



U.B.A. FACULTAD DE INGENIERÍA

Departamento de Electrónica

LABORATORIO 66-02

Informática

TRABAJO PRÁCTICO INTEGRADOR

***RESUMEN BÁSICO DE LOS CONCEPTOS MÁS
IMPORTANTES DE LA MATERIA***

**Curso 2020 - 2do Cuatrimestre
Turno : 001**

GRUPO N°1	
APELLIDO, Nombres	N° Padrón
GONZÁLEZ, Matías Ignacio	104913
GANDOLFO MARIET, Joaquín	102592
PÉREZ LEIRAS, Agustín Tomás	100972

Fecha de realización:	
Fecha de aprobación:	
Calificación:	
Firma de aprobación:	

Observaciones:

ÍNDICE

I) CIRCUITOS	3
II) SEÑALES	6
III) ERRORES	6
IV) FUENTES	7
V) IBM	9
VI) VOLTÍMETROS: ERRORES E INCERTIDUMBRES	10
VII) OSCILOSCOPIOS	12
VIII) INSTRUMENTOS - COMPARACIÓN Y CONCLUSIONES	16

A considerar:

En el presente trabajo se pretende presentar de manera concisa todos los conocimientos adquiridos en la materia Laboratorio (66.02) para la carrera Ingeniería Informática de la FIUBA, de modo que alguien que esté familiarizado con los temas y sea usuario de las fórmulas e instrumentos pertinentes pueda utilizar este trabajo como referencia o “ayuda-memoria”.

Al tratarse de un resumen, se omitirán y/o acortarán varias definiciones, se recuerda que no se espera que se use este documento para familiarizarse ni para adquirir los conceptos, sino para que se revisen dichos conceptos con el fin de tener una visión completa del contenido ofrecido por el temario de la materia.

I) CIRCUITOS

Leyes de Kirchoff

$$\sum_{j=1}^N i_j = 0 : \text{Suma de corrientes en un nodo es nula}$$

$$\sum_{j=1}^N v_j = 0 : \text{Suma de caídas de tensión en un circuito cerrado es nula}$$

Ley de Ohm (linealidad)

$$V = I \cdot R$$

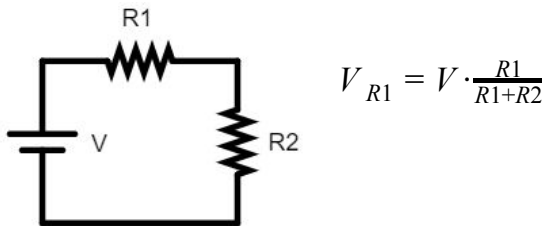
Capacitores

$$v_C = Q/C \quad U_C = \frac{1}{2} C \cdot v_C^2 \quad \mathbf{Q}: \text{carga del capacitor} \quad \mathbf{C}: \text{capacitancia}$$

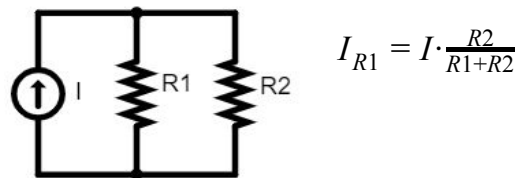
En serie: ambos almacenan la misma carga, $C_s = 1 / \sum_i \frac{1}{C_i}$

En paralelo: ambos tienen la misma caída de tensión, $C_{//} = \sum_i C_i$

Divisor de tensión

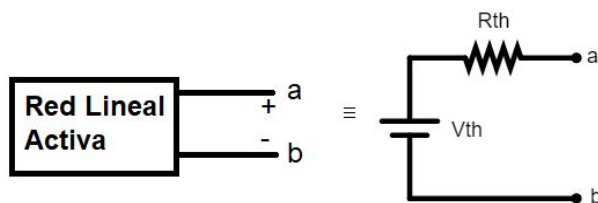


Divisor de corriente



Pasivado de fuentes: Se trata de anular el efecto de una fuente. En el caso de fuente de tensión, se la reemplaza por un cable, en el caso de fuente de corriente, se la reemplaza por un circuito abierto.

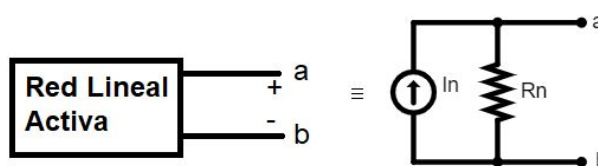
Teorema de Thévenin



R_{th} : Resistencia equivalente entre a y b con todas las fuentes pasivadas

V_{th} : Tensión entre a y b

Teorema de Norton



R_n : Resistencia equivalente entre a y b con todas las fuentes pasivadas

I_n : Corriente que circularía al cortocircuitar a con b

En ambos teoremas la RLA es un conjunto de componentes lineales.

Equivalencia entre los dos modelos: $R_{th} = R_n$, $I_n = V_{th} / R_{th}$

Superposición:

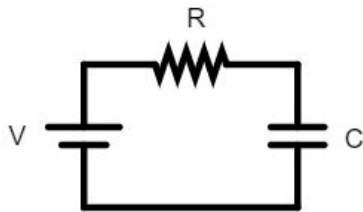
Corriente Continua: Para conocer el efecto de varias fuentes sobre un elemento, se puede considerar el efecto de cada una por separado y luego sumar todos estos efectos individuales. Considerar el efecto de una fuente por separado significa pasivar todas las demás.

Corriente Alterna: En el caso de fuentes en alterna, se obtendrán voltajes o corrientes con cierto módulo y fase, por lo que la suma será vectorial. Se puede obtener el valor eficaz sumando los cuadrados de los efectos individuales y luego aplicando raíz cuadrada.

El efecto de N fuentes sobre un circuito es equivalente a la suma de los efectos de cada fuente por separado, es decir pasivando el resto.

