

Laboratorio de Instrumentación Básica

Tema 2: Instrumentación Electrónica

Patricia Fernández Reguero
Noemí Merayo Álvarez
Francisco Lago García

Universidad de Valladolid

26 de Febrero de 2007

1. Introducción

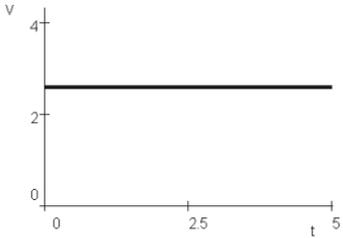
- En este capítulo se pretende dar al alumno la suficiente información para que se familiarice con el principio de funcionamiento de los instrumentos que va a manejar en este Laboratorio.
- El alumno dispondrá de un banco de instrumentos formados por:
 - Una fuente de alimentación
 - Un generador de funciones
 - Un osciloscopio
 - Un multímetro

- Antes de comenzar con el estudio de las fuentes de alimentación y los generadores de señales vamos a ver el tipo de señales que nos proporcionan estos instrumentos, es decir señales continuas y señales variables en el tiempo.

2. Señales continuas y variables en el tiempo.

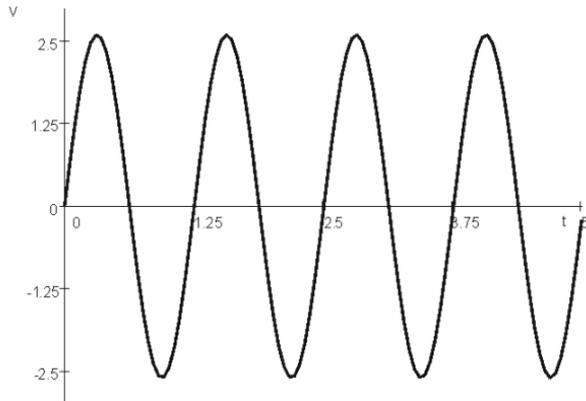
2.1. Señales continuas

- Las señales continuas son señales que tienen, como principal característica, que su valor no varía con el tiempo y entonces podemos hablar de tensión o corriente continua (DC)



2.2. Señales variables en el tiempo

- Si la señal varía su amplitud con el tiempo, se habla de corriente alterna (AC).



- La variación de la tensión podemos expresarla en función del tiempo como

$$V(t) = A \sin(\omega t) = A \sin(2\pi ft) \quad (1)$$

- Denominaremos valor instantáneo, $V(t)$, al valor de la magnitud en un instante t .
- Al parámetro A se le denomina amplitud, y su valor se expresa en voltios.
- Al parámetro ω se le denomina pulsación y se expresa en radianes/segundo.
- La pulsación está relacionada con el periodo, T :

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad (2)$$

- Observe que la onda seno tiene, al igual que otras muchas ondas, la propiedad de ser periódica:

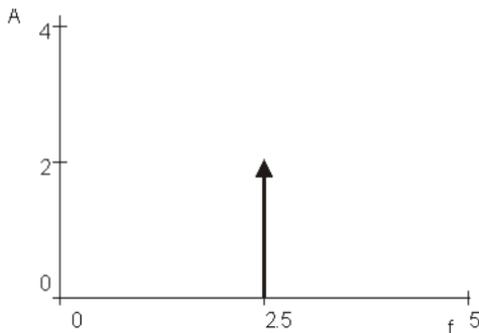
$$f(t) = f(t + nT) \quad (3)$$

- La instrumentación de medida que utilizaremos en el laboratorio nos permite medir el periodo de la señal, y a partir de él se puede calcular la pulsación.
- Sin embargo, no es habitual emplear la pulsación al expresar los parámetros que caracterizan la señal. Tampoco el periodo, que será de decenas, ciento, miles, millones o miles de millones de veces menor de un segundo, es el parámetro más común al caracterizar la señal, sino que se emplea su valor inverso, conocido como frecuencia, que será el número de veces que se repite la señal periódica en un segundo, es decir

$$f = \frac{1}{T} \implies \omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f \quad (4)$$

- La unidad de frecuencia es el Hercio (Hz).

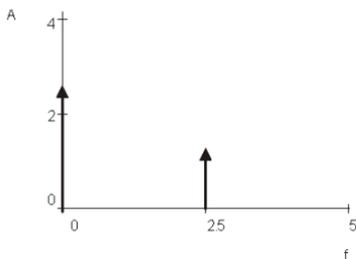
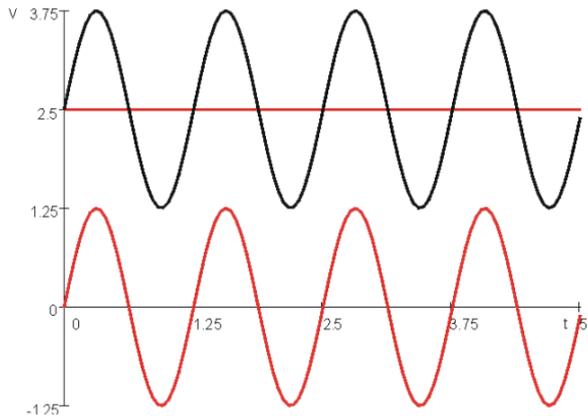
- La onda seno está perfectamente definida conociendo su amplitud A y su frecuencia f (sin tener en cuenta de momento cuál es el origen de tiempos), podemos representar una onda seno de frecuencia f_0 poniendo la amplitud en función de la frecuencia.



- En este caso se dice que la representación se ha realizado en el dominio de la frecuencia, y en el caso anterior en el dominio del tiempo.

- Si nuestra señal además de una variación alterna presenta un cierto valor de componente continúa que respondería a una expresión matemática de

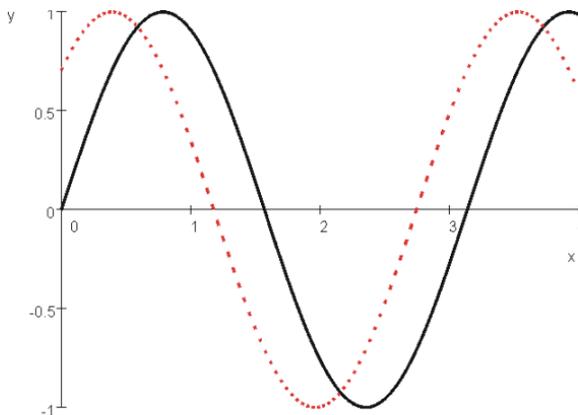
$$V(t) = A \sin(\omega t) + B = A \sin(2\pi f t) + B \quad (5)$$



- Si comparamos dos ondas seno de igual frecuencia y amplitud podemos, si no las relacionamos entre sí, expresar ambas como

$$V(t) = A \sin(2\pi ft) \quad (6)$$

- Sin embargo, si representamos ambas ondas con una misma referencia de tiempos puede ocurrir que coincidan en el origen de tiempos o que una pase por un determinado valor antes o después de lo que lo hace la otra.



