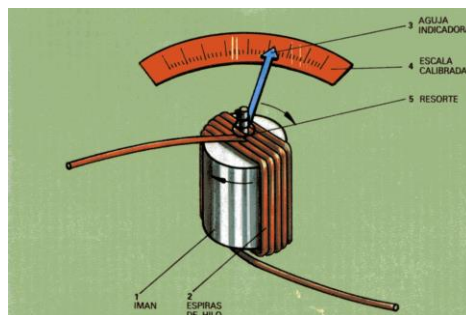
Estos aparatos tienen una bobina móvil que está fabricada con un hilo muy fino (aproximadamente 0,05 mm de diámetro) y cuyas espiras, por donde va a pasar la corriente que queremos medir, tienen un tamaño muy reducido. Por todo esto, podemos decir que la intensidad de corriente, que va a poder medir un amperímetro cuyo sistema de medida sea magnetoelectrónico, va a estar limitada por las características físicas de los elementos que componen dicho aparato. El **valor límite** de lo que podemos medir sin temor a introducir errores va a ser alrededor de los 100 miliamperios, luego la escala de medida que vamos a usar no puede ser de amperios sino que debe tratarse de miliamperios. Para aumentar la escala de valores que se puede medir podemos colocar resistencias en derivación, pudiendo llegar a medir amperios (aproximadamente hasta 300 amperios). Las resistencias en derivación pueden venir conectadas directamente en el interior del aparato o podemos conectarlas nosotros externamente.



Este tipo de aparatos se utiliza en la medición de corrientes continuas. Son bastante exactos en sus mediciones. Para medir la corriente alterna con este tipo de amperímetros hay varias posibilidades. Una de ellas consiste en añadirle un rectificador que, al igual que antes, si tiene **resistencias** en derivación medirá una escala más alta que si no las tiene. Este tipo de **amperímetro** puede usarse para medir tanto corriente continua como alterna sin más que cambiar un selector de posición.

Otro tipo de **amperímetros** son los que tienen un sistema de medida **electromagnético**. Están constituidos por una **bobina** que tiene pocas espiras pero de gran sección. La potencia que requieren estos aparatos para producir una desviación máxima es de unos 2 vatios. Para que pueda absorberse esta potencia es necesario que sobre los extremos de la **bobina** haya una caída de tensión suficiente, cuyo valor va a depender del alcance que tenga el **amperímetro**. El rango de valores que abarca este tipo de amperímetros va desde los 0,5 A a los 300 A. Aquí no podemos usar resistencias en derivación ya que producirían un calentamiento que conllevaría errores en la medida. Se puede medir con ellos tanto la corriente continua como la alterna. Siendo solo válidas las medidas de corriente alterna para frecuencias inferiores a 500 Hz.

Los **amperímetros** con sistema de medida "**electrodinámico**" están constituidos por dos **bobinas**, una fija y una móvil.

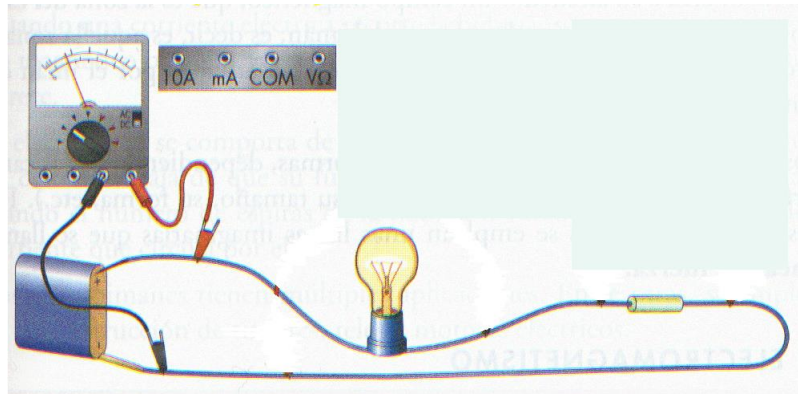


INSTRUMENTACIÓN Y MEDIDA

Cuando el amperímetro va a realizar medidas pequeñas (hasta 0,5 A) se colocan las dos bobinas, fija y móvil, en serie. Si queremos un alcance mayor, aproximadamente hasta 10 A, tenemos que conectar las bobinas, fija y móvil, en paralelo. En este caso, tenemos que conectar una resistencia en serie con cada una de las **bobinas**, para evitar que se produzcan desfases entre las intensidades que van a circular por cada bobina. Con este tipo de aparatos podemos medir tanto **corriente continua** como **alterna** y podemos ampliar el campo de medida en ambos casos, simplemente con aumentar el número de espiras de la bobina móvil, en el caso de la corriente continua, o colocando un transformador de intensidad, en el caso de la corriente alterna.

2.7. Voltímetros

Se llama **voltímetro** a cualquier aparato de medida cuya función sea medir la diferencia de potencial entre dos puntos en un circuito eléctrico. La unidad de medida son los **voltios (V)** pero, al igual que ocurría con los **amperímetros**, si las medidas que se van a realizar son muy pequeñas se utilizan los milivoltios (mV) como escala de medida. Para realizar las diferentes medidas tenemos que conectar el **voltímetro** en paralelo con el receptor de corriente e intercalarlo entre los puntos de los que queremos saber su diferencia de potencial.



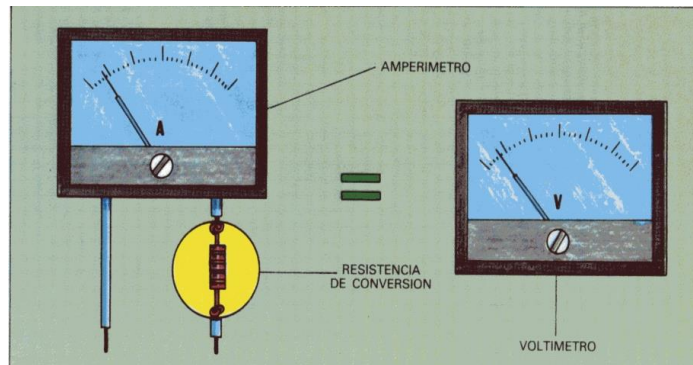
Al igual que en los amperímetros, vamos a tener diferentes tipos de **voltímetros** según el tipo de corriente (continua o alterna), la exactitud que precisemos, etc.



Los primeros voltímetros que vamos a analizar son los que tienen un sistema de medida "**magnetoeléctrico**". Como en todos los voltímetros, para obtener la medida tenemos que conectar el aparato en paralelo con los bornes del elemento que queremos medir. Por esta razón, de toda la corriente que circula por el circuito, sólo una pequeña parte va a atravesar el **voltímetro**.

INSTRUMENTACIÓN Y MEDIDA

Así pues, la resistencia interna del voltímetro debe ser elevada. Dicha resistencia va a ser un valor constante. La forma de trabajar de estos voltímetros es como si se tratase de amperímetros pero con una escala en voltios. Tienen una **bobina** móvil, cuyas espiras son de hilo de cobre y tienen un grosor aproximado de unos 0.05 mm. Según la corriente que circule por la bobina, sabiendo que la resistencia interna va a ser constante, podemos hallar el valor de la diferencia de potencial aplicando la **ley de Ohm ($V = R \times I$)**. Tal y como hemos explicado el funcionamiento no sería del todo exacto, ya que la resistencia interna no es constante debido a que al ser de cobre varía su valor muy fácilmente con los cambios de temperatura. Sin embargo, corregir este problema no es muy difícil, ya que, colocando una resistencia, de un material que no la haga variar con la temperatura, en serie con la bobina vamos a conseguir que el error sea despreciable.



Al igual que en los **amperímetros**, podemos ampliar el campo de medida de un voltímetro. En este caso, para conseguir dicha ampliación tenemos que conectar resistencias en serie. Sin ninguna resistencia adicional estos **voltímetros** pueden medir valores de hasta 0,1 V. Podemos llegar a medir valores de hasta 750 V pero, a partir de los 500 V aproximadamente, debemos colocar las resistencias adicionales fuera del voltímetro para que no se produzcan errores debido al calentamiento. Todo lo dicho hasta ahora se refiere a la medida de tensiones en corriente continua, pero también podemos medir tensiones en **corriente alterna** introduciendo pequeños cambios. Al igual que los amperímetros con este mismo tipo de medida, la forma más sencilla es añadir un rectificador.

El segundo tipo de voltímetros es el que tiene un sistema de medida "**electromagnético**".

Está constituido por una bobina fija con numerosas espiras de hilo de cobre muy delgado.

Y tiene incorporada una resistencia adicional para compensar los cambios de temperatura. Debido a la constitución de la bobina, el **voltímetro** está sometido a muchos errores que deben compensarse poniendo una resistencia adicional de valor muy elevado. Este tipo de aparatos también sirve para medir tensiones de corriente alterna, en cuyo caso, los errores se producen cuando las frecuencias son muy altas. Para corregir los posibles errores en el caso de alterna tenemos que poner un arrollamiento **antiinductivo** de la resistencia adicional o utilizar condensadores colocados en paralelo, con los que se puede llegar a trabajar correctamente hasta para valores de la frecuencia de 1 kHz. El campo de medida de estos voltímetros es de 5 a 750 V.

Otro tipo son los voltímetros cuyo sistema de medida es "**electrodinámico**". Están compuestos por una bobina fija y otra móvil conectada en serie y una resistencia compensadora. Las **bobinas** están constituidas por numerosas espiras de hilo de cobre bastante fino, lo que va a producir una resistencia elevada y, en caso de corriente alterna, problemas con las frecuencias altas. La solución a estos problemas es exactamente igual que en el caso de los voltímetros con sistema de medida electromagnético.

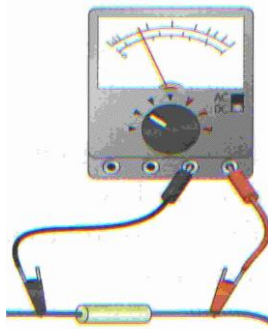
INSTRUMENTACIÓN Y MEDIDA

Los voltímetros con sistema de medida "**electroestático**" no son amperímetros con escala de voltios, como en los tres casos anteriores, sino que funcionan directamente con la tensión. Están constituidos por un condensador y se pueden utilizar tanto para medir la tensión de corriente continua como para la de corriente alterna. La desviación de la aguja que va a indicarnos la medida se produce en el sentido en el que aumenta la capacidad. Estos **voltímetros** se utilizan para tensiones muy altas, comprendiendo su rango de medida desde los 20 V a los 1.000 kV.

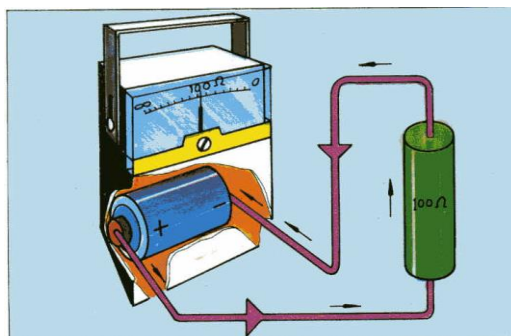
Y, en cuanto a las **frecuencias**, al medir las tensiones de corriente alterna son fiables hasta para valores de 6 MHz. Por estas características, este tipo de voltímetros es muy útil ya que alcanza valores que los otros voltímetros no podrían llegar a medir nunca.

2.8. Los ohmímetros

Se denomina ohmímetro al aparato que es capaz de medir resistencias directamente. Todos estos aparatos están basados en la **ley de Ohm**, es decir, la resistencia es inversamente proporcional a la intensidad de la corriente que atraviesa un circuito si suponemos la tensión constante. Aplicando este principio podemos cambiar la escala de un amperímetro y graduarla con **ohmios**.

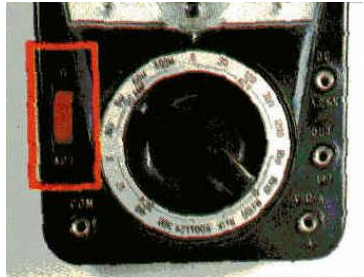


Los **ohmímetros** llevan incorporada una batería de tensión constante y, enviando una corriente a través de la resistencia que queremos medir, podemos obtener el valor de esta. Una de las condiciones fundamentales para que este tipo de aparatos funcionen es que la tensión permanezca constante. Como, normalmente, dicha fuente de tensión es una pila, acaba desgastándose y las medidas ya no serán correctas. Para solucionar este problema se coloca en todos los ohmímetros una resistencia de ajuste a cero, es decir, tenemos una resistencia variable que, según va descendiendo el valor de la tensión de la pila, varía su valor para compensar.



INSTRUMENTACIÓN Y MEDIDA

El ajuste a cero puede realizarse desde fuera del aparato, pero llega un momento en que ya no es posible compensar la pérdida y es necesario cambiar la pila. Siempre que vayamos a realizar una medida con un **ohmímetro**, la resistencia que queremos medir no debe estar bajo la influencia de ninguna tensión, por lo tanto, si pertenece a algún circuito, este debe estar desconectado, ya que, de lo contrario, se falsearía totalmente la medida que fuésemos a realizar. Otra precaución antes de realizar una medida es que siempre debemos ajustar a cero el aparato de medida.