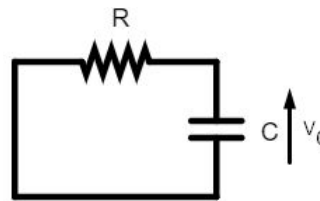
Regímenes permanentes: la respuesta del circuito puede considerarse constante

Regímenes transitorios: la respuesta del circuito no permanece constante a lo largo del tiempo

Carga de un capacitor:

Capacitor sin carga inicialmente

$$v_C(t) = V \cdot (1 - \exp(-\frac{t}{RC}))$$

Descarga de un capacitor:

Capacitor cargado inicialmente

$$v_C(t) = V_0 \cdot \exp(-\frac{t}{RC})$$

$RC = \tau$ = **constante de tiempo**, a partir de 5 constantes de tiempo el capacitor está 99% cargado/descargado y se considera que se alcanzó el régimen permanente

Tiempo de crecimiento: tiempo entre el 10% y el 90% de la carga.

Corriente Alterna

Ejemplo de una señal de corriente alterna: $V(t) = V_p \cdot \sin(\omega t + \phi)$

V_p : valor de tensión pico

ω : velocidad angular

ϕ : desfase inicial

Representación fasorial: esa tensión puede representarse mediante un número complejo cuyo módulo es V_p y cuyo ángulo con el eje real es la fase

Impedancias: Resistor: $Z_R = R$

Capacitor: $Z_C = 1/j\omega C$

Inductor: $Z_L = j\omega L$

Reactancia: $X_R = |Im(Z_R)| = 0$

$X_C = |Im(Z_C)| = 1/\omega C$

$X_L = |Im(Z_L)| = \omega L$

Ley de Ohm: $\vec{V} = \vec{I} \cdot \vec{Z}$ (igualdad vectorial)

Comportamiento del capacitor:

$\lim_{\omega \rightarrow 0} Z_C = \infty$ A frecuencias bajas -> Circuito abierto

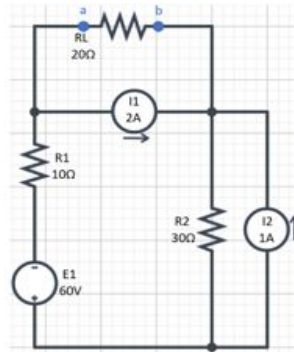
$\lim_{\omega \rightarrow \infty} Z_C = 0$ A frecuencias altas -> Cortocircuito

Circuito capacitivo: $X_C > X_L$, la corriente adelanta a la tensión (su desfase menor)

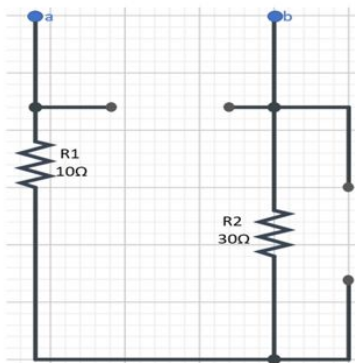
Circuito inductivo: $X_L > X_C$, la corriente retrasa a la tensión (su desfase mayor)

Ejemplo

Encontrar la caída de potencial en la resistencia de carga

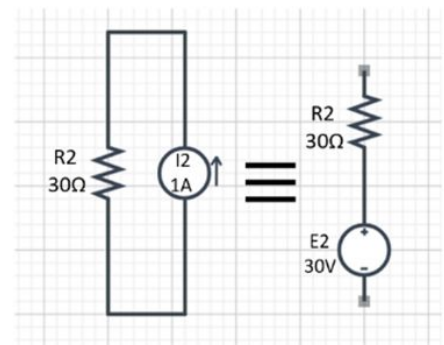


Busco R_{th} → pasivo las fuentes.

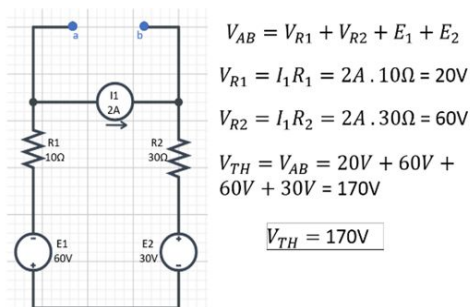


$$R_{TH} = R1 + R2 = 40\Omega$$

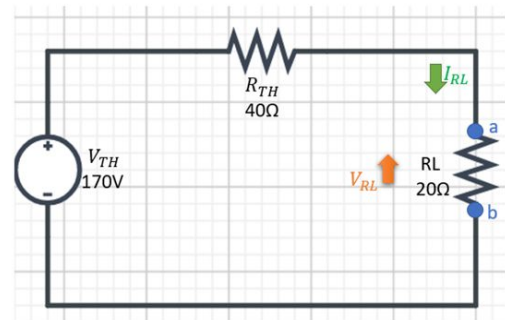
Busco equivalente de Norton.



Establezco el 0 del potencial en a y recorro la malla.



El circuito resulta.