- En este caso, si consideramos el cruce por un punto de una de ellas, por ejemplo el cruce por cero, como referencia de tiempos, diremos que la otra está desfasada φ radianes respecto a la anterior, pudiendo representarse como

$$V'(t) = A \sin(2\pi ft + \varphi) \quad (7)$$

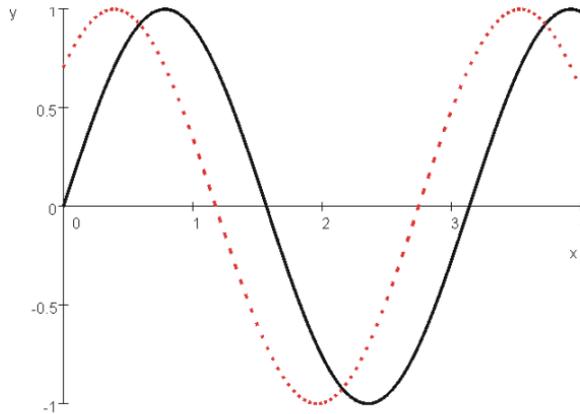
- Ese retardo o adelanto se puede expresar en forma de tiempo

$$t_r = \frac{\varphi}{2\pi f} \quad (8)$$

- Normalmente se habla de desfases de hasta $\pm\pi$, según esté adelantada o atrasada.

- Observe que, por ejemplo un desfase de $\pi/4$ radianes de la señal periódica, equivale a un desfasaje temporal de $T/8$ y que un desfasaje en 2π equivale a un desfasaje de 0, y un desfase φ superior a π , equivale a $\varphi' = \varphi - 2\pi$.
- El que el desfase sea positivo o negativo depende de quién comparemos con respecto a quien. Una regla puede ser la siguiente: *la señal que está más “a la izquierda” presenta un desfase positivo con respecto a la que está más “a la derecha”*.

- ¿Qué onda está más a la izquierda?



- La onda representada en trazo discontinuo (color rojo) está adelantada φ respecto de la otra o presenta un desfase de $+\varphi$.
- En consecuencia, la onda representada en trazo continuo (color negro) está retrasada φ respecto de la representada en trazo discontinuo o presenta un desfase de $-\varphi$.

- En general, una señal $V(t)$ puede descomponerse en una *componente continua* V_{DC} y en una *componente alterna* $V_{AC}(t)$.

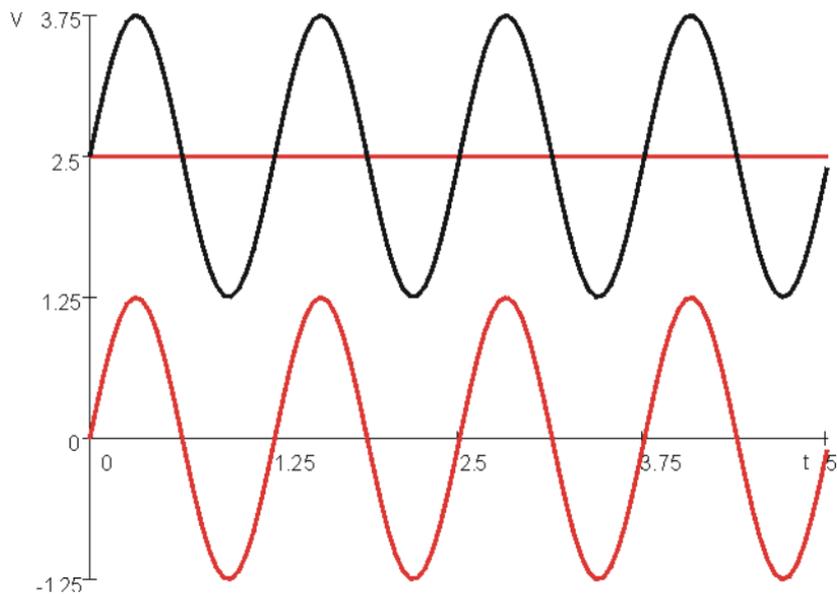
$$V(t) = V_{DC} + V_{AC}(t). \quad (9)$$

- Observad que la componente continua es una constante mientras que la componente alterna varía con el tiempo.
- La *componente continua* de una señal periódica de periodo T , se define como

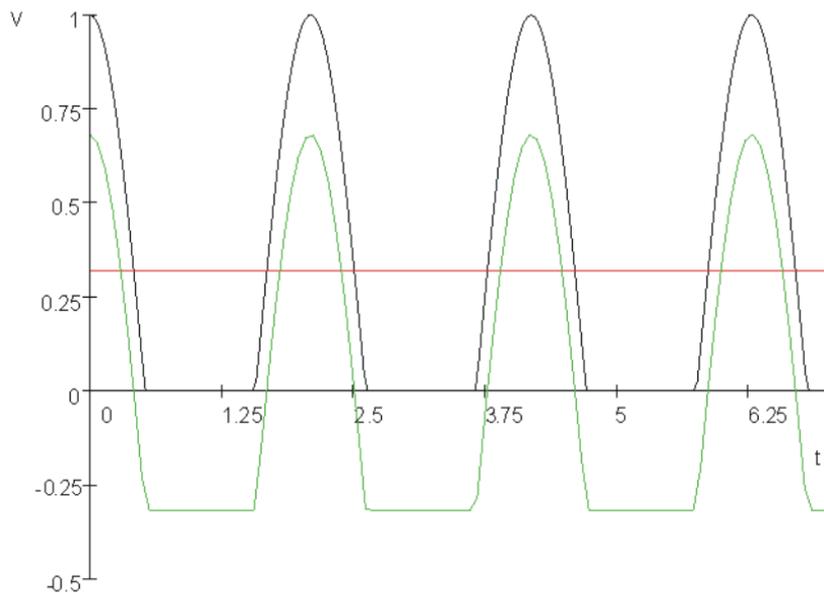
$$V_{DC} = \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} V(t) dt = \frac{1}{T} \int_0^T V(t) dt \quad (10)$$

- Es decir, la componente continua es el *valor medio* de la señal.
- Es precisamente este valor el que mide el multímetro en modo DC.

- En la Figura se representa una señal completa, su componente continua y su componente alterna. Como puede observarse, al sumar la componente continua V_{DC} , y la componente alterna, $V_{AC}(t)$, se obtiene la señal completa, $V(t)$.



- Existen otros casos en los que la descomposición entre componente continua y alterna no esta visual.



2.3. Valor eficaz de una señal

- El *valor eficaz* o *rms* de una señal de voltaje (o corriente) se define como el valor del voltaje (o corriente) constante equivalente que produciría la misma disipación de potencia promedio que dicha señal en una resistencia determinada.
- Para una señal periódica, de periodo T , el valor eficaz del voltaje se calcula como

$$V_{ef} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T V^2(t) dt} \quad (11)$$

- El *valor eficaz de la componente alterna* de una señal es

$$V_{ef,AC} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T V_{AC}^2(t) dt} \quad (12)$$

- Por lo tanto, no es lo mismo el valor eficaz de una señal que el valor eficaz de la componente alterna de una señal.
- Como se verá posteriormente, el multímetro en modo AC mide el valor eficaz de la componente alterna de la señal, es decir, $V_{ef,AC}$ en el caso de voltajes, e $I_{ef,AC}$ en el caso de medir corrientes.

