PROPEDÉUTICO ELEC

BASES SOBRE CIRCUITOS

Presentación

- Componentes de los circuitos eléctricos

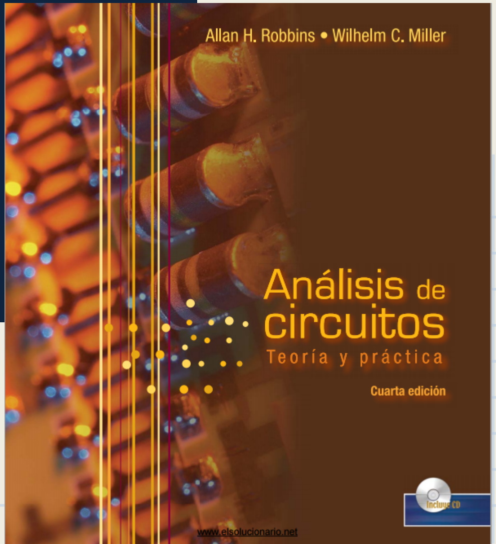
  Leyes de Kirchhoff

  Representación de circuitos con ecuaciones diferenciales

  Impedancia

  Fasores

Componentes Electrónicos Básicos

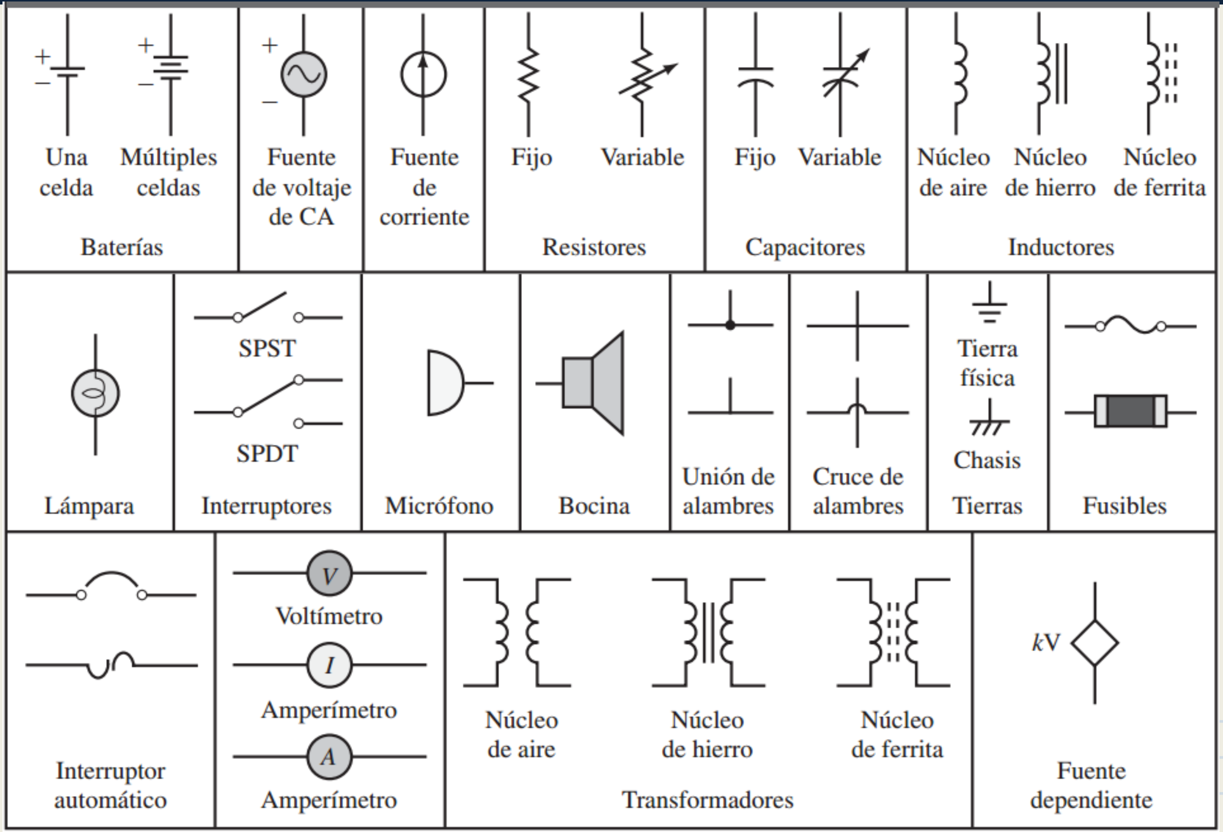


Introdución

La electrónica estudia y emplea sistemas cuyo funcionamiento se basa en la conducción y el control de los electrones.