Al igual que los voltímetros y los amperímetros también hay un tipo de **ohmímetro** con sistema de medida "*magnetoeléctrico*". Este aparato consta de una bobina, una fuente de alimentación y un sistema de ajuste de cero. Las resistencias a medir pueden colocarse en serie o en paralelo.

INSTRUMENTACIÓN Y MEDIDA

3. MEDIDORES ANALÓGICOS Y DIGITALES

Hemos visto que con un voltímetro podemos medir la diferencia de potencial, con un amperímetro la intensidad de corriente y con un ohmímetro la resistencia. Según la magnitud que tengamos que medir vamos a encontrar un aparato de medida (o varios) capaz de hacerlo.

Vamos a hacer un pequeño recorrido por los distintos tipos de polímetros, deteniéndonos en esta sección en los medidores de resistencia, tensión y corriente, viendo sus esquemas internos un poco detalladamente para poder llegar a comprender cómo se realizan las medidas de estas magnitudes.

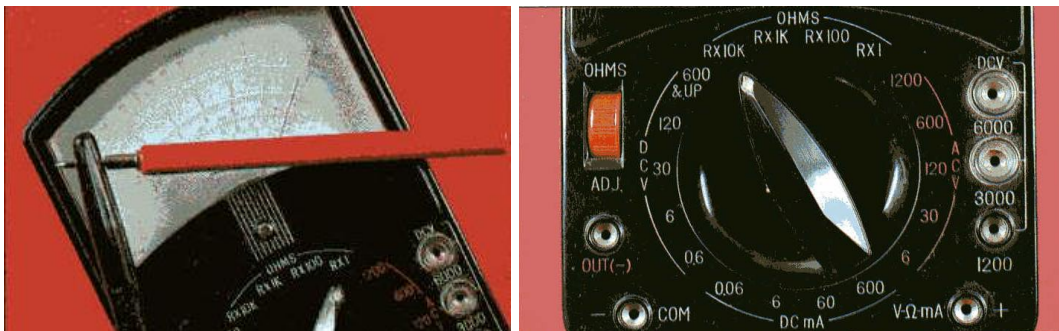
3.1. Medidores analógicos

El elemento más importante en un **polímetro** es el instrumento medidor que, normalmente, es un miliamperímetro o microamperímetro de bobina móvil. Esta bobina, dotada de una aguja, experimenta desplazamientos proporcionales al valor de la corriente que la atraviesa.

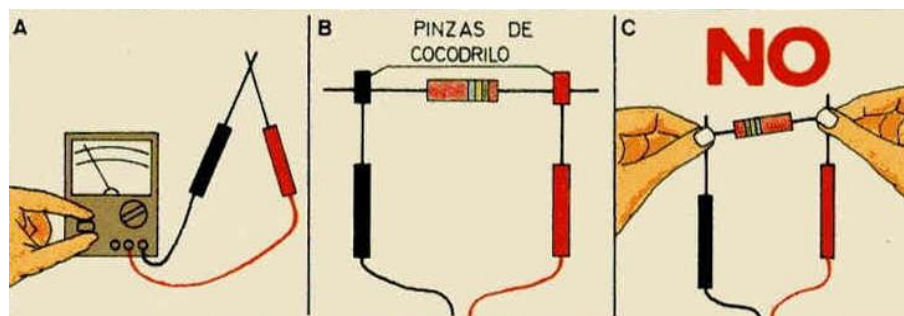
Hay dos valores característicos que son fundamentales para poder realizar el diseño de un polímetro: resistencia interna e intensidad de fondo de escala.

EL POLÍMETRO ANALÓGICO

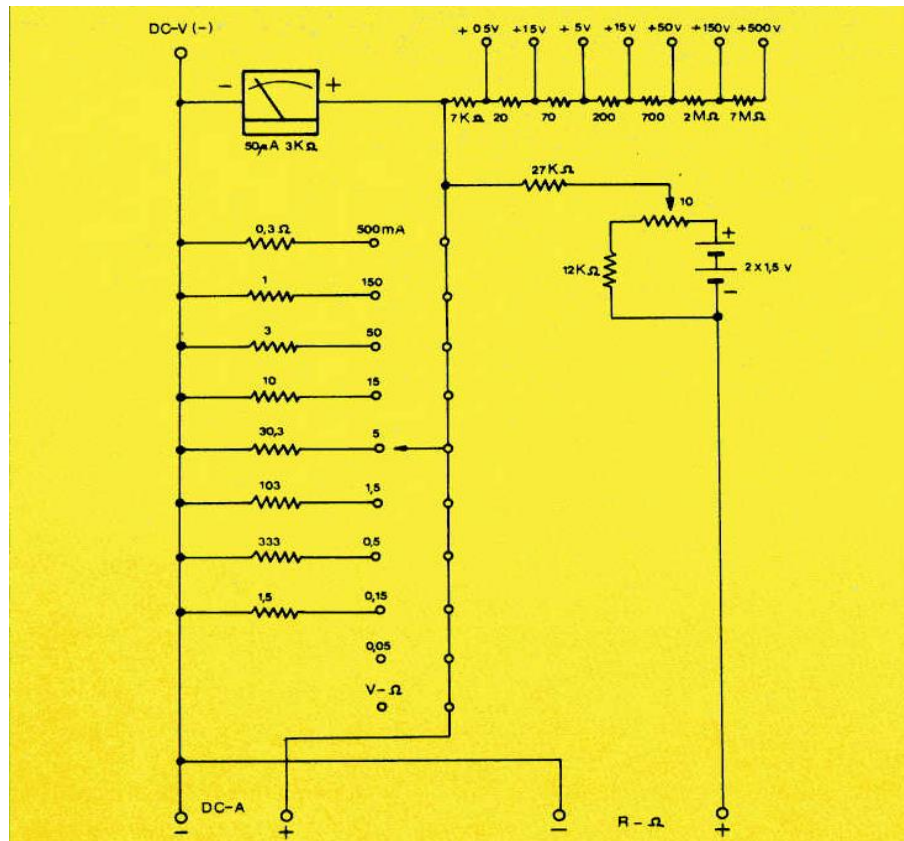
Hemos visto cómo un **amperímetro** es un aparato destinado a medir la intensidad de un circuito, un voltímetro se encarga de medir la diferencia de tensión entre dos puntos y un **ohmímetro** es capaz de medir el valor que tiene una resistencia. Todos estos aparatos son **monofuncionales**, es decir, sólo son capaces de medir una magnitud cada uno. Existen varios aparatos multifuncionales, capaces de medir distintas magnitudes según cómo les preparemos y entre ellos se encuentra el **polímetro**. Los polímetros son aparatos que normalmente están diseñados para medir tres magnitudes: resistencia, intensidad y diferencia de potencial. Aunque hay algunos que vienen también preparados para medir capacidades y otras magnitudes.



Un **polímetro** es, por lo tanto, un aparato de medida que tiene un selector y, según la posición en que se encuentre dicho selector, va a actuar como un voltímetro, un amperímetro o un ohmímetro.



INSTRUMENTACIÓN Y MEDIDA



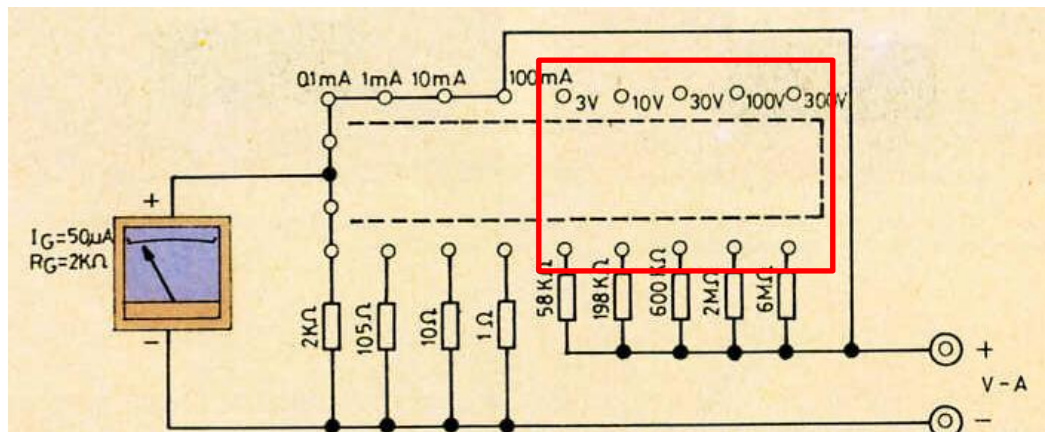
Esquema interno de un Polímetro analógico.



INSTRUMENTACIÓN Y MEDIDA

VOLTÍMETRO

Para realizar un **voltímetro** solamente tenemos que saber tres cosas, dos de las cuales son las características antes mencionadas y la tercera, por supuesto, es el valor de los fondos de escala, es decir, el valor que define cada escala que no es otro que el valor máximo que puede medir el voltímetro en esa escala.



En la ilustración correspondiente puede verse cuales son los valores más comunes de un polímetro analógico (3V, 10 V, 30 V, 100 V y 300 V), aunque cualquiera puede realizar sus propias escalas. Si nos fijamos "*las resistencias están en serie*" por lo que para escalas mayores la resistencia total es la suma de su propia resistencia más la de todas las escalas inferiores, lo que quiere decir que debemos comenzar a realizar nuestros cálculos comenzando por la escala inferior y luego, a cada valor de resistencia de escala mayor, le iremos restando el de todas las de escala inferior para obtener el que debemos colocar para esa escala.

Veamos un simple ejemplo:

Si tenemos $I_f = 50 \mu A$ (intensidad de fondo de escala) y la $R_i = 2 K$ (resistencia interna), y queremos hacer la escala de 2 V, sabiendo cuál es la corriente máxima que puede circular (50 μA), la tensión que cae en el microamperímetro es de 100 mV por lo que en la resistencia deberán caer los otros 1,9 V, por tanto:

$$R = V/I = 0,4/50 \mu A = 38 K.$$

Si ahora realizamos el cálculo para otra escala superior 5 V:

$$R = 4,9/50 \mu A = 98 K, \text{ el valor de resistencia que colocaríamos sería}$$

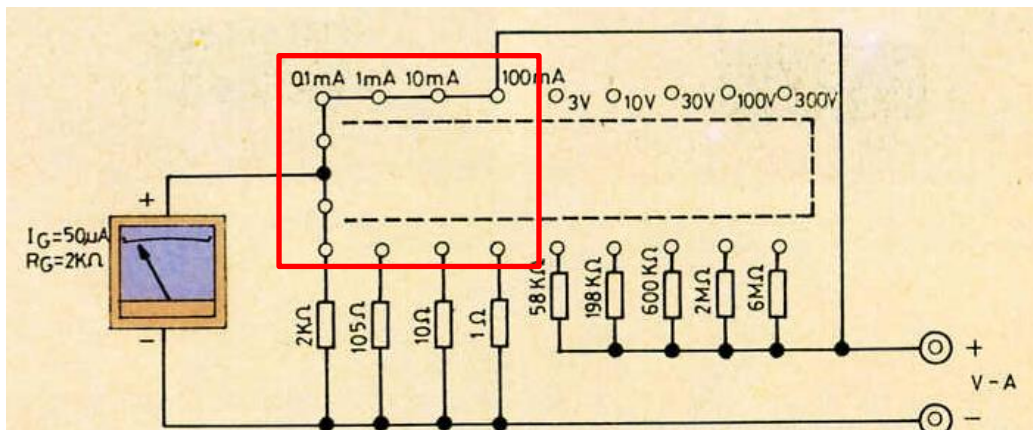
$$98 K - 38 K = 60 K, \text{ de la escala inferior que está en serie.}$$

Para corriente alterna también se realizará una escala que si observamos la figura utiliza las mismas resistencias que para medidas de tensión en continua, pero la señal se rectifica en media onda por medio de un diodo. Si ahora nos detenemos unos momentos nos daremos cuenta que aunque se utilicen las mismas resistencias, las escalas no pueden ser las mismas. Para ver cuáles son las escalas, o para calcular unas en alterna que se correspondan con las de continua, debemos recordar los rectificadores de media onda cuya señal de salida era rectificadas y por lo tanto tenía un valor de continua; pues bien, este valor es el que utilizaremos para el diseño. Resumiendo tenemos una señal alterna de entrada que se rectifica en media onda con lo que obtenemos un valor de continua que es el que utilizaremos como señal de entrada, siendo el cálculo idéntico al anterior. El problema se puede invertir teniendo calculadas las **resistencias**; véanse las escalas. Pues bien, para alterna las escalas quedarán: 0.5, 3.33, 11.1, 33.3, 111.1, 333.2, 1110.7 V eficaces.

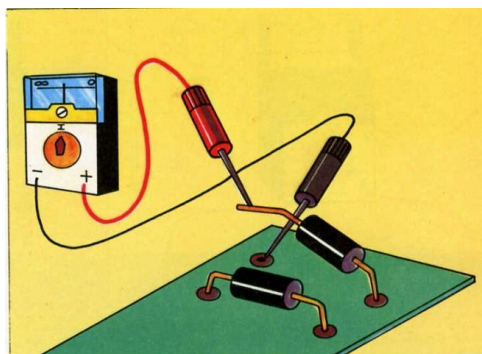
INSTRUMENTACIÓN Y MEDIDA

AMPERÍMETRO

Para el caso del **amperímetro** las resistencias están colocamos en paralelo, pues de esta forma podemos variar la corriente que circula por cada rama. Así, tenemos la corriente máxima que circula por el microamperímetro y la resistencia interna provocará una tensión constante, por lo que para hacer un fondo de escala al colocar la resistencia en paralelo y ser la tensión constante y la corriente que circule por la resistencia al calcular la del fondo de escala menos I_{fe} su cálculo se reduce a aplicar la **Ley de Ohm** $R = V/I$. Ahora el valor calculado es el que se pone en la escala que le corresponde, ya que sólo conectaremos una resistencia al hacer la medida.