Se usa Ley de Ohm y se obtiene:

$$170V = I_{RL}(40\Omega + 20\Omega)$$

$$I_{RL} = 2,83 A$$

$$V_{RL} = 20\Omega \cdot 2,83 A = 56,66V$$

II) SEÑALES

Valor Eficaz:

$$V_{ef} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} v^2(t) dt}$$

Valor Medio:

$$V_m = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} v(t) dt$$

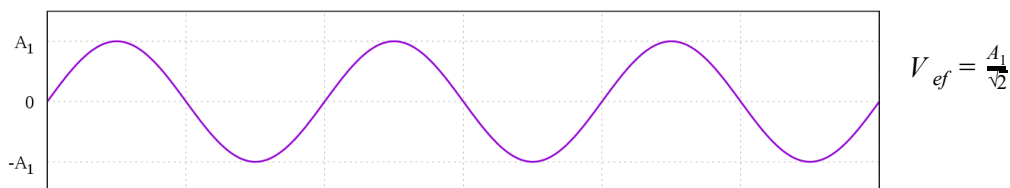
Las ondas cuadradas tienen lo que se llama **ciclo de trabajo** $D = \frac{\tau}{T}$

Donde τ : Duración nivel alto

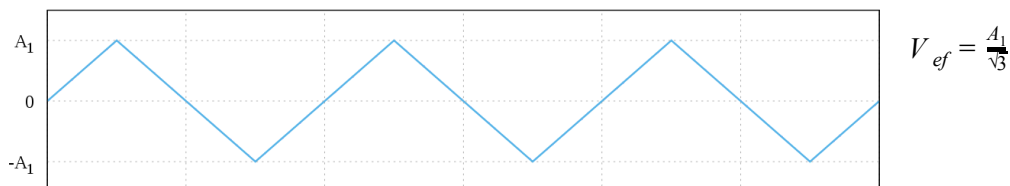
T : Periodo

Algunos Ejemplos de Valor Eficaz:

Onda Sinusoidal:



Onda Triangular (se cumple la misma relación para onda diente de sierra):



III) ERRORES

Algunas definiciones

Mensurando: Magnitud a medir, en el estado en que se encuentra el sistema en ese momento.

Medición directa: Ocurre cuando el valor del mensurando se obtiene a través de una única medición.

Medición indirecta: El valor del mensurando se obtiene mediante varias mediciones y alguna regla de cálculo que las vincula.

Alcance de un instrumento de medición: Máximo valor que puede medir.

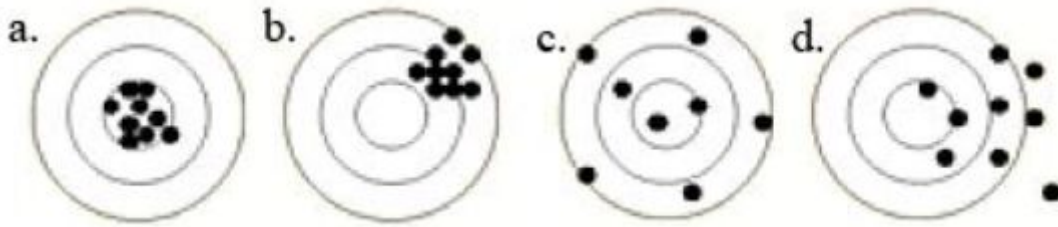
Resolución de un instrumento de medición: Mínimo valor que puede medir.

Sensibilidad de un instrumento: Relación entre el valor indicado y el mensurando.

Error: Diferencia entre el valor medido y el valor “real”. Usamos las comillas para referirnos a este último ya que el valor verdadero es una entelequia, imposible de conocer. Es por esto que se suele hablar del valor verdadero convencional. $\Delta X = X_{medido} - X_{real}$.

Precisión: Grado de concordancia entre medidas independientes y obtenidas en las condiciones establecidas.

Exactitud: Grado de concordancia del valor medido con un patrón.



- a. Hay precisión y exactitud
- b. Hay precisión, pero no exactitud
- c. Hay exactitud, pero no precisión
- d. No hay ni precisión ni exactitud

Incertidumbre: Parámetro que caracteriza la dispersión en los valores de la medición que pueden atribuirse razonablemente.

Absoluta: Es la máxima desviación de la medida Δx

Relativa: $\xi = \frac{\Delta x}{x}$

Un mensurando y su incertidumbre se expresan del siguiente modo:

$$M = V[M] \pm U[M]$$

- M es la medida
- V[M] es el valor con su unidad
- U[M] es la incertidumbre con su unidad (misma que la magnitud).

Fuentes de incertidumbre: Existen muchas posibles fuentes de incertidumbre, algunas de estas son por efectos secundarios no contemplados, por desviaciones personales al momento de apreciar la lectura en un instrumento, o por deficiencias o limitaciones de los instrumentos de medición

Propagación de incertidumbres

Al realizar una medición indirecta, cada una de las mediciones directas introducen una incertidumbre. Para dar la incertidumbre total de la medición indirecta, hay que ver cómo se relacionan entre sí las mediciones y sus incertidumbres.

Método estrictamente analítico:

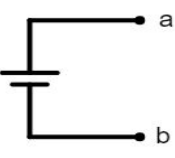
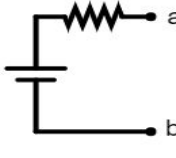
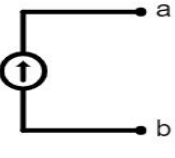
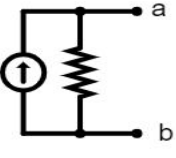
$$z = f(x, y)$$

$$\Delta z = \frac{df(x, y)}{dx} \Delta x + \frac{df(x, y)}{dy} \Delta y$$

Método numérico:

$$\Delta_z = \frac{Z_{\max} - Z_{\min}}{2}$$

IV) FUENTES

	Ideal	Real
<u>Tensión</u> La tensión entregada por una fuente real, por el efecto de la resistencia interna, depende de la corriente exigida entre a y b		
<u>Corriente</u> La corriente entregada por una fuente real, por el efecto de la resistencia interna, depende de la tensión exigida entre a y b		

Regulación de Carga (η)

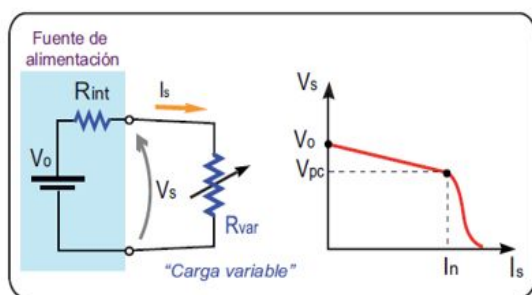


Figure 3.1: Curva de la regulación de carga de una fuente de alimentación.