2.4. Ejemplos

2.4.1. Caso general

- Sea una señal genérica $V(t)$, ¿cuál es el valor eficaz de la componente alterna, el nivel de continua y el valor eficaz de la señal?
- En primer lugar calculamos el nivel de continua de la señal
- Descomponemos la señal $V(t)$ en su componente continua y su componente alterna
- Calculamos el valor eficaz de la componente alterna
- Calculamos el valor eficaz de la señal $V(t)$

2.4.2. Señal continua.

- Sea $V(t) = C$
- La componente continua: $V_{DC} = C$
- La componente alterna: $V_{AC}(t) = 0$
- El valor eficaz de la componente alterna: $V_{ef,AC} = 0$
- El valor eficaz de la señal es $V_{ef} = C$
- Por lo tanto, *una señal continua sólo tiene componente continua.*

2.4.3. Señal sinusoidal

- Sea $V(t) = A \cos(\omega t)$
- La componente continua: $V_{DC} = 0$
- La componente alterna: $V_{AC}(t) = A \cos(\omega t)$
- El valor eficaz de la componente alterna es: $V_{ef,AC} = \frac{A}{\sqrt{2}}$
- El valor eficaz de la señal es: $V_{ef} = \frac{A}{\sqrt{2}}$

2.4.4. Señal sinusoidal con componente continua.

- Sea $V(t) = C + A \cos(\omega t)$.
- La componente continua: $V_{DC} = C$
- La componente alterna: $V_{AC}(t) = A \cos(\omega t)$
- El valor eficaz de la componente alterna: $V_{ef,AC} = \frac{A}{\sqrt{2}}$
- El valor eficaz de la señal: $V_{ef} = \sqrt{C^2 + \frac{A^2}{2}}$
- Notad que en el valor eficaz de la señal completa *influye la componente continua*, es decir, al variar la componente continua de una senoide, varía su valor eficaz.
- En el valor eficaz de la componente alterna, obviamente, no influye la componente continua.

2.4.5. Rectificación de media onda

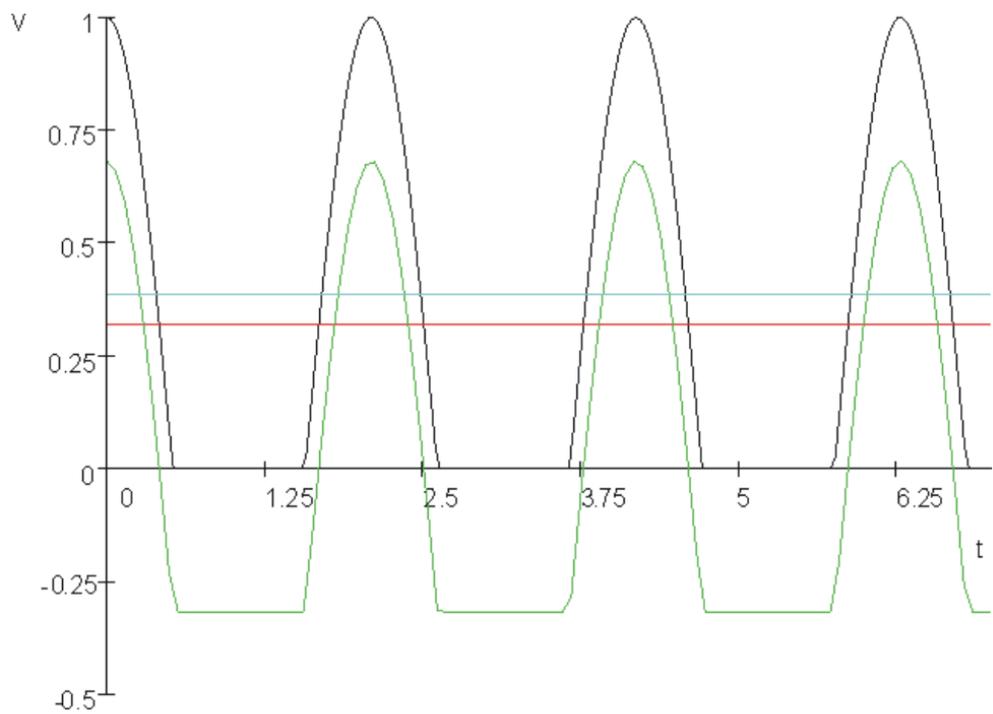
- En la práctica 4, una pregunta muy común que se puede hacer es por qué aparece componente continua cuando una senoide sin componente continua atraviesa un diodo.
- Debido a la alternancia de tensión en bornas del diodo, en los semiciclos positivos de la senoide, el diodo va a estar polarizado en directa y va a conducir, mientras que en los negativos, el diodo está polarizado en inversa, y por lo tanto, no conducirá.

- En definitiva, la señal obtenida a la salida del diodo es

$$v(t) = A \cos(\omega t) u[\cos(\omega t)] \quad (13)$$

- La función $u(t)$ se conoce como función escalón, y se define como

$$u(t) = \begin{cases} 1, & \text{si } t \geq 0 \\ 0, & \text{si } t < 0 \end{cases} \quad (14)$$



- La componente continua:

$$V_{DC} = \frac{A}{\pi} \quad (15)$$

- La componente alterna:

$$V_{AC}(t) (t) = A \cos(\omega t) \text{ u } [\cos(\omega t)] - \frac{A}{\pi} \quad (16)$$

- El valor eficaz de la componente alterna:

$$V_{ef,AC} = \sqrt{\frac{A^2}{4} - \frac{A^2}{\pi^2}} \simeq 0.385A \quad (17)$$

- El valor eficaz de la señal completa:

$$V_{ef} = \frac{A}{2} \quad (18)$$

Ejercicio. Calcule la componente continua, la componente alterna, el valor eficaz de la componente alterna y el valor eficaz de una señal rectificadora de media onda.

Ejercicio. Calcule la componente continua, la componente alterna, el valor eficaz de la componente alterna y el valor eficaz de una señal rectificadora de onda completa.

Ejercicio. Calcule la componente continua, la componente alterna, el valor eficaz de la componente alterna y el valor eficaz de una señal triangular.

Ejercicio. Calcule la componente continua, la componente alterna, el valor eficaz de la componente alterna y el valor eficaz de una señal cuadrada.

Ejercicio. De los parámetros que caracterizan una función periódica, ¿cuáles son determinantes y cuáles no para su valor eficaz? ¿Por qué?

Ejercicio. Sea una señal $V(t) = V_{DC} + V_{AC}(t)$ demuestre que el valor eficaz de la señal $V(t)$ (V_{ef}) verifica la siguiente relación

$$V_{ef}^2 = V_{ef,AC}^2 + V_{DC}^2$$

Ejercicio. Calcula el valor eficaz total y de la componente alterna de las siguientes señales:

- $v(t) = 7 \cos(2\pi 5000t + \frac{\pi}{4})$
- $v(t) = 7 \cos(2\pi 5000t + \frac{\pi}{4})u[\cos(2\pi 5000t + \frac{\pi}{4})]$
- $v(t) = |7 \cos(2\pi 5000t + \frac{\pi}{4})|$

- Una señal de potencia finita puede descomponerse en una componente continua y en una componente alterna (Ecuación 9).
- La componente continua de una señal es el valor medio de la misma (Ecuación 10), lo cual NO quiere decir que sea la media de su valor máximo y mínimo.
- Si una señal es siempre positiva, su componente continua será positiva.
- Si una señal es siempre negativa, su componente continua será negativa.

- La componente alterna de una señal da una idea de su variación en el tiempo. Si una señal es constante, no tiene componente alterna.
- No es lo mismo el valor eficaz de una señal completa (Ecuación 11) que el valor eficaz de la componente alterna (Ecuación 12).
- El multímetro en modo AC mide el valor eficaz de la componente alterna (Ecuación 12).
- El multímetro en modo DC mide el valor de la componente continua (Ecuación 10).