Para corriente alterna el principio es el mismo que para el **voltímetro**, pero aplicado a **resistencias en paralelo**. Comprendiendo las medidas de corriente de 0,1mA, 1mA, 10mA y 100mA.

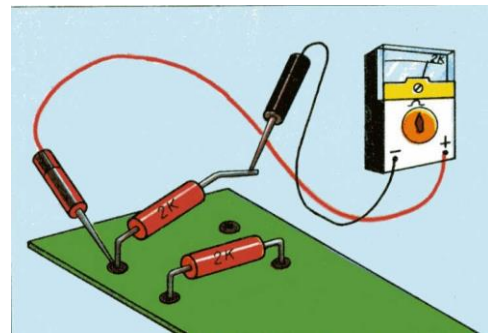
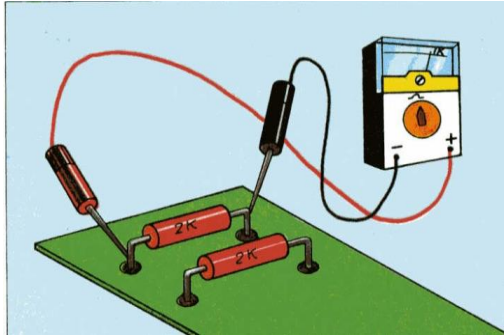


Al medir corriente, en un circuito, será necesario desconectar algún componente.

OHMÍMETRO

Lo primero que notamos al observar el circuito es que tiene una pila que lo alimenta, esto es lógico porque una **resistencia** es un elemento pasivo y para medir su valor hay que hacer circular una corriente a través de ella. Por eso siempre que midamos un valor de resistencia no debemos tener conectado el circuito donde esté insertada ésta, ya que entonces se falsearía la medida. En este caso se ha hecho escala única, puesto que ésta irá desde 0 ohmios hasta infinito. El cálculo se hace para 0 ohmios (**cortocircuito**), se calcula para el fondo de escala y a medida que medimos la resistencia la corriente disminuye, es decir, la escala va al revés que en el caso del voltímetro y del amperímetro. El **potenciómetro** se pone para ajustar posibles desajustes de la aguja al fondo de escala.

INSTRUMENTACIÓN Y MEDIDA



3.2. Medidores digitales

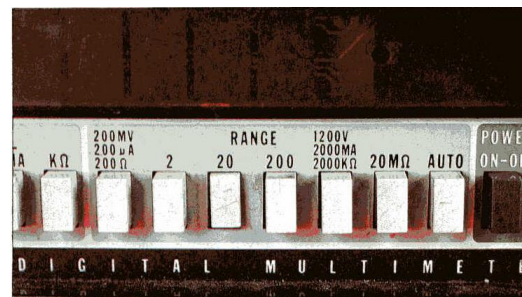
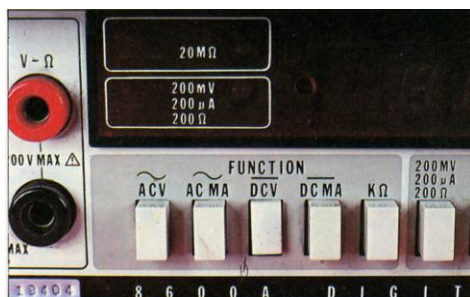
En el caso **digital**, los **polímetros** son algo más complicados de entender y al lector le puede resultar algo difícil pues no tiene la base para ello, ya que ésta se verá más adelante pero, en cualquier caso, vamos a intentar que la explicación sea lo más acorde con las circunstancias.



Las medidas de que dispone un polímetro digital se realiza de una forma similar al analógico, seleccionando:

Función: ACV, ACMA, DCV, DCMA, $K\Omega$ y el **rango:** 2, 20, 200, 1200, AUTO

La visualización se hace a través de un display digital de tres dígitos, según el modelo, que presenta el valor directo de la medida.



INSTRUMENTACIÓN Y MEDIDA

USO DE UN MULTÍMETRO DIGITAL

El multímetro digital es un instrumento que sirve para medir alguna de las tres magnitudes relacionadas por la Ley de Ohm: o bien el voltaje existente entre dos puntos de un circuito, o bien la intensidad de corriente que fluye a través de él, o bien la resistencia que ofrece cierto componente. Dependiendo del modelo, también hay multímetros que pueden medir otras magnitudes como la capacidad de los condensadores, y más. Es decir, es una herramienta que nos permite comprobar el correcto funcionamiento de los componentes y circuitos electrónicos, por lo que es fundamental tenerla a mano cuando realicemos nuestros proyectos.

Existen muchos modelos diferentes de multímetros digitales, por lo que es importante leer el manual de instrucciones del fabricante para asegurar el buen funcionamiento del instrumento. Un ejemplo puede ser el producto nº 9141 de Sparkfun. De todas formas, aunque dependiendo del modelo puedan cambiar la posición de sus elementos y la cantidad de funciones, en general podemos identificar las partes y funciones estándar de un multímetro genérico como las siguientes:

Botón de “power” (apagado-encendido): la mayoría de multímetros son alimentados mediante pilas.

Display: pantalla de cristal líquido en donde se mostrarán los resultados de las mediciones.

Llave selectora: sirve para elegir el tipo de magnitud a medir y el rango de medición. Los símbolos que la rodean indican el tipo de magnitud a medir, y los más comunes son el voltaje directo (V-) y alterno (V~), la corriente directa (A-) y alterna (A~), la resistencia (Ω), la capacidad (F) o la frecuencia (Hz). Los números que rodean la llave indican el rango de medición. Para entender esto último, supongamos que los números posibles para el voltaje continuo son por ejemplo “200 mV”, “2 V”, “20 V” y “200 V”; esto querrá decir que en la posición “200 mV” se podrán medir voltajes desde 0 hasta este valor como máximo; en la posición “2 V” se podrán medir voltajes superiores a 200mV pero inferiores a 2 V; en la posición “20 V” se podrán medir voltajes superiores a 2 V pero inferiores 20 V, y así, mostrándose en el display los valores numéricos medidos de acuerdo a la escala elegida.

Cables rojo y negro con punta: el cable negro siempre se conectará al zócalo negro del multímetro (solo existe uno, y generalmente está señalado con la palabra “COM” –de “referencia COMún” –), mientras que el cable rojo se conectará al zócalo rojo adecuado según la magnitud que se quiera medir (ya que hay varios): si se quiere medir voltaje, resistencia o frecuencia (tanto en continua como en alterna), se deberá conectar el cable rojo al zócalo rojo marcado normalmente con el símbolo “+V Ω Hz” ; si se quiere medir intensidad de corriente (tanto en continua como en alterna), se deberá conectar el cable rojo al zócalo rojo marcado con el símbolo “mA” o bien “A”, dependiendo del rango a medir.



INSTRUMENTACIÓN Y MEDIDA

Una vez conocidas las partes funcionales de esta herramienta, la podemos utilizar para realizar diferentes medidas:

1. Para medir el voltaje (continuo) existente entre dos puntos de un circuito alimentado, deberemos conectar los cables convenientemente al multímetro para colocar seguidamente la punta del cable negro en un punto del circuito y la del cable rojo en el otro (de tal forma que en realidad estemos realizando una conexión en paralelo con dicho circuito). Seguidamente, moveremos la llave selectora al símbolo V- y elegiremos el rango de medición adecuado. Si este lo desconocemos, lo que podemos hacer es empezar por el rango más elevado e ir bajando paso a paso para obtener finalmente la precisión deseada. Si bajamos más de la cuenta (es decir, si el valor a medir es mayor que el rango elegido), lo sabremos porque a la izquierda display se mostrará el valor especial "1".
2. También podemos utilizar la posibilidad ofrecida por el multímetro de medir voltaje continuo para conocer la diferencia de potencial generada por una determinada fuente de alimentación (y así saber en el caso de una pila, por ejemplo, si está gastada o no). En este caso, deberíamos colocar la punta del cable rojo en el borne positivo de la pila y el negro en el negativo y proceder de la misma manera, seleccionando la magnitud y rango a medir.
3. Para medir la resistencia de un componente, debemos mantener desconectado dicho componente para que no reciba corriente de ningún circuito. El procedimiento para medir una resistencia es bastante similar al de medir tensiones: basta con conectar cada terminal del componente a los cables del multímetro (si el componente tiene polaridad, como es el caso de los diodos y de algunos condensadores, el cable rojo se ha de conectar al terminal positivo del componente y el negro al negativo; si el componente no tiene polaridad, esto es indiferente) y colocar el selector en la posición de ohmios y en la escala apropiada al tamaño de la resistencia que se desea medir. Si no sabemos aproximadamente el rango de la resistencia a medir, empezaremos colocando la ruleta en la escala más grande, e iremos reduciendo la escala hasta que encontremos la que más precisión nos dé sin salirnos de rango. Igualmente, si la escala elegida resulta ser menor que el valor a medir, el display indicará "1" a su izquierda; en ese caso, por tanto, habrá que ir subiendo de rango hasta encontrar el correcto.
4. Para medir la intensidad que fluye por un circuito, hay que conectar el multímetro en serie con el circuito en cuestión. Por eso, para medir intensidades tendremos que abrir el circuito para intercalar el multímetro en medio, con el propósito de que la intensidad circule por su interior.

Concretamente, el proceso a seguir es: insertar el cable rojo en el zócalo adecuado (mA o A según la cantidad de corriente a medir) y el cable negro en el zócalo negro, empalmar cada cable del multímetro en cada uno de los dos extremos del circuito abierto que tengamos (cerrándolo así, por lo tanto) y ajustar el selector a la magnitud y rango adecuados.

Idealmente, el multímetro funcionando como medidor de corriente tiene una resistencia nula al paso de la corriente a través de él (precisamente para evitar alteraciones en la medida del valor de la intensidad real), por lo que está relativamente desprotegido de intensidades muy elevadas y pueda dañarse con facilidad. Hay que tener siempre en cuenta por tanto el máximo de corriente que puede soportar, el cual lo ha de indicar el fabricante (además del tiempo máximo que puede estar funcionando en este modo).

Para medir la capacidad de un condensador, también podemos utilizar la mayoría de multímetros digitales del mercado. Tan solo tendremos que conectar las patillas del condensador a unos zócalos especiales para ello, marcados con la marca "CX". Los condensadores deben estar descargados antes de conectarlos a dichos zócalos. Para los

INSTRUMENTACIÓN Y MEDIDA

condensadores que tengan polaridad habrá que identificar el zócalo correspondiente a cada polo en el manual del fabricante.

Para medir continuidad (es decir para comprobar si dos puntos de un circuito están eléctricamente conectados), simplemente se debe ajustar el selector en la posición marcada con el signo de una “onda de audio” y conectar los dos cables a cada punto a medir (no importa la polaridad). Atención: este modo solo se puede utilizar cuando el circuito a medir no está recibiendo alimentación eléctrica. Si hay continuidad, el multímetro emitirá un sonido (gracias a un zumbador que lleva incorporado); si no, no se escuchará nada.

También se puede observar lo que muestra el display según el caso, pero el mensaje concreto depende del modelo, así que se recomienda consultar las instrucciones de cada aparato en particular.

VOLTÍMETRO

Una característica general de los **voltímetros digitales** es la representación numérica del valor medio, en lugar de la indicación de un medidor, como ocurre con los voltímetros analógicos.

Distingue a los voltímetros digitales su mayor exactitud respecto a los analógicos. En estos últimos, raramente se logra una exactitud mejor que el 0,25% y, para conseguirla, es preciso un gran cuidado en su construcción, debido sobre todo a la tolerancia de las resistencias, e incluso en la lectura efectuada por el operador.

Por el contrario, puesto que en los voltímetros digitales la señal analógica se convierte a forma digital, la exactitud y resolución de la medida dependen del sistema de conversión empleado. La representación numérica de la señal medida puede ser leída fácilmente por el operador, o la conversión puede realizarse varias veces por segundo y el resultado digital transmitirse a un equipo externo para su registro o proceso. La exactitud conseguida por un **voltímetro digital** puede ser del orden de 0,003%, y dependerá en todo caso del número de bits utilizados.

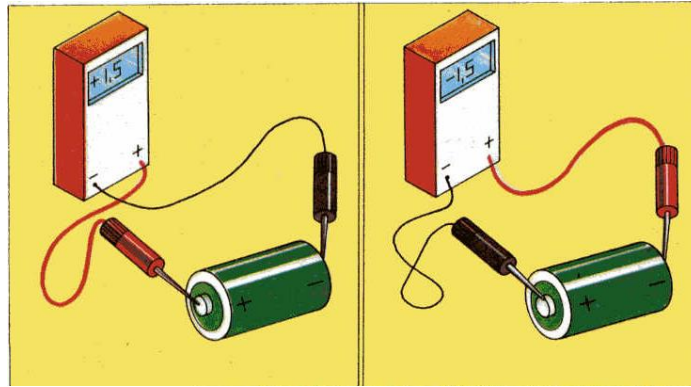
Es indudable que la mayor exactitud y posibilidades de los voltímetros digitales y, por consiguiente, su mayor complejidad y precio están justificados por la necesidad, cada vez mayor tanto en el laboratorio como en la industria, de conseguir medidas de tensiones y otros parámetros más exactos, más fiables y más rápidamente.