La regulación de carga da una idea de qué tanto cae la tensión otorgada por la fuente cuando la exigimos al máximo respecto de cuando está en reposo.

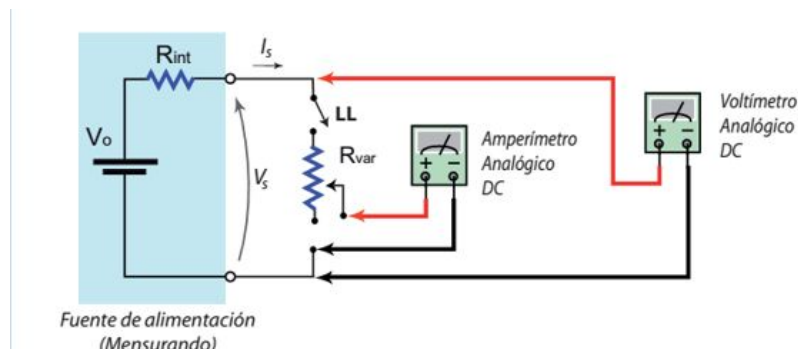
$$\eta = \frac{V_0 - V_{PC}}{V_0}$$

V_0 : Tensión en vacío de la fuente

V_{PC} : Tensión en plena carga de la fuente.

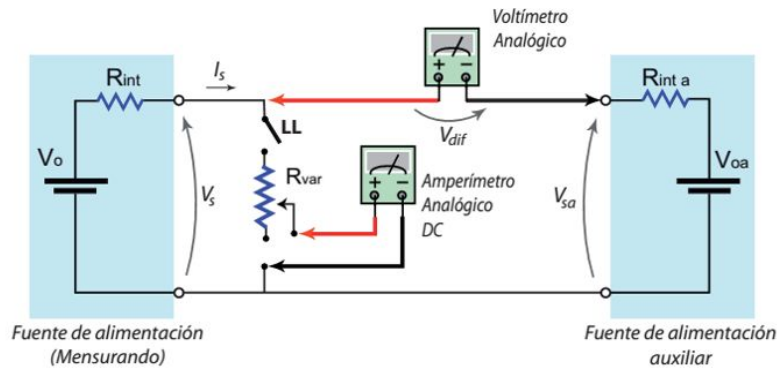
(Tensión cuando se le exige la corriente nominal I_N especificada por el fabricante).

Método directo de medición



- Se mide V_0
- Se varía R_{var} hasta obtener I_N
- Se mide V_{PC}
- Se obtiene $\eta = (V_0 - V_{PC})/V_0$

Método de compensación



- Se ajusta V_{0a} tal que $V_{dif} = 0$
- Se cierra LL y se varía R_{var} hasta obtener I_N
- Ahora $V_{dif} = V_{PC} - V_0$
- Se obtiene $\eta = V_{dif}/V_0$

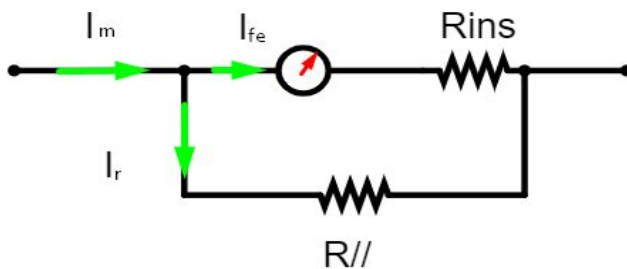
V) IBM

Un IBM consiste de una bobina sumergida en un campo magnético constante. Por esta bobina se hace circular una corriente y esto da lugar a un par de fuerzas sobre la bobina que forman una cupla motora. Esta rotación se amortigua oportunamente por un par de resortes y por último se puede observar el ángulo de rotación, que es directamente proporcional a la corriente que circula, en una escala.

Corriente de fondo de escala: Corriente I_{fe} que produce la máxima deflexión de la aguja.

Resistencia del instrumento: Es la resistencia R_{ins} correspondiente a la bobina

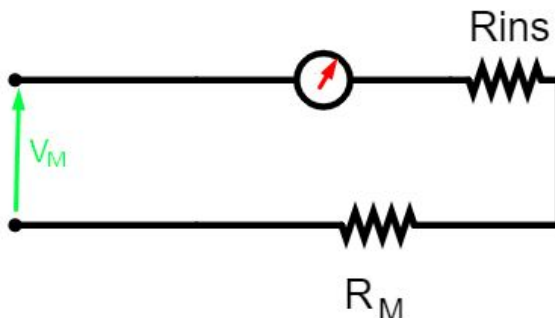
IBM como amperímetro:



Como I_{fe} es muy baja, usualmente cerca de los 50uA, si el objetivo es un amperímetro con alcance de I_m , se debe introducir una $R_{//}$ tal que una corriente I_m cause la deflexión máxima.

$$R_{//} = \frac{R_{ins}}{I_m/I_{fe} - 1}$$

IBM como voltímetro:

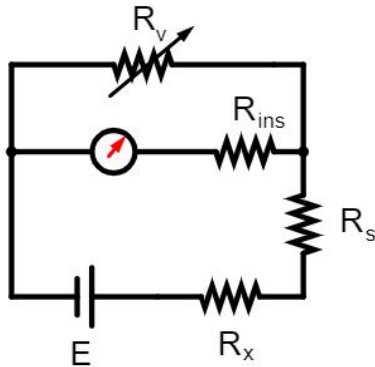


El objetivo es que la tensión V_M cause la deflexión máxima en el IBM. Para lograrlo, se conecta en serie R_M

$$V_M = I_{fe} \cdot (R_{ins} + R_M)$$

$$R_M = \frac{V_M}{I_{fe}} - R_{ins}$$

IBM como óhmetro:



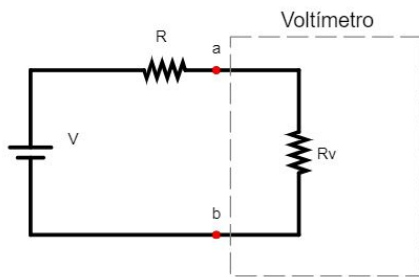
El objetivo es que cuando la resistencia a medir R_x sea nula, se alcance la deflexión máxima del IBM. La resistencia variable R_{var} cumple la función de compensar el desgaste de la pila E .