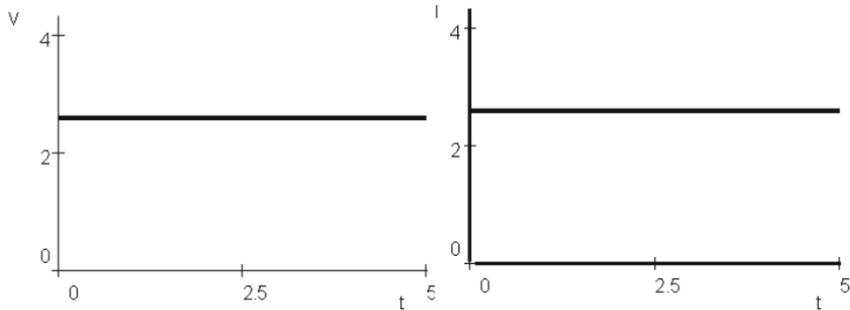
- El valor eficaz de una senoide es $\frac{A}{\sqrt{2}}$, siendo A la amplitud de la misma (o voltaje de pico en el caso de tratar con se\u00f1ales de voltaje).
- En general, el valor eficaz de una se\u00f1al que no sea una senoide no verifica dicha relaci\u00f3n.
- Recordad que para una senoide $V_p = \frac{V_{pp}}{2}$, y que $V_{ef,AC} = \frac{V_p}{\sqrt{2}}$.
- Las se\u00f1ales rectificadas de media onda y de onda completa NO son sinusoides, y por eso el valor eficaz es, en general, distinto al de la senoide.

3. Funcionamiento de una fuente de alimentación



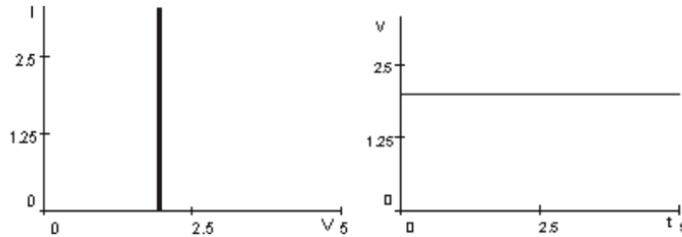
- Una fuente de alimentación es un instrumento cuya finalidad es suministrar potencia eléctrica, en forma de tensión ó corriente, para que los circuitos funcionen correctamente.

- La tensión o corriente suministrada no varía con el tiempo y entonces podemos hablar de tensión o corriente continua.



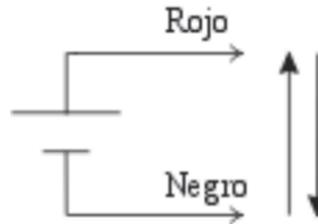
- En principio diremos que la fuente es de tensión si mantiene una tensión continua entre sus bornas, independientemente de la intensidad y sentido de la corriente que suministra.

- Por contra diremos que una fuente es de corriente si mantiene constante la corriente suministrada, independientemente de la tensión que haya entre sus bornas.
- Puede ocurrir que entre dos puntos sólo la tensión o la corriente sean constantes en el tiempo, pudiendo variar la magnitud que no es constante en función de las condiciones exteriores del circuito existentes entre esos dos puntos; es decir de lo que conectemos a esos dos puntos.
- A los elementos de circuito que mantienen la tensión constante, pudiendo variar la corriente, o la corriente constante pudiendo variar la tensión se les denomina fuentes de alimentación.



- Estas fuentes, en teoría, son unos elementos ideales, así se puede hablar de una fuente ideal.
- Las fuentes de alimentación que se utilizan en los laboratorios no son fuentes ideales y se aproximan al comportamiento ideal dentro de un determinado margen de tensión o corriente, fuera de él no se comportan como tales.
- El comportamiento de una fuente real se describe mediante una fuente ideal y otros elementos adicionales que incluyen la desviación respecto del comportamiento ideal.

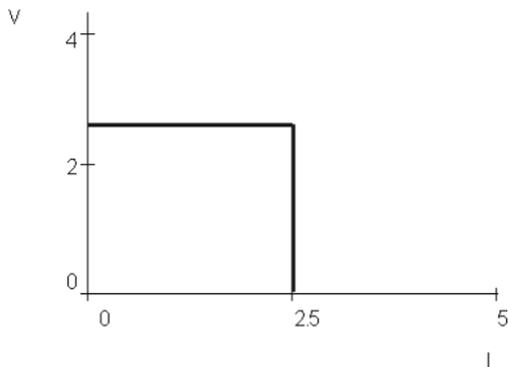
- Antes de continuar debemos prestar atención además de al valor de la tensión a la polaridad.
- La polaridad es una cuestión de criterio ya que el valor de la tensión que cae entre dos puntos es única.



- Existen diversos tipos de fuente de alimentación, que podríamos clasificar según el criterio en:
 - Electrónicas, químicas (pilas).
 - Fijas o variables.
 - Reguladas o no reguladas.

- En el laboratorio emplearemos fuentes de alimentación electrónicas reguladas.
- La calidad de una fuente de alimentación se puede dar en función de una serie de características que pasamos a describir a continuación:

– Margen de funcionamiento



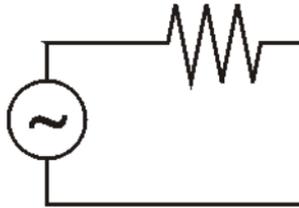
- Coeficiente de rizado
- Resistencia interna.

4. Funcionamiento de un generador de funciones

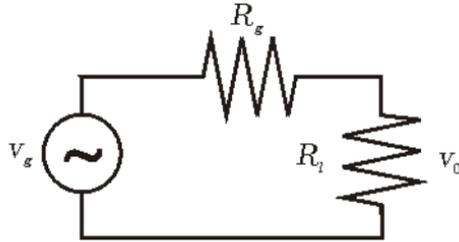


- Un generador de funciones pertenece a un grupo de instrumentos denominado generadores.
- Estos generadores son aparatos que suministran una señal variable en el tiempo.
- Los generadores de señal son aparatos que suministran una onda con unas determinadas características de forma, amplitud, frecuencia y offset ajustables dentro de un determinado margen.

- La denominación de los generadores de señal es múltiple en función del tipo aplicación: si la salida es siempre una onda sinusoidal se denominan osciladores, si son pulsos se denominan generadores de pulsos y si la forma es seleccionable entre varias formas de onda se denominan generadores de funciones.
- Un generador de funciones, al menos, suele permitir seleccionar de entre una forma de onda seno, una triangular y una cuadrada.
- Los generadores de señal permiten ajustar la amplitud de la señal en un margen que suele ir de unos pocos mV hasta decenas de voltios; el margen depende del tipo de generador. Además se le puede añadir una tensión de offset y por supuesto se puede ajustar la frecuencia.



- Independientemente del tipo de generador, todos son equivalentes a un generador ideal en serie con una determinada impedancia de salida.
- Los valores típicos de impedancia de salida en la mayoría de los generadores son de 50, 70 ó 600 Ω .



- La tensión disponible a la salida del generador depende de la carga, pudiéndose calcular la tensión a la salida (v_0) a partir de la tensión en vacío (v_g), la resistencia de salida (R_g) y la resistencia de carga (R_l), según la expresión:

$$v_0 = v_g \frac{R_l}{R_l + R_g} \quad (19)$$

5. Funcionamiento de un osciloscopio

5.1. Introducción



- El osciloscopio es posiblemente el instrumento más versátil en electrónica ya que en él se visualiza la señal, tal y como es.