El elemento que se encarga de realizar la conversión de un valor analógico a uno digital se conoce como **conversor analógico/digital**. Sus diferentes tecnologías de fabricación las abordaremos en sucesivos artículos, si bien analizaremos algunas particularidades que nos serán útiles. Estos integrados tienen un margen de señal de entrada pequeño (0,5 V); tienen que tener una alimentación muy estabilizada y les afecta bastante el ruido, sobre todo en las medidas de pequeños valores de tensión.

Por tanto, para construir una escala haremos simples divisores de tensión procurando, en todo momento, que no superemos el margen de tensión de entrada.

NOTA: No es necesario tener en cuenta el sentido de circulación de la corriente, ya que el propio polímetro digital lo señala. En los polímetros analógicos se aprecia en que la aguja se desplaza en sentido contrario.

INSTRUMENTACIÓN Y MEDIDA



Indicación de cambio de polaridad de las puntas de pruebas.

AMPERÍMETRO

Sólo tenemos que realizar una **conversión** de corriente-tensión y medir el valor de esta magnitud, sobre una resistencia conocida, para cambio de escalas, hay que utilizar **comparadores**.

OHMÍMETRO

Para este montaje colocaremos un circuito cuya tensión de salida sea directamente proporcional a la resistencia que deseemos medir.

Si importante es conocer V , I y R no cabe duda de que conocer la capacidad, inducción y frecuencia es el complemento que falta para que todo diseñador electrónico pueda trabajar sobre el terreno. También veremos algún otro dispositivo.

Hace unos años era poco menos que un lujo el que un polímetro dispusiese de la posibilidad de poder medir estos valores, y como muestra clara solamente había que ver los precios que estos aparatos podían llegar a alcanzar. En nuestros días, gracias a Dios, esto es una pura anécdota del pasado y podemos adquirir por unas diez mil pesetas un polímetro con prestaciones que nada tienen que envidiar a ningún otro aparato de gama superior.

Vamos a ver cada uno de los posibles circuitos que pueden realizar esta función. Decimos posibles, porque, como la gran mayoría de las cosas de la vida, admiten varias posibilidades, todo depende del ingenio puesto en ello; en esta sección vamos a analizar la que creemos que es más interesante para nuestros lectores.

Valga como nota de especial interés para nuestros lectores que todos los circuitos que forman un polímetro digital tienen un principio común, convertir la magnitud que miden en un valor de tensión que sea proporcional.

INSTRUMENTACIÓN Y MEDIDA

CAPACÍMETROS

El capacímetro está formado por diferentes módulos. Uno de ellos es el modulador por anchura de impulso, que parece ser el más complicado, por lo menos las rimbombantes palabras así parecen indicarlo, y que no es sino un circuito que genera pulsos cuya anchura es directamente proporcional a la capacidad del condensador, por lo tanto a este circuito será al que conectemos el condensador cuya capacidad se desea saber.

Pues bien, este circuito es un monoestable, tal y como suena, un simple monoestable; eso sí, este circuito es disparado periódicamente, con lo que a su salida habrá una señal también periódica cuyo nivel alto será proporcional a la anchura de la capacidad. Por tanto, si colocamos un filtro de paso bajo obtendremos un valor de tensión continua, que será proporcional a la capacidad. Y, si ahora midiésemos con un voltímetro digital, tendríamos un valor de tensión, pero que no nos diría nada; para poder saber la capacidad a medir tendremos que tener, por ejemplo, si medimos 1 μ F, 1 V, ó 100 nF, 100 mV, de esta manera es posible saber el valor de la capacidad; pues bien, la tensión residual es la diferencia entre la que nos da y este valor que nos indica directamente la capacidad.

Ya sólo nos queda por ver la parte que genera la señal de disparo del modulador, que tiene dos partes claramente diferenciadas. Por un lado un generador de impulsos, que no es sino un circuito astable, y los divisores de frecuencia que nos darán la escala que medimos. Veamos esto un poco a fondo. La salida del generador tendrá una frecuencia determinada, y en cada flanco descendente, es decir, en cada paso de '1' a '0' disparará al modulador, pues bien, si el condensador es muy grande la anchura del pulso del modulador será siempre '1' a partir de una capacidad; por tanto, dividimos la frecuencia del generador por 10 y podemos poner condensadores cada vez mayores.

INDUCTÓMETRO

El circuito que constituye un inductómetro es muy simple; en primer lugar, tenemos un generador de señal sinusoidal, para lo cual podemos utilizar el oscilador puente de Wien o el realizado con circuitos R-C o bien cualquiera de los muchos que nos ofrece el mercado. Por supuesto que podemos usar un generador de funciones como circuito de prueba, a continuación ponemos una red R-L conectada al generador y tomamos como salida la tensión en la bobina que hacemos pasar por un amplificador para aumentarla, seguidamente la rectifico en doble onda y coloco un filtro de paso bajo con un circuito eliminador de tensión residual, y se obtendrá un valor de señal continua dentro de unos márgenes para que se pueda digitalizar con un voltímetro.

Para poder utilizar varias escalas habrá que emplear otra frecuencia que disminuya, a medida que aumentamos la escala, ya que la tensión en la bobina es proporcional a la frecuencia y al valor de la inducción. Las escalas en los instrumentos de medida están construidas, como ya sabemos, a base de resistencias de distintos valores, pero los generadores de señal, sea cual sea su forma: sinusoidal, cuadrada, triangular...; también, variando su resistencia, variaremos la resistencia del circuito oscilante y, por tanto, la frecuencia de la señal de salida, es decir, variamos la escala.



INSTRUMENTACIÓN Y MEDIDA

FRECUENCÍMETRO

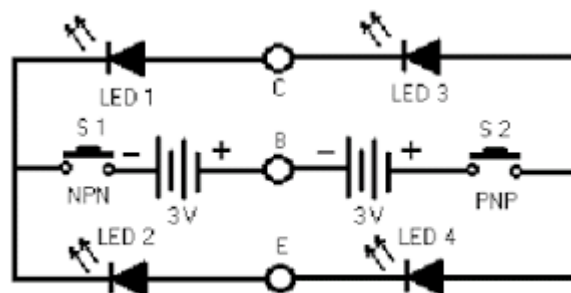
Como sabemos, un frecuencímetro no es sino un instrumento capaz de medir la frecuencia de una señal, es decir, el número de veces que se repite una señal por unidad de tiempo. Por ejemplo la frecuencia de la señal de la red eléctrica que hay en nuestras casas es de 50 Hz, esto quiere decir que se repite el seno, que es su forma, 50 veces en un segundo.



Está compuesto de un comparador **trigger Schmitt**, con el cual hace escuadrar la señal de entrada, es decir, convierte la señal de entrada en un tren de impulsos cuya anchura será proporcional a la frecuencia de la señal de entrada; podíamos pensar, y no sin llevar parte de razón, que con esto, y eliminando tensión residual, nos bastaría; y la idea no es descabellada, pero la variación de tensión no es lo suficiente como para poder establecer un frecuencímetro sensible, por lo que añadimos un oscilador de frecuencia elevada algunos MHz; de esta forma, a la salida de la puerta AND, habrá un tren de impulsos de alta frecuencia, mientras la señal del trigger sea de nivel alto, esta señal la pasamos por un filtro de paso bajo y eliminamos la tensión residual para que pueda aparecer por ejemplo 1 mV a 1 KHz, 10 mV a 10 KHz, etc.

TRANSISTÓMETRO

Algunos polímetros disponen de un circuito para comprobar transistores que no es otra cosa que un circuito que polariza al transistor y le hace circular una corriente por su base de forma que si el transistor está en buen estado se detectará una corriente en el colector y si no lo está no habrá tal corriente.



Los Leds que encienden determinan el tipo de transistor

INSTRUMENTACIÓN Y MEDIDA

VOBULADOR

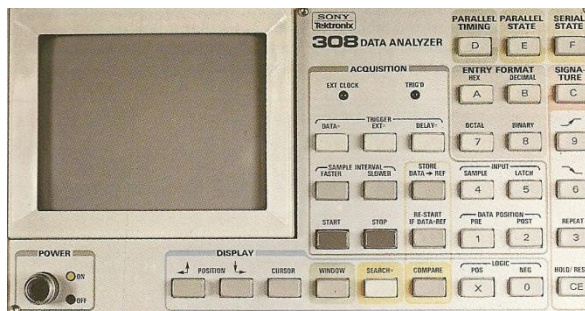
El **vobulador** es uno de los instrumentos de medida más apreciados cuando se tiene necesidad, por ejemplo, de determinar rápidamente la curva de respuesta de un amplificador u otras características de este tipo. Se trata de un generador de alta frecuencia acondicionado de manera que su frecuencia varíe linealmente con el desplazamiento del trazado durante el barrido.

3.3. Diferentes instrumentos de medida

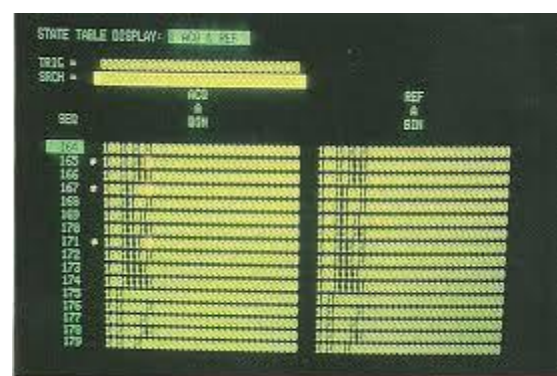
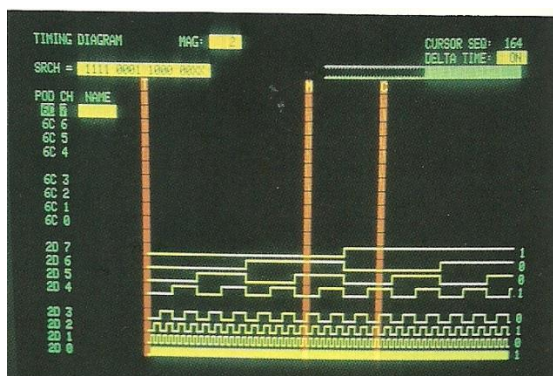
La variedad de aparatos de medida es muy grande pues, prácticamente, cada tipo de magnitud tiene un aparato de medida específico para medirla. Hemos visto los aparatos más importantes relacionados con el mundo de la electrónica, voltímetros, amperímetros, ohmímetros, polímetros, vatímetros, etc., y el más importante de todos ellos que veremos a continuación es el **osciloscopio**.

La electrónica digital es una rama muy importante de la electrónica, pero no podemos dejar pasar la oportunidad de ver alguno de los numerosos aparatos que se utilizan para medir este tipo de circuitos tan especiales y tan utilizados.

Uno de los aparatos usados en electrónica digital son los analizadores lógicos, que son utilizados para resolver problemas del **hardware**, denominándose **analizadores temporales**, y de software de los microprocesadores, siendo estos otros los denominados **analizadores de estados**. Los analizadores temporales muestran todos los canales de datos a la vez, siguiendo un reloj interno de referencia. Estos datos nos van a mostrar si las líneas de entrada de cada uno de los canales se encuentran en un nivel alto o bajo de tensión respecto a una tomada como base (como veremos más adelante, es lo que se denomina "0" y "1" en los sistemas digitales). Todos estos datos van a ser después representados en una pantalla, pudiendo así analizar lo que ocurre en el interior de los buses, transferencias de datos, etc., de un ordenador. Estos aparatos son considerados "*buenos*" cuando alcanzan una velocidad de muestreo cinco veces superior a la que tienen los datos en el ordenador.



Analizador Lógico



INSTRUMENTACIÓN Y MEDIDA

El aparato encargado de analizar el software de un ordenador es el denominado **analizador de estado**. Con él obtenemos una visualización de las tablas de verdad, pudiendo ser también utilizados para encontrar fallos de sincronismo en el hardware del microprocesador.

También existen los denominados analizadores de datos, que son los encargados de encontrar fallos en datos almacenados. Este proceso suele realizarse con microprocesadores que han sido programados adecuadamente para realizar este tipo de tareas o con aparatos que realicen gráficas con los datos, ya que, al visualizar los datos, resulta mucho más fácil encontrar un error que analizando uno a uno el valor del dato obtenido.

ANALIZADOR DE ESPECTROS

Un analizador de espectros es un receptor con barrido de frecuencia que nos proporciona una gráfica de la amplitud en función de la frecuencia. Estas gráficas nos van a mostrar cómo se distribuye la energía en función de los cambios de frecuencia. Los analizadores de espectros son como los osciloscopios pero la pantalla, en vez de estar graduada en el eje de las "x", como una función de tiempo simple, está preparada para representar frecuencias.

Los actuales analizadores de espectros incorporan **microprocesadores**, lo que ha traído consigo un gran avance en este tipo de medidas que hace unos años eran impensables.