Antes de usar el instrumento, se debe compensar, cortocircuitando sus terminales y ajustando R_{var} hasta lograr una lectura de 0Ω

La escala resulta ser **inversa** y **no-lineal**.

VI) VOLTÍMETROS: ERRORES E INCERTIDUMBRES

Error de carga:



Al conectar un voltímetro a un circuito, se introduce su propia resistencia al mismo.

Tensión real: V Tensión medida: $V \cdot \frac{R_v}{R_v + R}$

Error de carga (sistemático):

$$\epsilon = \frac{V_{medido} - V_{real}}{V_{real}} = \frac{R_v}{R_v + R} - 1$$

El error de carga es negativo \rightarrow por defecto

Incetidumbres

Voltímetro analógico:

$$\epsilon_{clase} = \frac{Clase \cdot Alcance}{Valor medido} \%$$

$$\epsilon_{apr} = \frac{0,25}{\#Divs\ leídas} \cdot 100 \%$$

Por lo tanto es conveniente usar el menor alcance posible para hacer una medición.

Voltímetro digital:

$$\Delta V = X \text{ rdg} + Y \text{ dg}$$

X, Y: dados por el fabricante

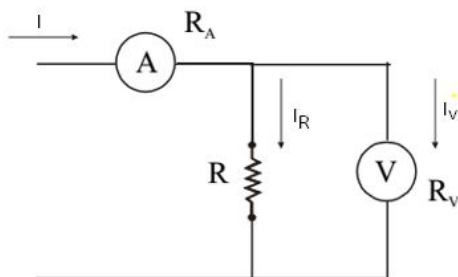
rdg (reading): lectura del instrumento

dg (digits): dígito menos significativo

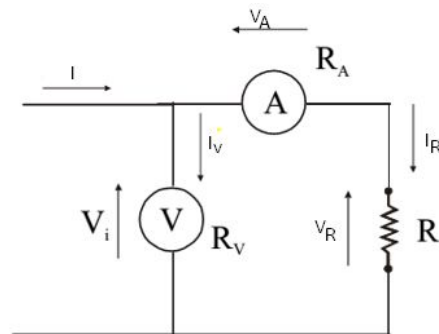
Cuentas de un voltímetro: cantidad de valores que puede mostrar para un alcance determinado

Medición de resistencias

Conexión Corta (o de la tensión bien medida)



Conexión Larga (o de la corriente bien medida)



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

Se mide bien la tensión, pero la corriente medida I es mayor a I_R , por lo que se mide por defecto.

$$\varepsilon_{CC} = R_{medida}/R_{voltmetro}$$

Se mide bien la corriente, pero la tensión medida V_i es mayor a V_R , por lo que se mide por exceso.

$$\varepsilon_{CL} = R_{amperimetro}/R_{medida}$$

Resistencia crítica: es el valor de R tal que $\varepsilon_{CC} = \varepsilon_{CL}$. $R_C = \sqrt{R_{volt.} \cdot R_{amp.}}$

Para $R < R_C$, $\varepsilon_{CC} < \varepsilon_{CL}$.

Para $R > R_C$, $\varepsilon_{CC} > \varepsilon_{CL}$.

Voltímetros en alterna (*en modo DC, cualquier Volt. mide el valor medio de la onda)

La intención es conocer el valor RMS de una onda, para lograr esto, cada tipo de voltímetro tiene un distinto procedimiento

Rectificación: se lleva a cabo para impedir que el valor medio de la onda sea nulo

De media onda: Los valores negativos de la onda se truncan a cero.

De onda completa: Se toma el valor absoluto de la onda.

Voltímetro analógico:

- Rectifica la onda
- Muestra el valor medio de la onda rectificada multiplicado por el factor de forma **ff** correspondiente a la rectificación realizada

El factor de forma usado corresponde a una onda senoidal, por lo que medir una onda no senoidal conlleva un error sistemático. $ff = V_{RMS}/V_{1/2}$. Media onda $\Rightarrow ff \approx 2,22$

Voltímetro digital:

- Toma la componente alterna de la onda
- Rectifica
- Muestra el valor medio multiplicado por el factor de forma **ff**

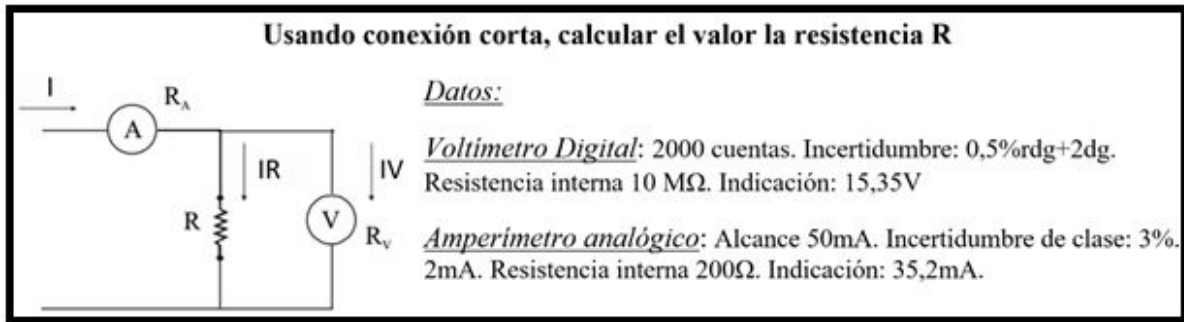
Existe el mismo error sistemático correspondiente al factor de forma que en el voltímetro analógico

Voltímetro TRUE RMS:

Modo AC: Muestra el valor RMS de la componente alterna de la onda.