- Es decir nos permite representar en una pantalla una o varias señales en función del tiempo.
- Esta imagen de la onda de tensión permite la caracterización de diversos parámetros tales como amplitud, frecuencia, posibles distorsiones y en el caso de tener más de una onda permite su comparación.

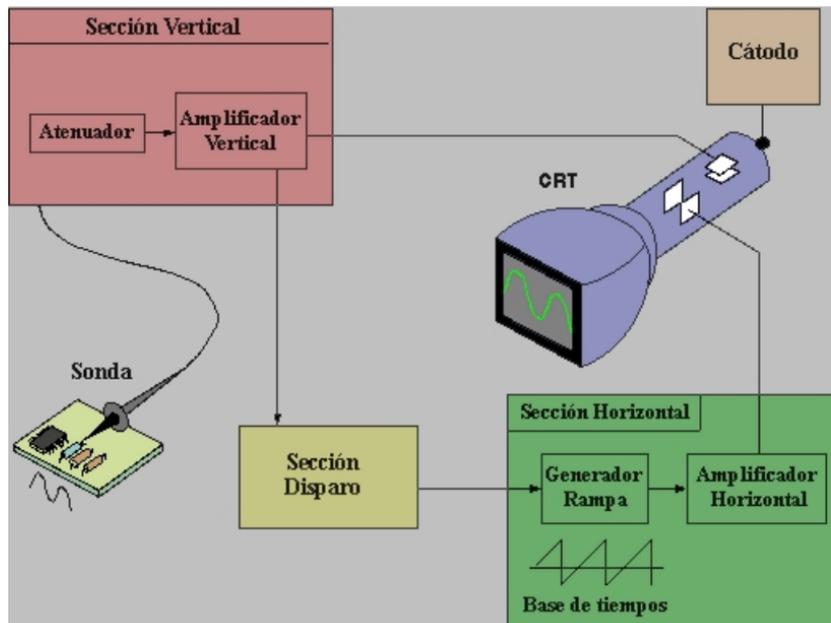
- Si se quiere visualizar una señal en función del tiempo, una marca, en este caso un punto luminoso, debe de seguir las variaciones de la señal en la dirección vertical, mientras se desplaza en dirección horizontal a velocidad constante.
- Y se muestra en pantalla la parte de la señal correspondiente a un intervalo de tiempo determinado; tras él, el osciloscopio vuelve a dibujar otra secuencia de la señal, de forma que si la señal es periódica, el segundo trazo coincidirá con el primero, y la señal permanecerá estable en pantalla.

- Es decir que si queremos una representación gráfica de una señal que varía en el tiempo necesitaríamos que:
 - Se moviese a velocidad constante en una dirección. Además para poder ver distintos tipos de señales la velocidad se debería de poder variar a voluntad y saber en cada momento su valor.
 - Su desplazamiento del punto de reposo según un eje perpendicular a la dirección de velocidad constante, fuese, en todo momento, proporcional al valor instantáneo de la tensión a representar, con una conocida constante de proporcionalidad determinada y variable (sensibilidad)
 - Impresionase nuestro sentidos de modo que su trayectoria fuese observable. Dicha trayectoria seguía la representación de la señal.

5.2. Tubo de rayos catódicos.

- Es el corazón del osciloscopio, ya que convierte la señal en una imagen, y constituye el dispositivo de salida del instrumento.
- Es un tubo de vacío similar al de una TV clásica.
- Esencialmente se trata de una ampolla en la que se ha hecho el vacío y que en su interior tiene un cañón de electrones.
- Este cañón de electrones está formado por un conjunto de partes que nos proporciona una fuente controlable de electrones y los enfoca en un punto de la pantalla.
- Además tiene que existir un sistema de campos eléctricos que permita que el rayo se desvíe vertical y horizontalmente.

- Esta parte se denomina sistema de deflexión, antes de incidir sobre la capa de fósforo de la pantalla para producir luz.

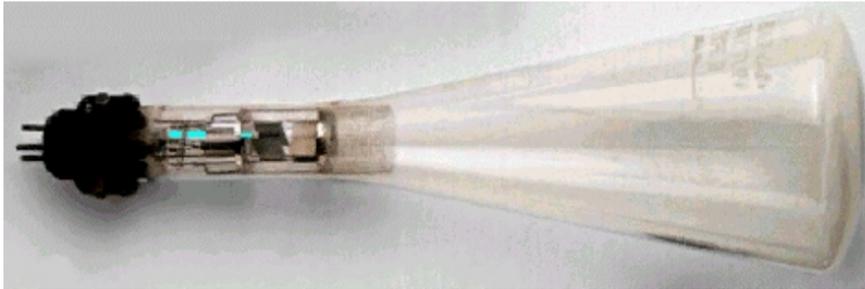


- Cañón de electrones:

- Se basa en el efecto termoiónico ya que se generan electrones calentando un conductor que se denomina cátodo.
- Este cátodo emite electrones y se conforman en un rayo de intensidad regulada por el voltaje aplicado al cátodo.
- La aceleración de los electrones desde el cátodo hasta la pantalla es provocada por el campo electrostático existente a lo largo del eje del tubo.

- Cañón de electrones (continúa):

- Además de este potencial que provoca que los electrones lleguen con la energía adecuada tiene que existir otros campos eléctricos que enfoquen el haz de electrones.



- Sistema de de deflexión

- Hemos hablado de provocar movimiento en dos direcciones, es decir que deberán existir dos pares de placas de deflexión que se sitúan entre el cañón de electrones y la pantalla, situadas de forma que los campos eléctricos creados forman ángulos rectos.
- Bajo su influencia, el rayo de electrones se desvía hacia la placa con potencial positivo respecto a la otra.
- Al tener dos pares de placas, es posible desviar el rayo en dos direcciones, siendo la deflexión X habitualmente generada internamente, de forma que se produce un barrido repetitivo de izquierda a derecha sobre la pantalla, mientras que la señal que va a ser medida produce la deflexión Y.