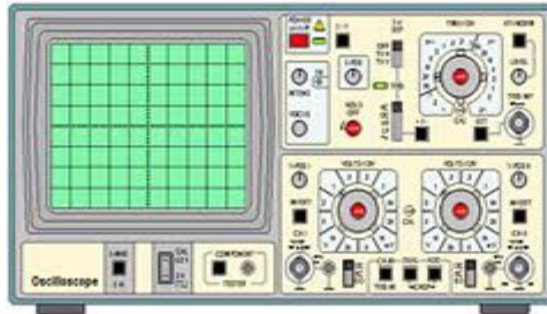
Entre las múltiples aplicaciones de estos aparatos podemos destacar su uso para analizar el ruido acústico y niveles de vibración en las piezas de un coche, con la consiguiente mejora en el funcionamiento al poder descubrir todo tipo de imperfecciones e interferencias.

Al analizar el espectro de una onda podemos saber si coincide con la onda original que estamos esperando, es decir, al analizar el espectro de una onda vamos a averiguar si es la onda correcta o está mezclada con ruido. Esto es muy útil en el mundo de las comunicaciones, para saber si la onda modulada que recibimos es la correcta y con la frecuencia también correcta.

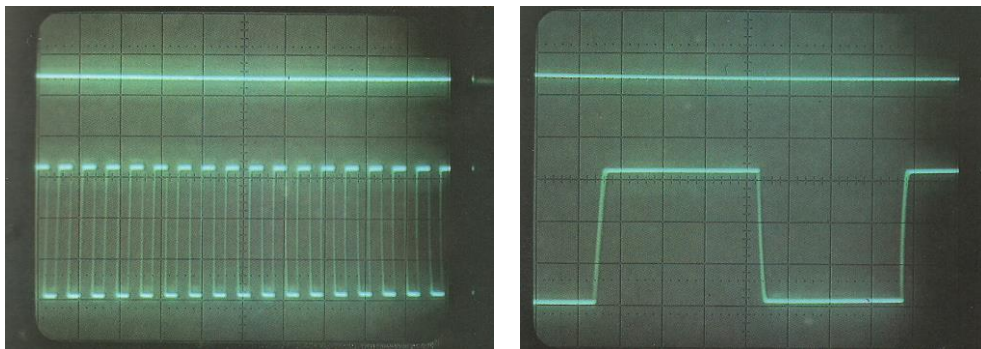
INSTRUMENTACIÓN Y MEDIDA

4. EL OSCILOSCOPIO

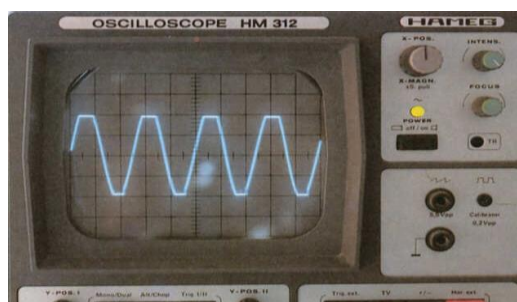
El osciloscopio es uno de los más importantes aparatos de medida que existen actualmente. Representa gráficamente las señales que le llegan, pudiendo así observarse en la pantalla muchas más características de la señal que las obtenidas con cualquier otro aparato.



Hemos visto muchos aparatos de medida capaces de cuantificar diferentes **magnitudes**. Por ejemplo, recordaremos que el voltímetro mide tensiones, el amperímetro intensidades, el vatímetro potencia, etc. La mayoría de los aparatos de medida se han diseñado para medir una única magnitud, aunque ya hemos visto alguno, como los polímetros, que están preparados para medir **magnitudes** diferentes. Pero, sin duda alguna, el aparato de medida más importante que conocemos es el **osciloscopio**. Con él, no solo podemos averiguar el valor de una magnitud, sino que, entre otras muchas cosas, podemos saber la forma que tiene dicha magnitud, es decir, podemos obtener la gráfica que la representa. Como ya vimos, una **gráfica** es una curva que tiene dos ejes de referencia, el denominado de abscisas u horizontal y el eje de ordenadas o vertical. Para representar cada punto de la gráfica tenemos que dar dos coordenadas, una va a corresponder a su posición respecto al eje horizontal y la otra va a ser su posición respecto al eje vertical. Esta gráfica se va a representar en la pantalla que tienen todos los **osciloscopios**.



La forma de trabajo de un osciloscopio consiste en dibujar una **gráfica** debido al movimiento de un haz de electrones sobre una pantalla de fósforo que es la parte interna del tubo de rayos catódicos. Para representar dicha señal sobre el tubo, se realiza una división en 2 partes: señal vertical y señal horizontal. Dichas señales son tratadas por diferentes **amplificadores** y, después, son compuestas en el interior del **osciloscopio**.

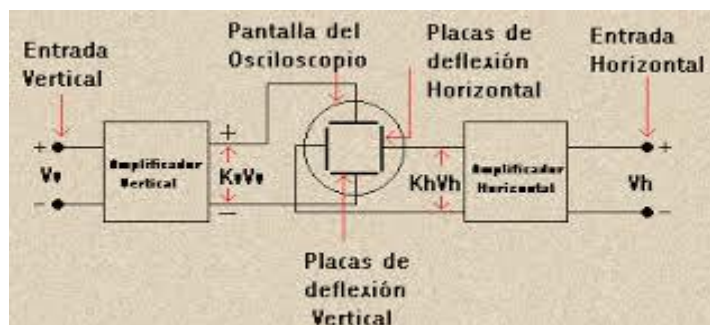


INSTRUMENTACIÓN Y MEDIDA

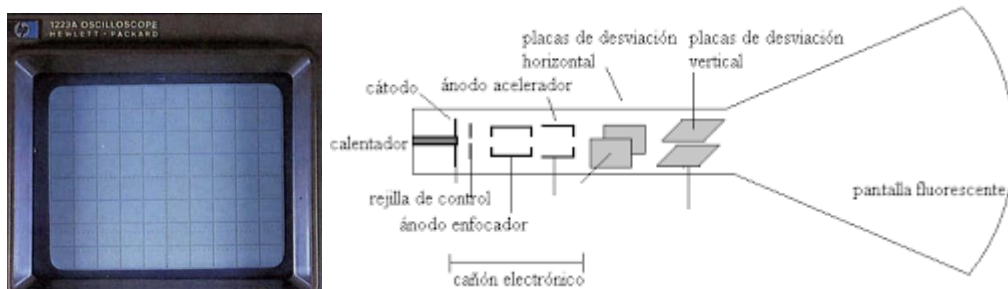
Un osciloscopio puede ser utilizado para estudiar propiedades físicas que no generan señales eléctricas, por ejemplo las propiedades mecánicas. Para poder representar en la pantalla del **osciloscopio** dichas propiedades, es necesario utilizar transductores que conviertan la señal que le llega, en este caso la mecánica, en impulsos eléctricos. Un osciloscopio es un aparato que basa su funcionamiento en la alta sensibilidad que tiene a la tensión, por lo que se podría entender como un voltímetro de alta impedancia. Es capaz de analizar con mucha precisión cualquier fenómeno que podamos transformar mediante un transductor en tensión eléctrica.

4.1. Partes de un osciloscopio

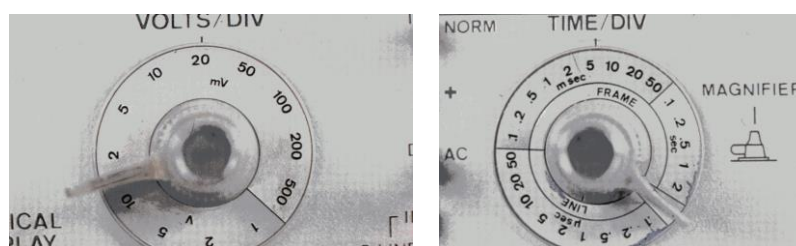
Las partes principales de las que está formado todo **osciloscopio** son: el tubo de rayos catódicos, un amplificador para la señal vertical y otro para la horizontal, una fuente de alimentación, una base de tiempos y un sistema de sincronismo.



El "**tubo de rayos catódicos**" es lo que comúnmente denominamos **pantalla**, aunque no solo está compuesto de ella sino que en el interior tiene más partes. El fundamento de estos tubos es igual al de la televisión. Hoy en día se utilizan las pantallas de TFT. Su principal función es que permite visualizar la señal que se está estudiando, utilizando para ello sustancias fluorescentes que proporcionan una luz normalmente verde.

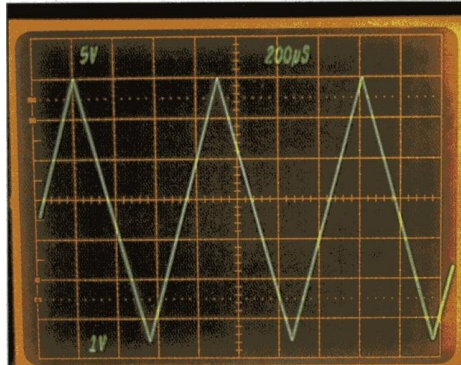


En la pantalla aparecen un conjunto de líneas reticuladas que sirven como referencia para realizar las medidas. Dichas líneas están colocadas sobre la parte interna del cristal, estando así la traza dibujada por el haz de **electrones** y la cuadrícula en el mismo plano, lo cual evita muchos errores de apreciación. Según el modelo de **osciloscopio**, la cuadrícula que se utiliza puede ser de un tamaño o de otro. Algunos de los más comunes son de 8x10, 10x10, 6x10, etc. Además de las divisiones principales representadas por la cuadrícula, normalmente suele haber otras subdivisiones que son utilizadas para realizar medidas más precisas.



INSTRUMENTACIÓN Y MEDIDA

Otra de las partes del osciloscopio es la "**base de tiempos**". La función de este circuito es conseguir que la tensión aplicada aparezca en la pantalla como función del tiempo. El sistema de coordenadas está formado por el eje vertical y el horizontal, siendo en este último donde se suelen representar los tiempos. El circuito de base de tiempos debe conseguir que el punto luminoso se desplace periódicamente y con una velocidad constante en el eje horizontal sobre la pantalla de izquierda a derecha, volviendo luego rápidamente a la posición original y repitiendo todo el proceso. Para conseguir este proceso, el **circuito de base** de tiempos debe proporcionar a las placas horizontales una tensión variable cuya forma debe ser la de diente de sierra. La forma de estas ondas ya la conocemos, aumenta la tensión hasta un punto máximo, a partir del cual desciende rápidamente en lo que se denomina tiempo de retorno, ya que retorna al punto original (0 de tensión).



El **tiempo** que se tarda en alcanzar el punto máximo de tensión es exactamente el mismo que se va a tardar en recorrer toda la pantalla de izquierda a derecha en el eje horizontal. El tiempo de retorno es lo que se tarda en volver al punto origen de la **pantalla**, es decir, a la izquierda de la misma. El tiempo en recorrer la pantalla de izquierda a derecha siempre va a ser mayor que el tiempo de retorno; de hecho, cuanto menor sea el tiempo de retorno mejor será la reproducción de la señal en la **pantalla**. Según sea la **frecuencia** de la tensión de diente de sierra, el punto luminoso se desplazará con mayor o menor rapidez por la pantalla. Por lo tanto, nos interesa que el circuito de base de tiempos proporcione una frecuencia variable, para que el rango de frecuencias que se puedan analizar sea muy grande y abarque desde las frecuencias muy cortas hasta las muy elevadas.

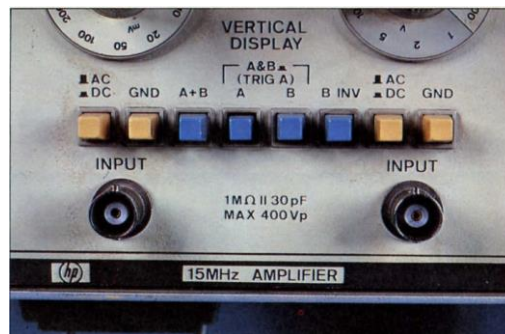
El "**amplificador horizontal**" tiene como cometido amplificar las señales que entren por la entrada horizontal (X). Normalmente se emplea para amplificar las señales que son enviadas desde el circuito de base de tiempos. A dichas señales se les proporciona una amplitud suficiente para que se pueda producir el desvío del haz de electrones a lo ancho de toda la **pantalla**. Algunas veces no es necesario conectar las señales de la base de tiempos, ya que estas tienen la amplitud necesaria. Por lo tanto, como ya hemos dicho, no solo se va a **amplificar** la señal de la base de tiempos sino que podemos amplificar cualquier señal y luego componerla con la señal procedente del sistema vertical para obtener la gráfica final que va a aparecer en la pantalla.

El "**amplificador vertical**" es, como su nombre indica, el encargado de amplificar la señal que entre por la entrada vertical (Y). Para que el **osciloscopio** sea bueno, debe ser capaz de analizar señales cuyos valores estén comprendidos en un rango lo más grande posible. Normalmente, los amplificadores verticales constan de tres partes: amplificador, atenuador y seguidor catódico. El **amplificador** es el encargado de aumentar el valor de la señal. Está formado por un preamplificador, que suele ser un transistor y es el encargado de amplificar la tensión. Después, tenemos unos filtros que son los encargados de que el ancho de banda de paso sea lo mayor posible, y pueden aumentar tanto la banda de bajas como de altas frecuencias. Por último, se pasa por el amplificador final que puede estar formado por uno o dos **transistores**.