Modo AC+DC: Muestra el valor RMS de la onda.

Ejemplo



Calculo la incertidumbre del voltímetro, debiéndome quedar una medición con 4 cifras significativas. Por convención la incertidumbre tiene que tener una sola cifra significativa.

$$\Delta V = 0,5\% * 15,35\text{ V} + 2 * 0,01\text{ V} = 0,9675\text{ V} \quad V_{med} = 15,35\text{ V} \pm 0,10\text{ V}$$

Calculo la incertidumbre debido a la clase del amperímetro, en este caso son 3 las cifras significativas del instrumento.

$$\square \Delta I = 3\% * 50\text{ mA} = 1,5\text{ mA} \quad \square I_{med} = 35,2\text{ mA} \pm 1,5\text{ mA}$$

Para calcular la propagación uso de la ley de ohm. Usamos el método numérico:

$$\square R_{max} = \frac{(15,35+0,10)\text{ V}}{(35,2-1,5)\text{ mA}} = 458,46\Omega \quad \square R_{min} = \frac{(15,35-0,10)\text{ V}}{(35,2+1,5)\text{ mA}} = 458,46\Omega \quad \square \Delta R = \frac{R_{max}-R_{min}}{2} = 24,62\Omega$$

Por la lectura de la corriente, no podemos tener más de 3 cifras significativas.

$$R = (436 \pm 25)\Omega$$

Siendo la resistencia crítica:

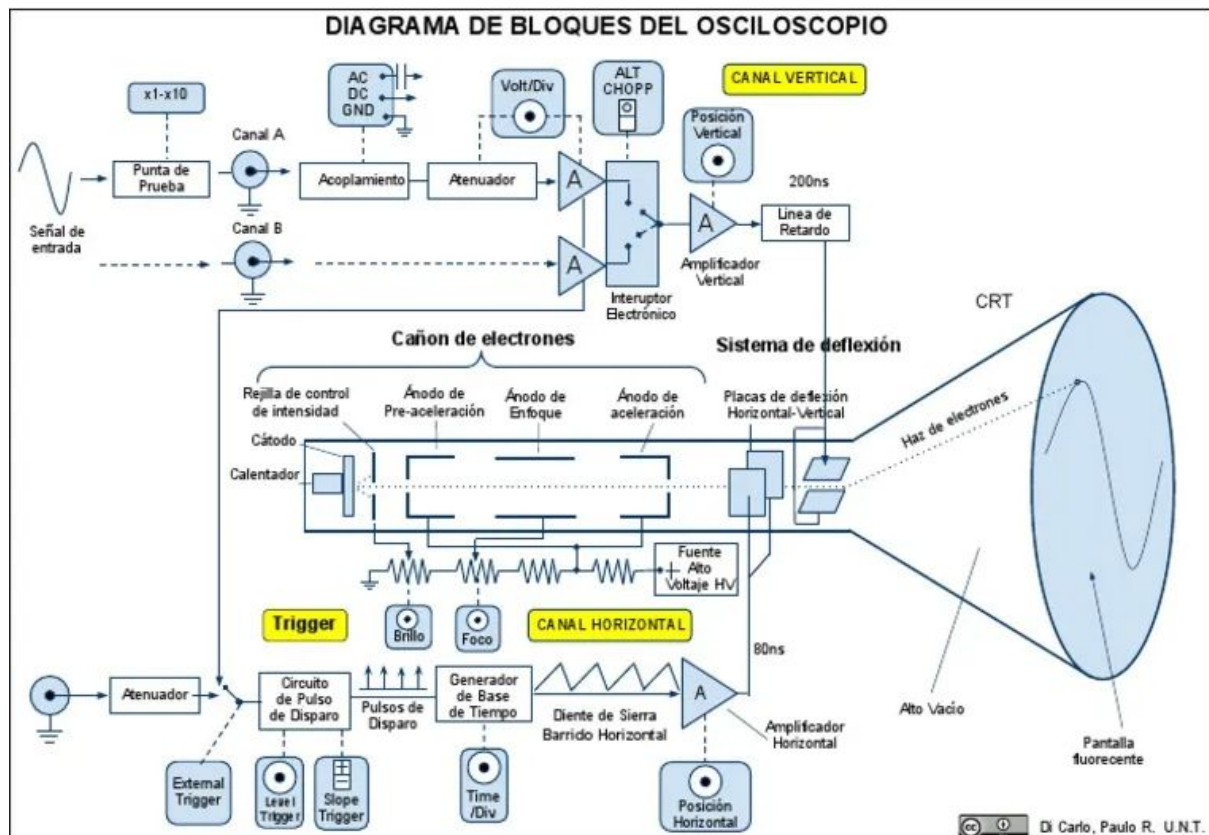
$$R_c = \sqrt{10^7 * 20} = 14142\Omega$$

Podemos observar que como $R < R_c$, fue conveniente usar la conexión corta. Como veremos a continuación, el error sistemático es despreciable: $\xi \approx -\frac{R}{R_v} \approx \frac{436}{10^7} \approx 0,00044\%$

VII) OSCILOSCOPIOS

El instrumento analógico consiste de un tubo de rayos catódicos o TRC. Un haz de electrones es emitido desde un cátodo, y luego el mismo se acelera y enfoca mediante distintos ánodos. Por último, este haz es desviado por las placas de deflexión de manera tal que al impactar contra la pantalla de fósforo, ésta se ilumina mostrando la onda bajo prueba. Eso se consigue introduciendo en las placas un cierto potencial variable que depende de la onda en estudio.