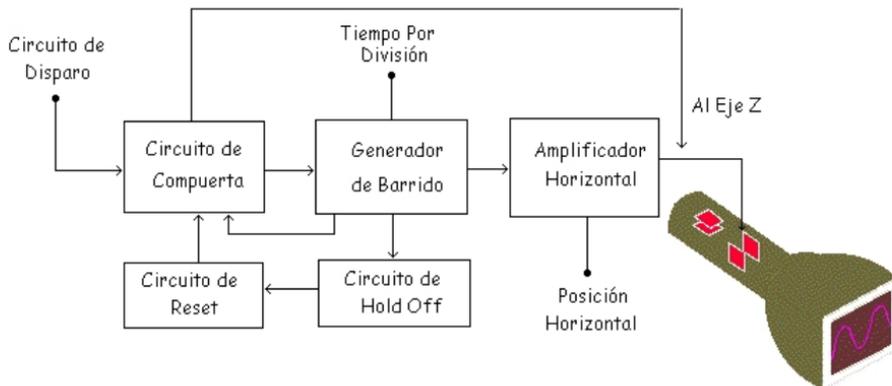


Diagrama en Bloques de la Deflexión Horizontal

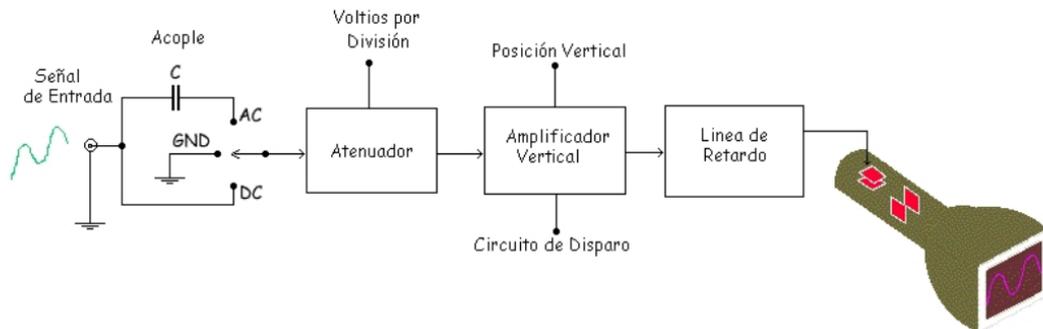


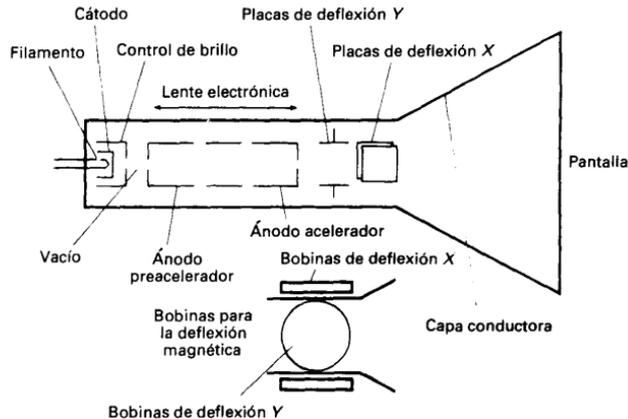
Diagrama en Bloques de la Deflexión Vertical

- Pantalla:

- Es la última parte del tubo de rayos catódicos.
- El rayo enfocado sobre ella es invisible, pero si la pantalla está internamente recubierta con fósforo, éste emite luz en el punto de incidencia del rayo.
- Esta propiedad la presentan los materiales fosforescentes que se caracterizan por que los átomos si se excitan de alguna forma (está excitación se realiza incidiendo un haz de electrones con una cierta energía) emiten luz durante un cierto tiempo aunque haya cesado la excitación.
- Esta propiedad se denomina persistencia.
- Además el ojo humano no es capaz de aislar imágenes que se mueven muy rápidamente, sino que las ve como una imagen continua.

5.3. Diagrama de bloques de un osciloscopio elemental

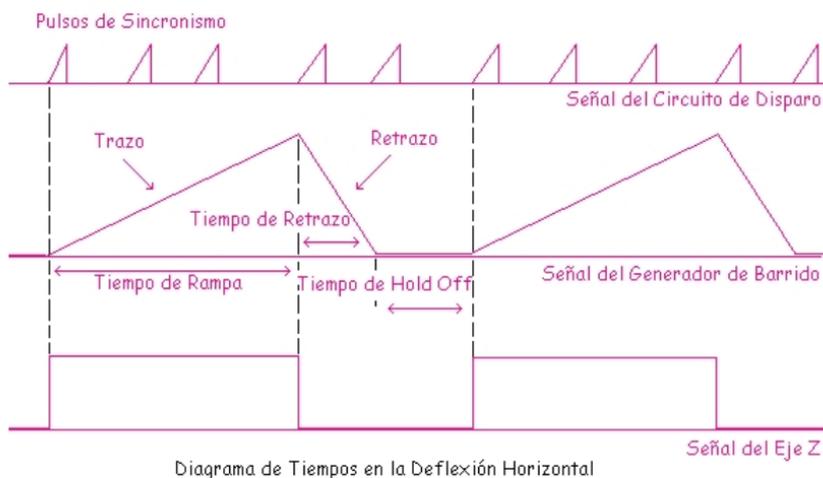
- El diagrama de bloques, a la vista de lo dicho, de un osciloscopio sencillo constaría de:



- Un tubo de rayos catódicos con un cañón de electrones y con un sistema de placas de deflexión vertical y horizontal.
- Circuitos de control del cañón del tubo de rayos catódicos
- Un amplificador atenuador que sirve, para poder manejar señales de valor alto, acentuándolas, o de valor pequeño, amplificándolas.
- Un generador de base de tiempos que producirá las tensiones que hagan que el punto se desplace con una velocidad constante. Estas tensiones deberán ser a su vez proporcionales en el tiempo.
- Un elemento que sincronice las tensiones producidas por el generador anterior y las señales a observar.

5.4. El canal horizontal

- Para poder realizar medidas correctamente la traza que se presenta en la pantalla debe de ser repetitiva para parecer estable.
- Y parecerá estable si se atiende a estos puntos:
 - Cada barrido comienza (es disparado) en el mismo punto de la forma de onda.
 - Es necesario destacar que el nivel se obtiene en dos casos: cuando la pendiente es positiva y cuando la pendiente es negativa.
 - Cuando el punto luminoso llega al final de la pantalla, regresa rápidamente al comienzo, suprimiéndose durante ese tiempo el rayo electrónico.



- Existen dos tipos de barrido:

- Barrido libre.
- Barrido disparado: El generador del diente de sierra genera un barrido cuando le llega un impulso de tensión (impulso de disparo), quedando en reposo hasta que le llega un nuevo impulso.

5.5. Controles principales.

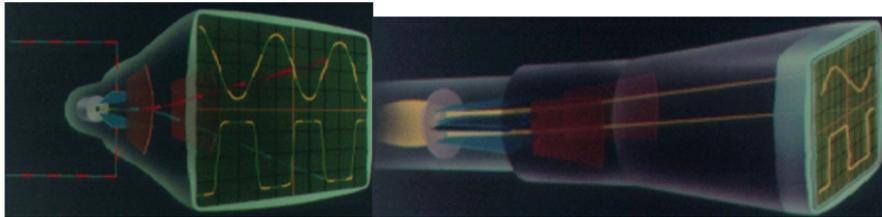
- El atenuador y el amplificador vertical permiten la visualización de señales comprendidas entre algunos milivoltios y varios cientos de voltios.
- El amplificador horizontal amplifica el voltaje de barrido hasta un valor que desvía el punto luminoso sobre la pantalla.
- Los controles de nivel y de pendiente seleccionan el punto de la forma de onda donde comienza la imagen.
- La entrada externa de disparo permite el uso de una señal de disparo diferente de la señal de medida.
- Los mandos de intensidad y enfoque tienen un uso evidente.

5.6. Acoplamiento AC y DC.

- Existe un conmutador que selecciona el acoplamiento AC, DC o tierra de la señal con la etapa de entrada del osciloscopio.
 - Acoplamiento AC: Este acoplamiento debe utilizarse para eliminar la componente continua en la medida de detalles en una señal alterna con gran componente continua.
 - Acoplamiento DC: La señal aparece tal cual. Es el acoplamiento recomendado como primer paso si no se sabe la forma de la señal a medir.
 - Acoplamiento de referencia cero o tierra: En esta posición, el amplificador de entrada del osciloscopio se conecta a masa, desconectándose al mismo tiempo de la línea de entrada. Sirve para tomar un nivel de referencia en la pantalla.

5.7. Doble traza y doble rayo.

- Para visualizar dos señales se incorporan dos canales verticales, así se puede medir todo tipo de relaciones entre ellas.
- Los osciloscopios pueden ser de doble traza, si un único rayo proporciona dos trazas conmutando electrónicamente entre ellas, o de doble haz o doble cañón, si tiene dos rayos independientes.