INSTRUMENTACIÓN Y MEDIDA

Hay veces que la **señal** que llega es demasiado grande y necesitamos disminuirla, con este fin se utilizan los atenuadores, que son una parte de los amplificadores, aunque su función no es aumentar la señal sino todo lo contrario: disminuirla. Esta disminución de la señal es necesaria en algunos casos para que no se produzca distorsión, pudiendo disminuirse en 10, 100, etc., veces el valor de la amplitud inicial.

Después de producirse la disminución de la señal, suele ser necesario el uso de un seguidor catódico, cuya función consiste en adaptar las impedancias de entrada del **osciloscopio** a la salida del emisor del transistor.



El "**sistema de sincronismo**" es el encargado de que la imagen que vemos en el tubo de rayos catódicos sea estable. Para poder conseguirlo se utiliza una señal de barrido que tiene que ser igual o múltiplo de la frecuencia de la señal de entrada (vertical). Para **sincronizar** la señal vertical con la base de tiempos (o señal horizontal) se puede utilizar la denominada sincronización interna. Consiste en inyectar en el circuito base de tiempos la tensión que se obtiene del ánodo o del cátodo del amplificador vertical (dependiendo de cuál sea la más adecuada). Así se consigue que el principio de la oscilación de la base de tiempos coincida con el inicio del ciclo de la señal de entrada. Este tipo de sincronización no siempre es el más adecuado. Existen otros tipos de sincronización como la sincronización externa y la sincronización de red.

Por último, diremos que todo **osciloscopio** necesita una fuente de alimentación que va a ser la encargada de proporcionar las tensiones necesarias para alimentar las diferentes etapas que forman los circuitos de un **osciloscopio**.

4.2. Controles de un osciloscopio

Existen diferentes controles para cada una de las partes de un osciloscopio; así, hay "**mandos**" para centrar la imagen vertical y horizontalmente, para dar brillo, intensidad, etc. Según la parte del **osciloscopio** que analicemos y el tipo de osciloscopio que tengamos, vamos a encontrarnos con unos controles u otros. Aunque hay un conjunto bastante amplio de controles que se encuentran en todos los **osciloscopios**.

Uno de los controles típicos del sistema de visualización es el "**control de la intensidad**", que proporciona más o menos brillo a la gráfica que vamos a ver en la pantalla ya que, según sean las condiciones externas, podemos necesitar más o menos brillo en la pantalla. Otro control de la visualización es el "**control del foco**", que controla el lugar donde se va a enfocar el haz de electrones sobre la pantalla del tubo de rayos catódicos. Con este mando también se puede controlar el grosor del trazo de la gráfica.

INSTRUMENTACIÓN Y MEDIDA



El sistema vertical también tiene varios controles propios. Existe un "**control de la amplificación vertical**". Con él podemos polarizar más o menos la base del transistor encargado de amplificar la señal vertical. En la pantalla del **osciloscopio**, esta amplificación se traduce en la altura de la gráfica que vamos a ver. Con el "**control de la posición vertical**" se puede colocar la traza en una zona u otra de la pantalla.

Los controles para el sistema horizontal son bastante parecidos a los del sistema vertical. Hay un "**control de la amplificación horizontal**" que es el encargado de controlar la ganancia del amplificador horizontal, lo que se traduce en el ancho de la gráfica. También existe un mando para centrar la imagen horizontalmente.

Para el sistema de sincronismo existen varios controles: el "**control de sincronismo**" y el "**control de ajuste de barrido**" se utilizan conjuntamente. El primero asegura la inmovilidad de la imagen actuando sobre la base de tiempos y el segundo permite el control de la frecuencia de la base de tiempos. Otro control necesario es el "**control de la frecuencia de barrido**": es un conmutador que permite fijar los márgenes de frecuencia de la base de tiempos.

Además de todos los controles citados existen otros que son mandos totalmente necesarios en el **osciloscopio**. Un mando que tienen prácticamente todos los aparatos electrónicos es el interruptor, que enciende o apaga el aparato al conectarlo o desconectarlo de la red. También suele haber un botón que permita conectarse a una red de 125 ó de 220. Hay dos bornes para las entradas horizontal y vertical. Existen muchos más controles, específicos de cada modelo de osciloscopio.

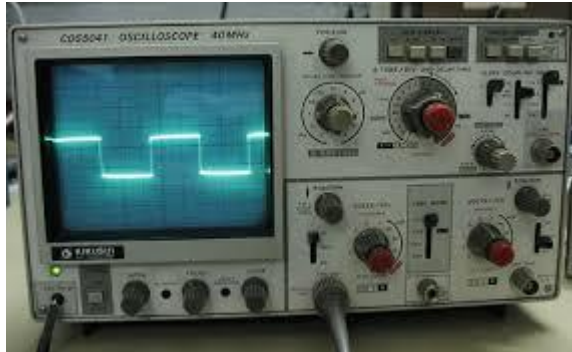
4.3. Ajuste del osciloscopio

Al trabajar con el **osciloscopio** es muy importante saber usar los controles que tiene, ya que, aunque la medida que esté realizando sea correcta, si la pantalla no está bien ajustada podemos obtener una representación incorrecta. La posición de dichos controles se debe comprobar antes de realizar la **medida**. Debemos comprobar los controles de posición tanto vertical como horizontalmente, los controles relacionados con el sincronismo, la intensidad, el foco, etc.

Es muy común que en la pantalla no aparezca la medida realizada por una mala colocación de algún mando por lo que, en este tipo de aparatos de medida, es importantísimo revisar continuamente la posición de todos los **controles**. La forma más correcta de colocar los controles antes de encender el ordenador es la siguiente: lo primero es ver que la tensión coincide con la de la red donde vayamos a enchufar al aparato. El mando del **brillo** hay que ponerlo bastante alto para poder localizar bien el punto luminoso que vamos a obtener, una vez encendido bajaremos el nivel de este mando. El mando del control del **foco** debemos ponerlo más o menos en la mitad de su recorrido; el sincronismo lo ponemos en el modo interno; el selector de barrido y ajuste de frecuencia en un valor pequeño y el mando de ganancia horizontal lo ponemos al mínimo.

INSTRUMENTACIÓN Y MEDIDA

Después, encendemos el **osciloscopio** y, tras esperar un tiempo para que todo se prepare, podemos observar un punto luminoso, ya que el mando horizontal estaba al mínimo. Según vayamos aumentando el mando de ganancia horizontal, vamos a ver cómo el punto luminoso se va convirtiendo en una línea horizontal que va aumentando hasta ocupar toda la pantalla, disminuyendo un poco dicha ganancia si la línea sobrepasa los límites de la **pantalla**. Esta línea que se ha obtenido hay que encuadrarla en el centro de la pantalla usando los mandos de posición vertical y horizontal.

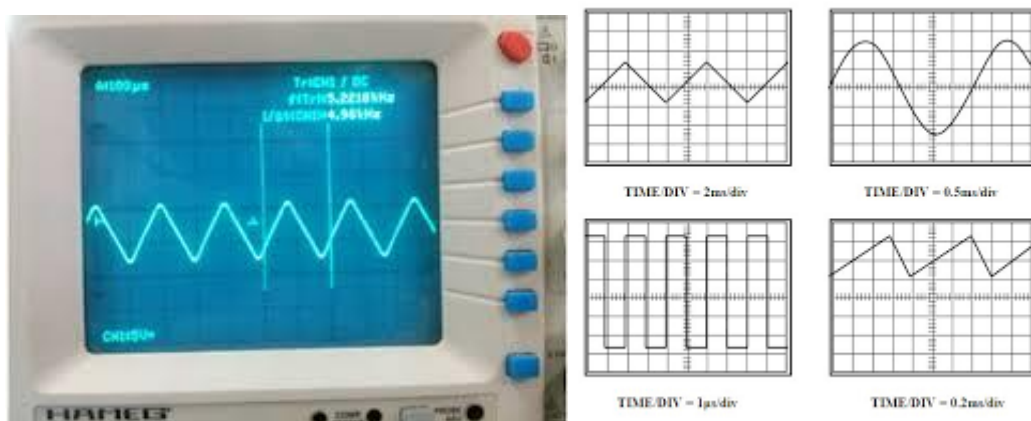


Otra operación que debemos realizar antes de introducir la señal es enfocar bien el trazo para que sea lo más nítido posible. Con todos estos ajustes no vamos a conseguir una visualización completa, ya que siempre tendremos que retocar un poco más cuando aparezca la señal en la **pantalla**.

4.4. Formas de medición

Con la gráfica que se presenta en la pantalla de un **osciloscopio** se pueden obtener muchas medidas y conclusiones sobre la magnitud que estemos analizando. Para conseguir los resultados deseados hay varias formas posibles de trabajar.

Las principales medidas que se pueden obtener en un osciloscopio son la **amplitud** y el **tiempo**. Estas dos medidas se obtienen directamente, es decir, mirando la pantalla vemos la amplitud que tiene la onda y el tiempo que transcurre para que se complete la **gráfica**.



Es más fácil realizar las medidas cuanto más grande sea la zona de la pantalla cubierta por la **gráfica**. Por ejemplo, para medir la **amplitud**, que es una medida vertical, y el tiempo, que es una medida horizontal, se usa la cuadrícula y las divisiones y subdivisiones del osciloscopio tanto verticales como horizontales y, si el tamaño de la gráfica es pequeño, no se apreciarán muy bien sus medidas y habrá que hacer aproximaciones con el consiguiente error.

INSTRUMENTACIÓN Y MEDIDA

Otro tipo de medidas son las derivadas. Se llaman así porque se obtienen a partir de las medidas directas. Un ejemplo de medida derivada es la medición de la corriente alterna.

Un parámetro importante es el **período** de la onda. Se define período de una onda al tiempo necesario para que dicha onda complete un ciclo entero de la señal. Al ser un tiempo se puede obtener su medida directamente de la observación de la pantalla. Otro parámetro es la **frecuencia**, que es el número de ciclos que tiene lugar en 1 segundo. Para obtener la media de la frecuencia realizamos una medición derivada. Primero se mide el período como medida directa y, después, se realiza el cálculo para obtener la frecuencia.

4.5. Parámetros de un osciloscopio

Para que un **osciloscopio** funcione bien es muy importante su diseño. Después de elegir un buen diseño es igual de importante comprobar que cumple todas las especificaciones que de él se requieren a la hora de realizar una medida. Para que esto sea posible es necesario hacer una calibración adecuada del aparato, ya que, de lo contrario, podría funcionar mal y no realizar las medidas adecuadas.

Uno de los **parámetros** que se deben tener en cuenta es el tiempo de respuesta, ya que afecta a la exactitud de los tiempos de transición medidos. Para que el **osciloscopio** sea bueno tiene que ser más rápido que la señal observada.

Otro parámetro importante es el ancho de banda. Al diseñar un **osciloscopio** es importante procurar que los canales verticales tengan un ancho de banda grande, abarcando desde frecuencias pequeñas hasta las más grandes posibles. Normalmente suele haber una constante que relaciona el ancho de banda y el tiempo de respuesta del **osciloscopio**, por lo que ambos parámetros están relacionados.

Aunque conozcamos la teoría de funcionamiento de un **osciloscopio**, en la práctica existen muchas cosas que no son muy importantes a la hora de manejarlo como una herramienta más de nuestro **laboratorio**. Por el contrario, también hay otros muchos detalles que no se suelen estudiar en la teoría del osciloscopio y que pueden ser muy útiles al usarlos.



NOTA: El osciloscopio es probablemente uno de los instrumentos más importantes en el laboratorio de cualquier aficionado o profesional de la electrónica, pudiendo sustituir con éxito a otros medidores, como pueden ser el frecuencímetro o el voltímetro.

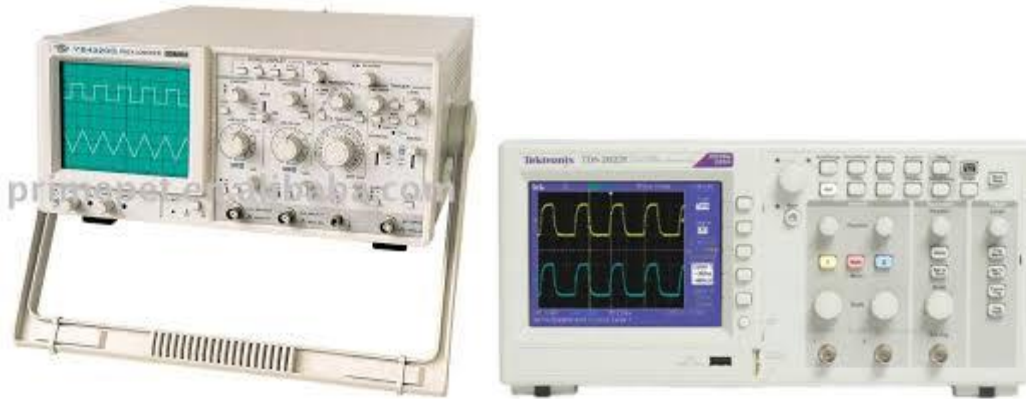
INSTRUMENTACIÓN Y MEDIDA

4.6. Los mandos básicos

Cuando vemos por primera vez un **osciloscopio** es probable que nos asustemos por la gran cantidad de mandos de manejo que tiene, pero si analizamos estos detenidamente podemos ir comprobando que no es tan complicado manejar un osciloscopio.