Diagrama de bloques



Canal vertical:

Bloque	Función	Controles
Punta de prueba	Hace llegar la señal al instrumento filtrando el ruido	Compensación del sistema punta-osc
Acoplamiento	Acopla la señal de entrada en DC, en AC (se filtra la componente continua con un capacitor en serie), o en GND (se conecta a tierra, sirve para calibrar)	· DC · AC · GND
Atenuador	Atenúa o amplifica la señal según la elección del usuario (V/div). VAR permite una variación continua de los V/div	· V/div · VAR
Interruptor electrónico	Selección del modo de dibujado para los dos canales en simultáneo	· ALT · CHOP
Amplificador vertical	Añade un offset a la señal, permitiendo desplazarla verticalmente	· POS
Línea de retardo	Introduce un retardo con el fin de que la señal vertical y la horizontal lleguen sincronizadas a las placas de deflexión	-

Canal horizontal:

Bloque	Función	Controles
Acoplamiento	Análogo a canal vertical	· DC · Otros · AC
Circuito de disparo	Envía impulsos al circuito de barrido cuando la señal alcanza los parámetros seleccionados	· LEVEL · SLOPE
Circuito de barrido	Produce la señal de barrido (diente de sierra) según la escala elegida.	· T/div · SWP VAR
Amplificador horizontal	Añade un offset a la señal, permitiendo desplazarla horizontalmente	· POS

Controles:**Canal Vertical**

- Vertical Mode:
 - CH1: Se visualiza sólo la señal del canal 1.
 - CH2: Se visualiza sólo la señal del canal 2.
 - DUAL: Se visualizan ambas señales.
 - ADD: Se visualiza la suma algebraica de ambas señales.
- CHOP/ALT: Método de dibujado del modo DUAL. ALT: para altas frecuencias, CHOP: para bajas frecuencias.
- CH2 Inv.: Invierte la entrada del CH2.
- POS: Permite desplazar a la señal verticalmente en la pantalla.
- V/div: Modifica la escala vertical en incrementos discretos.
- VAR: Modifica la escala vertical de manera continua.
- AC/DC/GND: Modo de acoplamiento para la señal.

Canal Horizontal

- Horizontal Display: Selector del modo que se muestra. en la pantalla.
 - A: Se muestra la base de tiempo principal
 - A int. B: Muestra la base de tiempo principal y se le superpone la base de tiempo demorada de forma intensificada. La posición de la sección intensificada depende del control DELAY TIME.
 - B: Se muestra solo la base de tiempo demorada.
 - Trig. B: La base de tiempo demorada reacciona a un determinado punto de disparo. Se reduce el jitter.
- DELAY TIME: Modifica el tiempo de inicio de barrido de B respecto de A, para poder observar en la base A la señal de la base B a partir de un determinado retraso temporal.
- Time/div: Modifica la escala horizontal de la base de tiempo indicada en incrementos discretos.
- SWP VAR: Modifica la escala horizontal de manera continua.
- POS: Permite desplazar a la señal horizontalmente por la pantalla.
- X10-MAG: Expande la señal horizontalmente 10 veces.

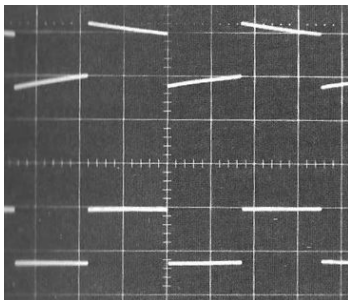
- X-Y: Utiliza CH2 como señal de barrido. Permite visualizar las figuras de Lissajous.
- Trigger Source: Permite seleccionar la fuente del disparo (CH1, CH2, EXT, etc).
- Acoplamiento: Aplica un filtro para lograr el disparo deseado sin modificar la señal original.
- Slope: Define si el disparo se realiza en flanco ascendente o descendente.
- Level: Ajusta a qué nivel de señal se realiza el disparo.
- Normal-Auto-Single: Son modos del sistema de disparo de barrido que determinan si se debe o no dibujar una señal en la pantalla.
 - NORM: Solo dibuja si se alcanza el nivel de disparo seleccionado.
 - AUTO: Si no se alcanza el LEVEL y SLOPE en cierto tiempo, se dispara un barrido cualquiera.
 - SINGLE: Dibuja una sola vez la señal (un único barrido) si se llega al nivel de disparo.
- Hold-off: Se selecciona un TIEMPO DE RETARDO durante el cual no vuelve a producirse un disparo, para que no se realice un disparo en medio de un período.

Incertidumbres:

Canal vertical: $\varepsilon = \varepsilon_{\text{exactitud}} + \varepsilon_{\text{apreciación}}$

Canal horizontal: $\varepsilon = \varepsilon_{\text{exactitud}} + \varepsilon_{\text{apreciación}} + \varepsilon_{\text{alinealidad}}$

$\varepsilon_{\text{apreciación}} = 0,1 / \text{divs}$; $\varepsilon_{\text{alinealidad}}$ y $\varepsilon_{\text{exactitud}}$ vienen dadas por el fabricante.

Influencia del acoplamiento

Si se acopla en AC una señal de baja frecuencia, se le da tiempo al capacitor en serie del acoplamiento a cargarse/descargarse, y como resultado una onda cuadrada como la observada en la parte inferior acaba dibujándose como se observa en la parte superior, ya que se atenúan las bajas frecuencias.

Ancho de banda: Rango de frecuencias comprendidas entre las frecuencias de corte.