- Los osciloscopio de doble rayo son más convenientes, ya que no hay ambigüedades en la interpretación de la señal.
- Ambigüedades que sí están presentes en los de doble traza. Esto ocurre porque hay dos modos de ver la señal, el modo alternativo y el modo muestreado o chopeado.
- En el primero se muestran alternativamente las dos señales.
- En el modo chopeado se dibujan “trozos” de la señal pasando de un canal a otro, conformando las dos imágenes.
- Así que, para tiempos de barridos altos se debería usar el chopeado, mientras que para barridos bajos se debería usar el alternativo.

- Modo Alternativo
- <http://www.tel.uva.es/personales/lib/imagenes/alt.gif>
- Modo Chopeado
- <http://www.tel.uva.es/personales/lib/imagenes/chop.gif>

5.8. Fuente de disparo (trigger).

- La mayor parte de los osciloscopios vienen provistos de un conmutador que selecciona la fuente de disparo entre interno y externo.
- En el modo interno se extrae una parte de la señal del amplificador de entrada.
- El disparo interno es el más conveniente para aplicaciones de tipo general, ya que no precisa de ninguna conexión adicional, y depende de los amplificadores verticales y del conmutador AC/DC.

- El disparo externo convierte al disparo en independiente de los controles verticales y de la señal de entrada.
- También existe un disparo automático que asegura el arranque del circuito de la base de tiempos en ausencia de impulsos de disparo, de forma que siempre existe una traza visible en la pantalla.

5.9. Funcionamiento en X-Y.

- Los osciloscopios tienen un modo de funcionamiento que se denomina modo X-Y que no se usa la base de tiempos interna, con lo que tanto la deflexión horizontal como la vertical se hace a través de señales externas.

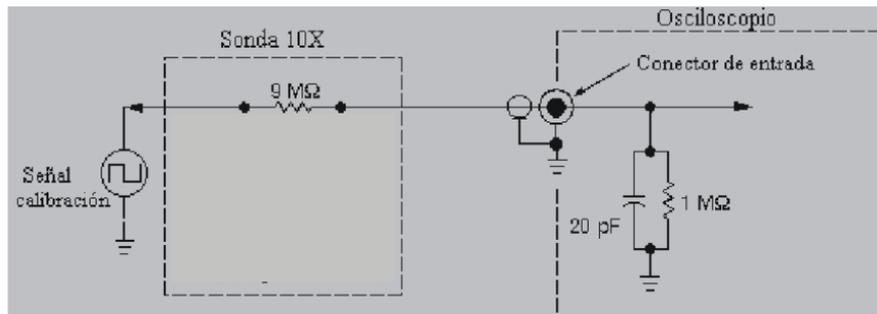
5.10. Magnificador de la base de tiempos.

- Este magnificador permite ampliar la escala de tiempos del eje horizontal en un factor fijo, generalmente 5 ó 10. Esta magnificación se consigue aumentando la ganancia del amplificador horizontal y hace que la precisión absoluta en las medidas disminuya ligeramente.

5.11. Ajuste de las sondas.

- El canal vertical del osciloscopio se caracteriza por una impedancia de entrada equivalente que puede ser vista como una resistencia de elevado valor (normalmente $1\text{ M}\Omega$) en paralelo con una capacidad de valor reducido (en torno a los 20 pF).
- Además es de todos conocido el efecto de carga cuando la impedancia equivalente del circuito sobre el que se está midiendo es de valor comparable o superior al osciloscopio.
- Para evitar este problema se suele colocar a la entrada del osciloscopio un sonda que aumente la impedancia con la que se carga el circuito.

- La sonda más elemental para cumplir esta condición puede ser una resistencia, de valor elevado.



- Para realizar el análisis circuital vamos a llamar a R_1 a la resistencia de la sonda, a la resistencia de entrada del osciloscopio R_2 y C_2 a la capacidad de entrada del osciloscopio.
- Llamaremos V_2 a la tensión que mide el osciloscopio y V_1 a la tensión que deseamos medir.

- La impedancia equivalente del conjunto sonda-osciloscopio es, en este caso

$$Z = R_1 + \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{j\omega C_2}}$$

$$Z = R_1 + \frac{1}{\frac{1}{R_2} + j\omega C_2} = R_1 + \frac{R_2}{1 + j\omega R_2 C_2}$$

- Esta impedancia es siempre superior a R_1 que se puede elegir de valor elevado.
- Sin embargo la sonda introduce una atenuación en la señal de forma que la tensión que llega al osciloscopio es menor que la que existe en el circuito.

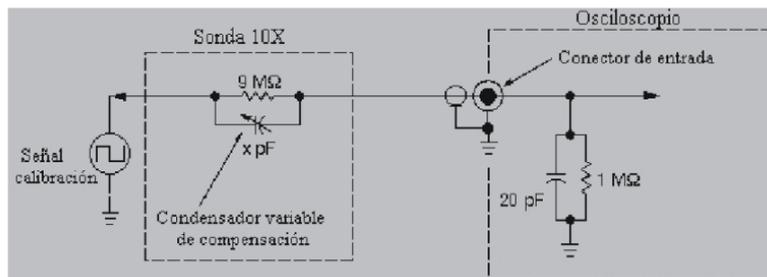
- Esta atenuación viene dada por

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \frac{1}{\frac{1 + j\omega R_2 C_2}{R_2} + \frac{R_2}{R_1 + R_2}}$$

- Como puede observar, depende de la frecuencia.
- Esta variación de la atenuación con la frecuencia será una fuente de error al medir amplitudes con el osciloscopio y, además, producirá una distorsión de la señal cuando ésta no sea sinusoidal.
- Además la señal se atenuará y dependerá de la relación entre las resistencias R_1 y R_2

Ejercicio. Obtener la expresión anterior.

- Todo esto puede evitarse si la sonda consta de una resistencia y un condensador en paralelo.



- Para realizar el análisis circuital vamos a llamar a R_1 a la resistencia de la sonda, C_1 a la capacidad de la sonda, a la resistencia de entrada del osciloscopio R_2 y C_2 a la capacidad de entrada del osciloscopio.
- Llamaremos V_2 a la tensión que mide el osciloscopio y V_1 a la tensión que deseamos medir.

Ejercicio. Calcule la relación entre V_2 que es la tensión que mide el osciloscopio y V_1 que es la tensión que deseamos medir para el caso de disponer una sonda como la representada en la Figura anterior.

- La función de transferencia en este caso viene dada por

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{R_2}{R_2 + R_1 \frac{1 + j\omega R_2 C_2}{1 + j\omega R_1 C_1}}$$

- Sigue siendo una función de la frecuencia salvo en el caso que $R_2 C_2 = R_1 C_1$, en que la expresión queda constante y de valor

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{R_2}{R_2 + R_1}$$

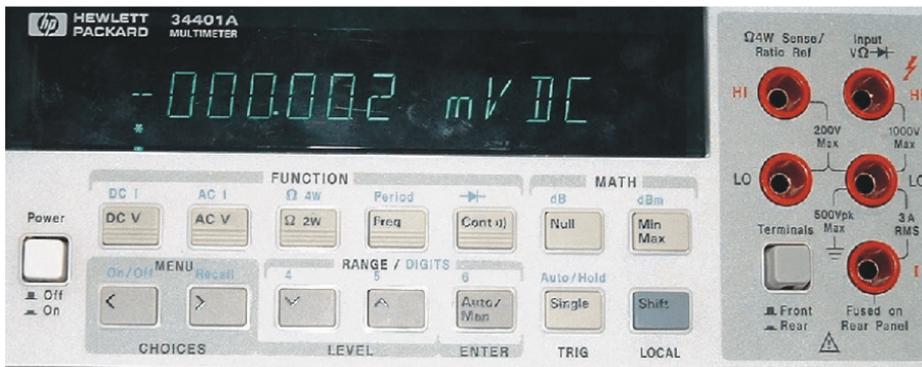
- El desajuste de la compensación de la sonda es una causa frecuente de errores en la medida. Las sondas atenuadas están provistas de ajuste de compensación.