Básicamente se pueden dividir en dos grandes grupos, el grupo de botones que afecta al **eje horizontal** y el que afecta al **eje vertical**.

En un **osciloscopio** de doble trazo, que es lo más normal, están duplicados todos los botones de manejo del eje vertical, ya que necesitamos controlar independientemente cada canal.

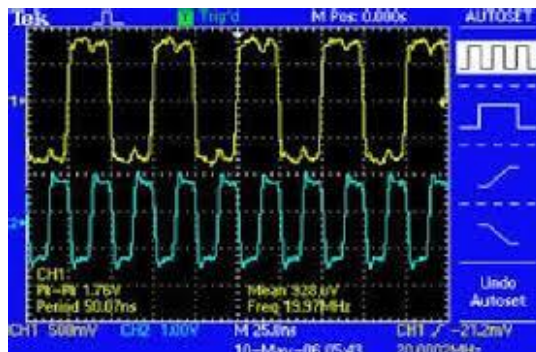


4.7. Mandos del eje vertical

Estos **botones** controlan el amplificador de entrada de la señal que más tarde se aplicará a las placas deflectoras del eje vertical. El mando principal es el que representa la **magnitud**, dada en milivoltios o voltios, que tendrá cada cuadrícula en sentido vertical. Normalmente alcanza desde los valores de 20 voltios por división, hasta 10, 5 ó 2 mV por división, dependiendo de la calidad del aparato. Normalmente, cuanto mejor sea el amplificador utilizado para este fin, mayor sensibilidad y precisión tendrá la indicación.

Sobre este **mando**, normalmente, se encuentra otro botón del tipo **potenciómetro**, cuya finalidad es ampliar la señal en pantalla para hacerla más grande y poder observarla más claramente. El inconveniente de esta función es que se pierde la escala de referencia, es decir, si tenemos el mando en 20 mV por cada cuadrícula, al accionar el magnificador de imagen, ya no tendremos la misma referencia y no seremos capaces de poder medir una señal con precisión.

Otro mando, también del tipo **potenciómetro**, es el que regula la posición, en sentido vertical, que tendrá la señal sobre la **pantalla**. Con él se puede mover arriba y abajo la onda que estemos visualizando para colocarla sobre alguna referencia conocida y así poder medir con mayor precisión.

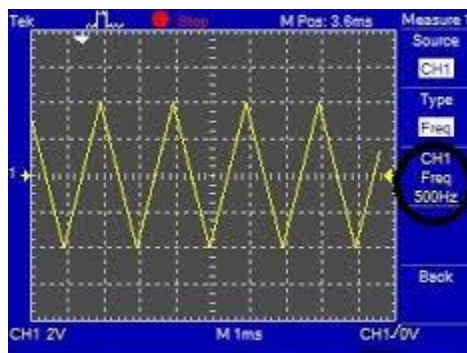


INSTRUMENTACIÓN Y MEDIDA

Algunas veces tenemos señales en las que se monta una tensión continua de valor fijo. A la hora de representar esto en el **osciloscopio** el resultado es que la parte de señal alterna, que es lo que nos interesa, queda demasiado arriba o incluso desaparece de la **pantalla**. Esta situación se puede evitar con un interruptor que elimina la parte de continua de cualquier señal de entrada. Este **conmutador** nos permite elegir si queremos que la señal se represente con su parte de corriente continua o que aparezca la parte cambiante de la señal. También sirve para referenciar la entrada del canal correspondiente con la masa del aparato, es decir, conecta la entrada a masa.

4.8. Mandos del eje horizontal

Estos se utilizan para manejar la base de tiempos que utilizará el **osciloscopio** para representar las señales. El mando principal de estos es el que selecciona el tiempo que marca cada división. Con este elegimos en realidad la frecuencia que tendrá el barrido del haz sobre la **pantalla**, y el resultado práctico será que la señal que estamos visualizando aparece en pantalla de una forma más grande o pequeña, en sentido horizontal. Cuando tenemos frecuencias más altas tendremos que seleccionar tiempos más bajos y, cuando las frecuencias son bajas, haremos lo contrario.



Las posiciones que puede tener este mando varían de un aparato a otro, sobre todo en los tiempos más bajos. Para un **osciloscopio** de 20 MHz, la base de tiempos puede llegar hasta 0,1 μ s por división. Cuando tenemos aparatos con un margen de frecuencia mayor, la división más baja también deberá ser de un tiempo inferior.

En el centro de este mando suele ser normal que haya otro del tipo **potenciómetro** que amplía la imagen para poderla ver con más detalle, igual que ocurría con el mando de amplitud vertical. En este caso también se pierde la referencia de las divisiones cuando se utiliza esta opción.

Dentro de este apartado podemos encontrar otro grupo de mandos que se encargan de regular y controlar el **disparo de la señal**. Para que lo entendamos más claramente, el disparo es el momento exacto en el que la señal se empieza a representar en la parte izquierda de la pantalla. Esta referencia es muy importante para hacer ciertos tipos de medida de la señal relacionados con su frecuencia o con su fase.

El disparo de la señal se tiene que producir en cada barrido del haz, es decir, en cada representación de la onda sobre pantalla. Por este motivo es de vital importancia que el **disparo** siempre se produzca en el mismo punto de la señal. Cuando esto no se produce por algún motivo, el resultado es que tenemos una imagen inestable, con una onda que se mueve continuamente de atrás hacia delante o al revés.

INSTRUMENTACIÓN Y MEDIDA

Para evitar este tipo de cosas tenemos cierto control sobre el sistema de disparo del **osciloscopio**. En los aparatos de doble trazo es posible decidir si el disparo se producirá con la señal procedente del canal 1 ó con la del canal 2. Con otro mando podemos elegir el rango aproximado de frecuencias con las que trabajaremos, para que de alguna forma el **sincronismo** de disparo se produzca más fácilmente. Igualmente, se puede seleccionar con sendos mandos, el nivel de amplitud de la señal en el momento del disparo, o si queremos que éste se produzca en el semiciclo positivo o negativo de la onda.

También se puede hacer que la señal quede sincronizada con otra distinta de la que estamos representando. Para ello emplearemos la opción de disparo exterior y, por otra entrada especial, aplicaremos la señal que nos servirá como referencia de disparo.

4.9. Otros mandos de los osciloscopios

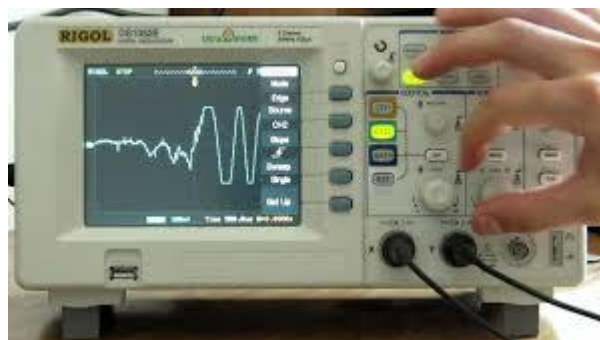
Aunque las principales funciones ya están descritas, existen otros mandos que aunque sean secundarios también son interesantes de aprender. Relacionados en gran medida con los **amplificadores** del eje vertical están una serie de pulsadores que modifican el aspecto visual de la señal de entrada. Por ejemplo, se puede invertir la onda y visualizarla al revés, o también se pueden sumar los dos **canales**, de modo que obtengamos otra forma de onda resultado de la suma algebraica de las dos.

Existen otros mandos capaces de eliminar el **barrido horizontal**, de modo que en pantalla sólo aparece un punto en el centro. Esto se utiliza para aplicar directamente una señal en el eje vertical y otra directamente al eje horizontal, para medida de desfases entre dos señales, o para medir una frecuencia a partir de otro patrón.

En algunos aparatos de cierta calidad podemos encontrar líneas de **retardo**. Se utilizan para retrasar el tiempo que transcurre entre el disparo de la señal y la representación en pantalla. Esto es muy práctico cuando se intenta ver impulsos muy distanciados uno de otro, que en condiciones normales quedarían representados fuera de **pantalla**.

4.10. Osciloscopios digitales

Estos **aparatos** tienen un aspecto totalmente distinto a los convencionales pero, si entendemos el funcionamiento de los analógicos, nos será muy sencillo aprender a manejar los digitales. Los más modernos son, en realidad, un pequeño **ordenador** destinado a captar señales y a representarlas en la pantalla de la forma más adecuada.

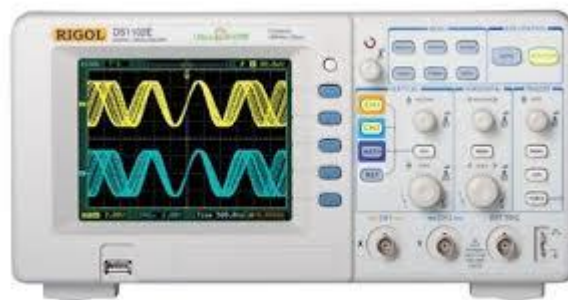


Afortunadamente, estos **aparatos** tratan de imitar los antiguos mandos de los osciloscopios normales, de modo que, en realidad, sólo es necesario aprender la forma en que el aparato se comunica con el usuario. Esto se hace normalmente en forma de menús que pueden aparecer en

INSTRUMENTACIÓN Y MEDIDA

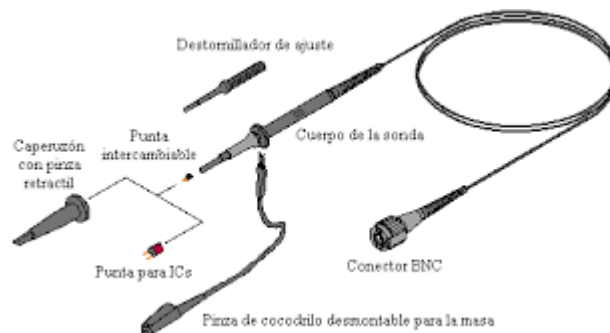
pantalla con opciones que el **usuario** puede elegir con una serie de pulsadores. A través de estos menús es posible acceder a los mismos mandos que cualquier otro no digital.

La ventaja más clara que nos aparece en los **osciloscopios** digitales es la memoria digital de las señales. En un momento determinado podemos pulsar un botón y la señal existente en pantalla queda congelada. Existen funciones, como la de configuración automática, a partir de una señal de entrada. Esto quiere decir que, si tenemos una onda de unas características determinadas de tensión y frecuencia, el **osciloscopio** es capaz de seleccionar los rangos de la base de tiempos y del amplificador vertical para que podamos ver en pantalla la onda cómodamente. Normalmente incorporan gran cantidad de mediciones sobre distintos parámetros de la señal que tenemos en pantalla, como puede ser la tensión máxima, la media, la eficaz, la frecuencia, el periodo, etc.



4.11. Medidas con osciloscopio

Para que las medidas que se realizan con el osciloscopio sean más correctas y no tengan interferencias, es preciso usar un cable especial a fin de conectar el circuito que queremos medir y el osciloscopio. Estos cables son las denominadas **sondas**.



A la hora de tomar una medida eléctrica (tensión, corriente, potencial, etc.) podemos encontrarnos con un inconveniente muy habitual en el tamaño de la señal. Nos estamos refiriendo a que los valores de las señales a medir pueden ser excesivamente grandes o, por el contrario, demasiado pequeños para poder conectarlos directamente al instrumento de medida que vayamos a utilizar. En estos casos, se hace necesario amplificar o reducir la señal a medir, de tal forma que esta sea compatible con el instrumento de medida que tengamos disponible. Otro problema inherente a las tomas de medida es la propia impedancia que presentan los aparatos de medida. Esta impedancia puede afectar al valor de la medida de forma considerable, si se trata de una impedancia demasiado elevada o demasiado baja, dependiendo de la magnitud que se esté midiendo. Así, por ejemplo, cuando se trate de medir intensidades de corriente, la impedancia del aparato a medir ha de ser lo más baja posible. El valor ideal para la impedancia en un aparato de este tipo sería, sin duda alguna, cero.

INSTRUMENTACIÓN Y MEDIDA

Sin embargo, de todos es sabido que no existe ningún elemento conductor con resistencia nula, aunque sí muy baja (casi despreciable). Por el contrario, cuando se trata de medir tensión, el aparato a utilizar debe tener una impedancia muy elevada. La razón de estas afirmaciones radica en que, si al medir el valor de una corriente en un conductor insertamos un aparato con una resistencia considerable, este puede hacer que la intensidad de la corriente que circulaba por el conductor antes de colocarlo decaiga, debido a la propia impedancia del aparato; por el contrario, si la impedancia es muy baja, el valor de la corriente que detecta el aparato es más parecido al valor real que en el caso anterior. De manera análoga, al medir una tensión entre los bornes de un conductor, la impedancia del aparato con el que se mide debe tener una impedancia muy elevada, de forma que impida el paso de corriente a través de él, ya que, de lo contrario, circularía corriente a través de él y la diferencia de potencial que mediría no se correspondería con la medida exacta.