Frecuencia de corte: Frecuencia para la cual la transferencia del sistema cae 3 dB (70,7%)

Por lo tanto, medir siempre ondas con frecuencias alejadas de las frecuencias de corte para disminuir el error. Considerar que las ondas que no son senoidales puras tienen otras frecuencias además de su principal, y que son mayores. Para un circuito RC, la frecuencia de corte es $1/2\pi RC$. Dependiendo de la naturaleza del circuito, esta puede ser una frecuencia de corte superior (en el caso de un pasa-bajos) o una inferior (en el caso de un pasa-altos).

Tiempo de crecimiento: Tiempo que un circuito demora en responder al cambio de tensión del valor bajo al alto en el caso de una onda cuadrada. El tiempo de crecimiento se define como el tiempo entre que la señal alcanza el 10% y el 90% de su valor máximo con respecto al mínimo. Es directamente proporcional al tiempo característico del circuito (cuando el circuito tiene capacitancia).

$$t_r = 2,2 RC = 0,35/f_c$$

Bases de tiempo: Existen dos bases de tiempo, la principal y la demorada, sirven para realizar magnificaciones en la pantalla, o para efectuar un *zoom* restringido a un lugar de interés. Para estos fines, la base demorada se dispara en condiciones distintas a la base principal.

Puntas

Punta X1: No se atenúa la señal de entrada. El conjunto osciloscopio-punta tiene $R_{equiv} = 1\text{ M}\Omega$ y $C_{equiv} = 200\text{ pF}$.

Punta X10: La señal se atenúa 10 veces, pero trae la ventaja de reducir la capacitancia del conjunto Osc-Punta y aumentar la resistencia del mismo, ambas cosas en un factor de 10, reduciendo mucho el efecto de carga. Siempre debe compensarse el sistema Osc-Punta antes de medir. El conjunto osciloscopio-punta tiene $R_{equiv} = 10\text{ M}\Omega$ y $C_{equiv} = 20\text{ pF}$, por lo que se disminuye el efecto de carga 10 veces en comparación con la punta X1, tanto el efecto de carga resistivo como el capacitivo.

VIII) INSTRUMENTOS - COMPARACIÓN Y CONCLUSIONES

A lo largo de la materia se estudiaron distintos instrumentos de medición, como multímetros basados en IBM, voltímetros de diversos tipos, amperímetros, y osciloscopios. Todos tienen algunas cosas en común: cargan al circuito a medir de algún modo, y tienen incertidumbres / errores sistemáticos asociados.

Instrumento	Tipo	Efecto de Carga	Incertidumbre	Usos
Multímetro analógico basado en IBM	Voltímetro	Idem volt. digital	$\varepsilon = \varepsilon_{clase} + \varepsilon_{apr}$	Los multímetros analógicos no presentan muchas ventajas con respecto a los digitales, por lo que están cayendo en desuso con el paso del tiempo. Además, operan correctamente para frecuencias muy bajas (1kHz en multímetros económicos)
	Amperímetro	Idem amp. digital	$\varepsilon_{clase} =$ Clase·Alcance / Valor Medido $\varepsilon_{apr} = 0,25 /$ #Divs leídas Medir en los $\frac{2}{3}$ superiores de la escala para disminuir ε_{clase}	
	Óhmetro	Sólo debería usarse para mediciones aproximadas de resistencias. No puede usarse sobre un resistor energizado. Para medir resistencias de manera más precisa es mejor usar otros métodos, como conexión larga o corta.		

Voltímetro	Digital	$\varepsilon_c = \frac{R_v}{R_{TH} + R_v} - 1$ <p>El error es por defecto. A mayor resistencia interna del voltímetro R_v, menor efecto de carga.</p>	<p>La incertidumbre se calcula como:</p> $\Delta M = X\% \text{ rdg} + Y \cdot \text{dg}$ <p>M: magnitud a medir</p> <p>X, Y: dados por el fabricante</p> <p>rdg: lectura del instrumento</p> <p>dg: resolución del instrumento en el alcance actual</p>	<p>Si bien el osciloscopio presenta información mucho más rica acerca de una señal, si se quiere conocer el valor medio o eficaz de una señal eléctrica, un multímetro digital es la opción más cómoda y precisa.</p> <p>Tener en cuenta el error sistemático presente al querer medir valores RMS si no se está usando un multímetro TRUE RMS</p>
Amperímetro	Digital	$\varepsilon_c = \frac{R_{TH}}{R_{TH} + R_A} - 1$ <p>El error es por defecto. A menor resistencia interna del voltímetro R_v, menor efecto de carga.</p>		

Osciloscopio	Analógico	<p>El conjunto osciloscopio-punta tiene una R_{op} y una C_{op}. A mayor R_{op} con respecto a R del circuito a medir, menor efecto de carga resistivo. A menor C_{op} con respecto a C del circuito a medir, menor efecto de carga capacitivo.</p>	<p>Incertidumbre por apreciación: $\varepsilon_{ap} = 0,1 / \text{divs}$</p> <p>Incertidumbre por exactitud: $\varepsilon_{ex} \approx 3\%$</p> <p>Incertidumbre por alinealidad: $\varepsilon_{alin} \approx 3\%$</p> <p>Leer el manual de usuario del instrumento para conocer bien las incertidumbres en cada caso (por ejemplo, usando el modo MAGX10, estas cambian)</p> <p>Error sistemático al medir al límite del ancho de banda: 30%</p>	<p>Si se quieren conocer parámetros más complejos de una señal, o si se quiere comparar esta con otra, el osciloscopio es la mejor opción. Si bien trae consigo una gran complejidad, es el único instrumento que permite analizar tantas características de una onda, en especial las relacionadas al tiempo.</p> <p>Sin embargo, hay que tener en cuenta que la complejidad de este instrumento trae aparejada una incertidumbre considerablemente mayor con respecto a instrumentos más simples.</p>
--------------	-----------	---	--	---