6. Funcionamiento de un multímetro

- Los instrumentos que se utilizan para medir las distintas magnitudes eléctricas se denominan:
 - Amperímetros, y se utilizan para medir corrientes
 - Voltímetros, y se utilizan para medir tensiones
 - Óhmetros, y se utilizan para medir resistencias
- A diferencia del osciloscopio, estos instrumentos no permiten visualizar la forma de la onda sino que nos proporcionan un valor de un parámetro de la misma, normalmente con mayor precisión y exactitud que los que se pueden obtener con la ayuda del osciloscopio.

- Los amperímetros y los voltímetros se pueden utilizar para medir corriente continua o corriente alterna.
- En este último caso la lectura puede ser de varios tipos:
 - El valor eficaz sólo si la señal es sinusoidal
 - El valor eficaz para cualquier forma de señal (medidor de verdadero valor eficaz ó True RMS)
 - El valor de pico
- Hace años era habitual la existencia de instrumentos analógicos y digitales para la medida de corriente y tensión. En la actualidad los instrumentos analógicos prácticamente han sido relegados por los digitales.

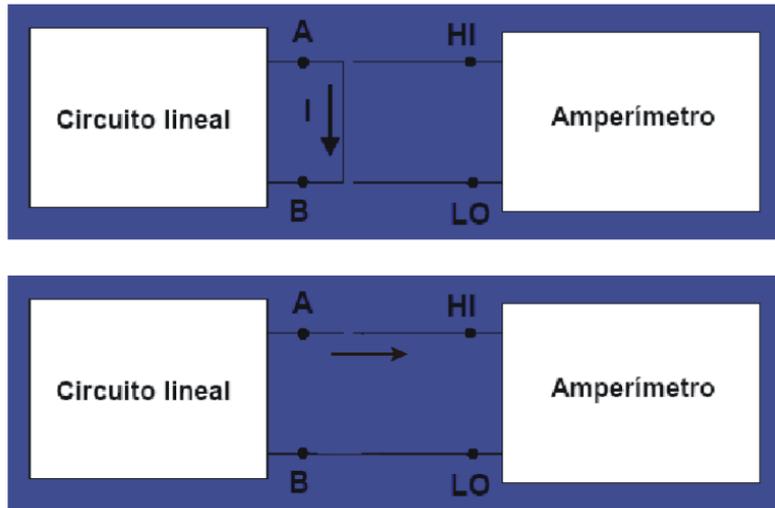
- Normalmente los amperímetros, voltímetros y óhmetros se combinan en un único aparato de fácil uso que se denomina multímetro y que permite seleccionar el tipo de medida mediante unos selectores o botonera.



6.1. Medida de corriente

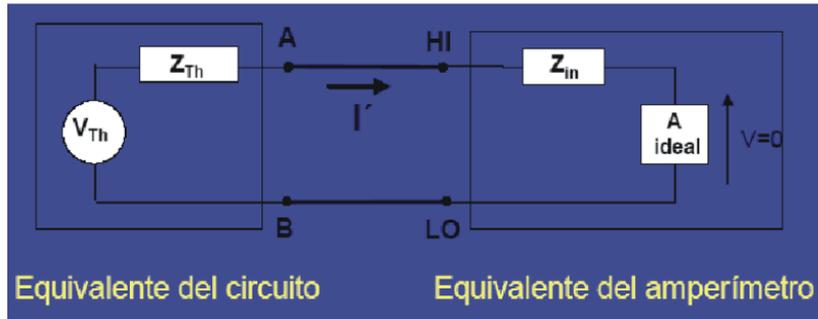
- Si empleamos un símil para explicar lo que ocurre con un cable eléctrico éste bien puede ser el de una manguera de agua.
- La corriente que circula por el cable sería el caudal de agua que fluye por la manguera, por ello, para medir la corriente es necesario cortar el cable, al igual que sería necesario cortar la manguera para saber el agua que fluye.
- Es decir que la medida de la corriente se debe realizar colocando el instrumento de medida en serie.

- Así en el circuito de la Figura para medir la corriente que circula por la rama señalada con la flecha, el instrumento de medida se debe situar en serie con el componente, de forma que la corriente I que circula por ambos sea la misma.



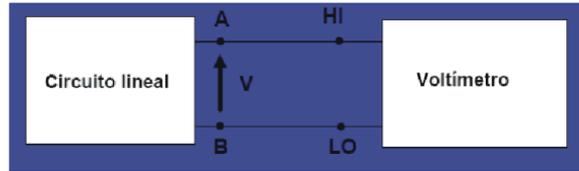
- Por tanto es necesario abrir el circuito para conectar, como se indica en la Figura.

- Un amperímetro ideal permite que circule por él la corriente que se va a medir sin que caiga tensión entre sus bornas, de tal forma que se garantiza que la caída de tensión entre A y B es la misma antes que después de colocar en serie el amperímetro.
- Este comportamiento ideal equivale a que la resistencia de entrada del amperímetro es nula.
- Un amperímetro real presentará una baja impedancia de entrada de tal forma que una representación esquemática de este instrumento se puede ver en la Figura.

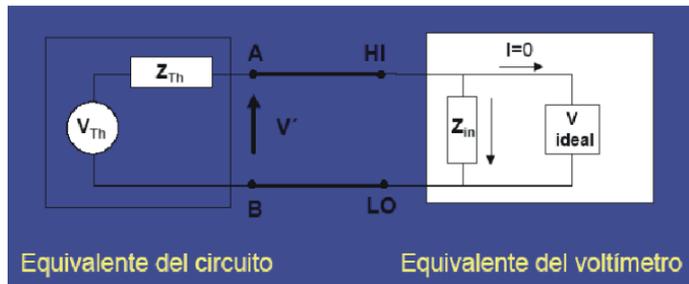


6.2. Medida de tensión

- Si continuamos con el símil de la manguera la caída de tensión en un componente se corresponderá con la diferencia de presión de dos puntos de la manguera.
- Esta diferencia de presión se obtendrá midiendo la diferencia de presión entre los dos puntos de la pared de la manguera.
- Así pues para medir la caída de presión en la manguera no es necesario cortar el flujo de agua para la medir la caída de potencial no es necesario abrir el circuito para conectar el instrumento.
- La diferencia de tensión se mide conectando en paralelo el instrumento con el componente.



- Al igual que ocurría en el caso del amperímetro ideal, en este caso el voltímetro ideal será aquel que no derive corriente hacia el instrumento, es decir que debe de tener una impedancia de entrada infinita para no dar lugar a los que se conoce como efecto de carga.
- Un voltímetro real presentara una impedancia de entrada alta pero no infinita.



6.3. Medida de una resistencia

- Para medir una resistencia no hay más inyectar a la resistencia que se desea medir una corriente de prueba y medir el voltaje que cae en las bornas de la resistencia.