Vemos pues que el valor de la impedancia en los aparatos de medida es de vital importancia a la hora de obtener una buena medida, ya que un valor no apropiado de la misma se traduciría en una medida errónea, tanto más cuanto más difiriera el valor de la impedancia del valor ideal. Esto es parecido a un cronómetro. Cuanto mejores reflejos tenga un cronómetro, mejor será la medida del tiempo que realice, mientras que un cronómetro con "**efectos retardados**", es decir, que tarde en apretar el botón, hará una medida del tiempo un tanto defectuosa.

INSTRUMENTACIÓN Y MEDIDA

5. LAS SONDAS

Una sonda es un **cable**, normalmente **coaxial**, que se utiliza para conectar un aparato de medida al circuito que se desea medir. La razón para usar cable coaxial es evitar captar interferencias que puedan afectar a la señal que se va a medir. La longitud de este cable no va a sobrepasar el metro para intentar que la capacidad adicional sea mínima. Las sondas se utilizan normalmente con los **osciloscopios** o con **voltímetros** electrónicos.



5.1. Función de una sonda

La función más importante de una sonda consiste en aumentar la impedancia de entrada y reducir el valor de la capacidad añadida. Existen varios tipos de sondas y algunas son utilizadas para modificar algunas características de la señal que vamos a medir y poder así observarla en la pantalla, ya que, si no se modifica nada, no podría llegarse a obtener una representación gráfica en la pantalla. Con una pequeña modificación vamos a poder amplificar y estudiar todos los datos obtenidos en la pantalla.

Como hemos visto, la principal función de una sonda consiste en aumentar la impedancia de entrada para que los efectos de la carga del instrumento de medida no afecten al circuito que se está midiendo. Pero esto no siempre resulta así, si el circuito que queremos medir tiene una impedancia muy alta o trabaja a frecuencia muy alta, no vamos a poder evitar que se introduzca una baja impedancia en paralelo con la impedancia de entrada del instrumento. Para que esto no ocurra, vamos a tener que usar una sonda que tenga un atenuador de entrada o un seguidor de cátodo que aumente la impedancia que ve el circuito.

Antes de realizar medidas con la sonda debemos asegurarnos de que esté compensada. Cuando una sonda no está compensada, las gráficas de las señales que se ven en la pantalla del osciloscopio estarán **deformadas**.

5.2. Tipos de sondas

Las sondas pueden ser de tipo **capacitivo** o **resistivo**. Las primeras están constituidas por condensadores y, evidentemente, sólo pueden usarse para señales alternas. Las sondas formadas por condensadores tienen varias ventajas frente a las que están formadas por resistencias. La primera de ellas es que la absorción de energía es casi nula y la disipación de calor es bastante pequeña, siendo prácticamente despreciable, mientras que en las resistencias se pierde bastante energía en forma de calor. Pero no todo son ventajas, ya que las sondas de tipo capacitivo van a depender de la frecuencia que se emplee.

INSTRUMENTACIÓN Y MEDIDA

5.3. Grupos de sondas

Hay dos grandes grupos de sondas: las **activas** y las **pasivas**. Las primeras están formadas por dispositivos de amplificación, permiten sensibilidades elevadas y no cargan mucho el circuito que se está midiendo. Las pasivas son bastante sencillas, pueden utilizarse como atenuadores, filtros para señales, etc.

Un ejemplo de sonda pasiva puede ser un **atenuador**. Estas sondas introducen una reducción en la amplitud de la señal y son de tipo RC, ya que están formadas por un condensador y una resistencia. El condensador de la sonda puede ser ajustable, pudiendo así compensar la capacidad parásita sin distorsionar la señal. El ajuste suele realizarse moviendo longitudinalmente un conductor cilíndrico que está situado dentro de otro conductor también cilíndrico. Ambos conductores son concéntricos.

El objetivo principal, al utilizar una sonda **pasiva**, es reducir la carga que el aparato de medida le produce a la señal, pero es muy importante comprobar que la impedancia de la sonda es compatible con la impedancia de entrada del instrumento, cosa que no siempre ocurre. Otro factor a tener en cuenta es el tipo de señal que se va a medir, ya que la respuesta del instrumento no solo depende de la impedancia de la sonda, sino que también va a influir mucho el tipo de señal.

Las sondas pasivas son las más utilizadas, pero tienen muchas limitaciones ya que solo permiten tener una carga capacitiva baja y un pequeño desfase para luego obtener una atenuación considerable. Hay otro tipo de sonda, la **activa**, que permite solucionar estos problemas. Con la sonda activa, el efecto de la carga es bastante pequeño, el ancho de banda es amplio y la atenuación es muy reducida. Este tipo de sonda obtiene la energía de una fuente de tensión que se encuentra en el instrumento, o fuera de él, y utiliza un **FET**. Las sondas realizadas con un FET separan la señal continua y alterna, amplifican cada una de ellas por separado y luego las vuelven a mezclar. Para conseguir que el tamaño de estos aparatos sea lo más reducido posible, se coloca un amplificador pequeño, formado por un FET, en la punta de la sonda.

Las sondas de **corriente** son otro tipo de sondas que, como su nombre indica, se utilizan para medir corriente. Se puede medir corriente sin utilizar una sonda; la forma más empleada consiste en colocar una resistencia de valor conocido y medir la caída de tensión en ella. Este último método de medir la corriente produce muchos problemas de aislamiento y bastantes errores en las medidas. Las sondas tienen una corredera que es donde se insertará el conductor de la corriente que se va a medir. Con este tipo de sondas se puede medir tanto la corriente alterna como la continua.

Las sondas **demoduladoras** son utilizadas cuando estamos analizando una señal modulada en **amplitud (AM)**. Estas sondas están formadas por un condensador cuya función consiste en bloquear las componentes de corriente continua, dejando pasar las señales de alta frecuencia que van a ser detectadas por el diodo. La señal es aplicada al osciloscopio a través de un cable coaxial cuando se encuentra en bornes de la resistencia R1. Este tipo de sondas es utilizado para analizar señales de radiofrecuencia modulada cuando se encuentran en las etapas de sintonía, amplificadoras de alta frecuencia y frecuencia intermedia.

Por último, podemos encontrar unas sondas que son utilizadas para medida de circuitos de radiofrecuencia, con impedancia elevada y banda ancha. Este tipo de circuitos se encuentran en los radorreceptores de frecuencia modulada y televisión. Para que no se altere la banda, es necesario que las constantes de tiempo de la sonda y del osciloscopio sean iguales.

INSTRUMENTACIÓN Y MEDIDA

6. SISTEMAS DE INSTRUMENTACIÓN

En este apartado vamos a conocer, en primer lugar, qué es lo que se pretende conseguir con un BUS de instrumentación para pasar, posteriormente, a comentar los problemas que existían antes de la normalización de este tipo de buses y concluir con aspectos técnicos y funcionales de dicho BUS.

6.1. ¿Qué se pretende conseguir con los sistemas de instrumentación?

Se pretende conseguir o diseñar sistemas de instrumentación **programables** para realizar todo tipo de pruebas de forma automática.

Un sistema de instrumentación puede definirse como un conjunto de instrumentos conectados a través de un bus que ejecutan un trabajo determinado de forma automática bajo el control de un equipo que, en la mayoría de los casos, es un ordenador personal (**PC**).

La realización de una prueba o medida sobre un dispositivo (**DUT, device under test**) requiere con frecuencia la contribución de varios instrumentos, puede ser necesario un equipo que genere un estímulo, otro que realice la medición, un tercero que presente los datos de forma adecuada, etc., incluso puede ser necesaria una memorización de los datos por parte de un quinto instrumento.

Se puede llegar a la conclusión de que a la hora de realizar una prueba, como puede ser la verificación de una placa, sería muy útil configurar un sistema de instrumentos en el que se asegure la comunicación e iteración entre ellos y que, además, nos permita prefijar una secuencia de acciones mediante una secuencia de órdenes, con lo que conseguiremos un sistema de instrumentación programable.

6.2. Compatibilidad entre equipos

Para crear un sistema de instrumentación programable es necesario disponer de un número determinado de instrumentos y, para que cada uno de ellos realice las funciones deseadas, es necesario interconectar varios instrumentos. A la hora de efectuar la conexión se plantean desde los problemas meramente físicos, como puede ser la compatibilidad entre conectores, cables y niveles de señal, hasta los aspectos más conceptuales sobre la interpretación de la información que se comunica a unos y otros (formato y codificación de datos, conjunto de órdenes, etcétera).

Estos problemas hacen que, por ejemplo, dos fabricantes de equipos no se puedan comunicar entre sí, por no entenderse. Por tanto, surge una necesidad.

6.3. La normalización

Para solucionar el problema de la compatibilidad entre diversos equipos los distintos fabricantes se ponen de acuerdo y realizan estos siguiendo unas normas o recomendaciones comunes. Estas normas tienen el nombre de **IEEE 488** que define el bus de interfaz conocido también como **GPIB**.

Se puede, entonces, definir GPIB como "*Sistema de interfaz digital de propósito general, destinado a simplificar el diseño y la integración de equipos de medida en sistemas de ordenadores*".

Concluiremos, pues, esta introducción diciendo que la instrumentación programable ha sido y es, probablemente, la solución más potente, flexible y económica para la implementación de sistemas de medida automáticos.

INSTRUMENTACIÓN Y MEDIDA

A los equipos de instrumentación programables habituales (osciloscopios, generadores de señal, fuentes de alimentación, etc.) se han unido equipos pensados especialmente para aplicaciones en sistemas automáticos como ordenadores controladores o sistemas de conmutación y encaminamiento de señales que controlan el sistema y hacen accesible el dispositivo bajo test.

6.4. Constitución de un sistema de instrumentación

- Instrumentos para realizar medidas: multímetros, osciloscopios, generadores, fuentes de alimentación, etcétera.
- Equipo de control: normalmente para realizar esta función se utiliza un ordenador personal (PC).
- Unidades de conmutación: necesarias para unir el producto o dispositivo bajo prueba a los instrumentos propiamente dichos.
- Bus y cableado de conexión: para unir los equipos, las unidades de conmutación, el controlador del sistema y el producto bajo prueba.
- Software: se puede hacer la siguiente clasificación:
- Programas realizados por el usuario a través de los cuales se controlan las secuencias y pruebas que se desean realizar, así como la forma de presentación de resultados.
- Programas facilitados por el fabricante, estos programas consisten fundamentalmente en una serie de funciones y procedimientos de entrada/salida para facilitar la programación del usuario.
- Programas de proceso de datos para facilitar el análisis de los mismos (hojas de cálculo, bases de datos, etcétera).

6.5. Sistemas de interconexión. Caracterización de un interfaz

La función del interfaz de un sistema de instrumentación es la de permitir la comunicación entre todos los instrumentos conectados al mismo. Un **interfaz**, en general, está formado por una parte por el hardware (circuitaría entrada/salida) y por otra, por el software que se encarga de gestionar la comunicación con el exterior (protocolo, interpretación de datos, etcétera).

Por otro lado, un sistema de interconexión se puede caracterizar totalmente por las especificaciones funcionales, eléctricas, mecánicas que son definidas en la norma IEEE 488.1 y las operacionales de la conexión que se especifican en la norma IEEE 488.2.

6.6. Norma IEEE 488.1

"*Equipos interconectados*": hasta un máximo de quince en el mismo bus

"*Modo de interconexión*": en estrella o red lineal de hasta 20 metros de longitud de líneas de transmisión de señales.

"*Líneas de señal*": un total de dieciséis líneas activas (8 de datos y 8 para manejo general del interfaz).

"*Transferencia de datos*": transferencia asíncrona de datos, byte serie, bit paralelo utilizando un protocolo de tres hilos.

INSTRUMENTACIÓN Y MEDIDA

"*Velocidad máxima de transferencia*": 1 **Mbyte** por segundo para distancias reducidas; entre 250 y 500 kbits/s, típico máximo sobre la máxima longitud permitida. La velocidad de transferencia de datos está determinada en todo momento por los equipos que están en comunicación en ese momento.

"*Capacidad de direccionamiento*": 31 talker (transmisor: equipo capaz de transmitir datos al interfaz cuando se le direcciona, voltímetros con datos de salida, contadores, osciloscopios, etc. Únicamente puede haber un **talker** activo en el interfaz en todo momento.) y 31 listener (receptor: equipo capaz de recibir datos del interfaz cuando se direcciona, impresoras, equipos o dispositivos de visualización, fuentes de alimentación programable, generadores de señal, etcétera. Puede haber 14 escuchas activas simultáneamente para direcciones primarias; 961 talker y 961 listener para direcciones secundarias (2 bytes).

"*Circuitos de interconexión*": circuitos excitadores y receptores compatibles con **TTL** y **schottky**.

6.7. Norma IEEE 488.2

Esta norma de carácter operacional está creada para complementar a la 488.1 y solucionar así problemas y ambigüedades:

- 1- Define las capacidades mínimas que cada dispositivo puede tener.
- 2- Describe cuidadosamente un protocolo de intercambio de mensajes, hasta los que indican al dispositivo cómo debe comportarse en condiciones excepcionales (errores o fallos).
- 3- Define un modelo de informe de estado de los instrumentos (byte de estado), así como la forma en la que se ha de preguntar a un dispositivo por ese estado.

Para concluir diremos que hemos preferido tratar este tema desde un punto de vista más conceptual porque así podemos ofrecer al lector una visión global de lo que puede ofrecer, ya que por tratarse de un sistema programable, tendríamos que entrar en temas puntuales y específicos para ver una aplicación, que no serviría para aclarar gran cosa.