Los sistemas electrónicos, están formados por componentes, los cuales se ensamblan de forma organizada para poder conseguir la acción necesaria sobre el flujo de los electrones.

Componentes eléctricos



Introdución

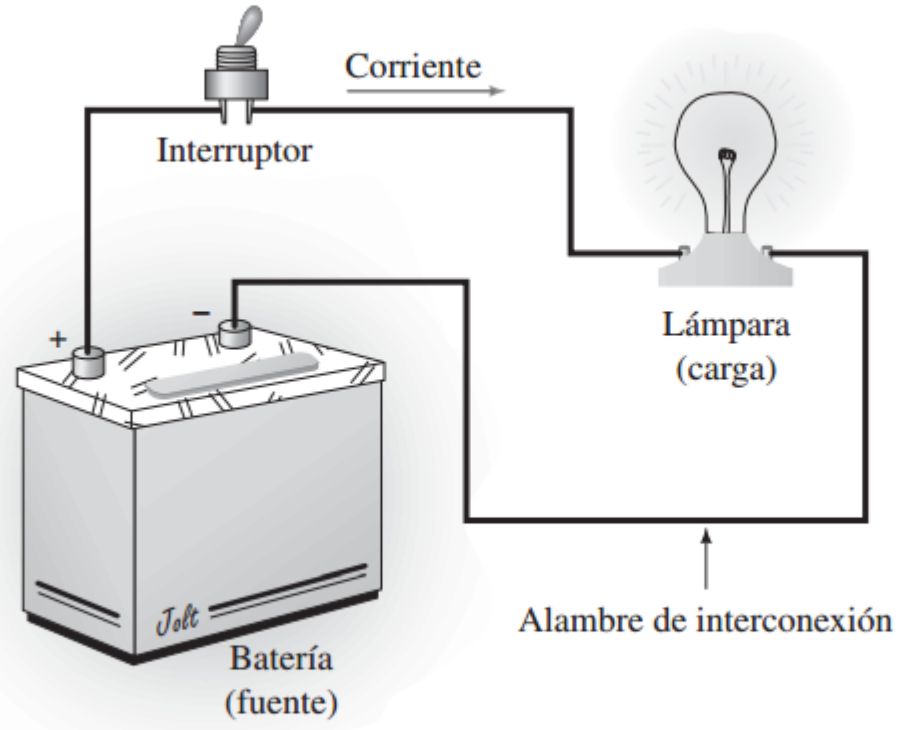
Según sus características y la función que desempeñan, podemos clasificar los componentes electrónicos en dos grandes grupos:

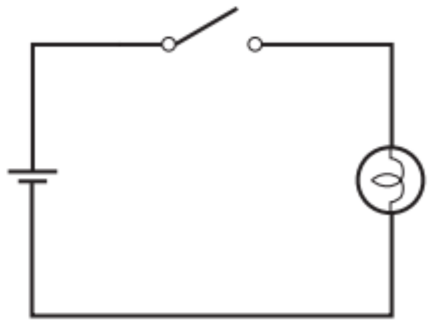
*Componentes pasivos

*Componentes activos o semiconductores.

VOLTAJE & CORRIENTE

Introdución



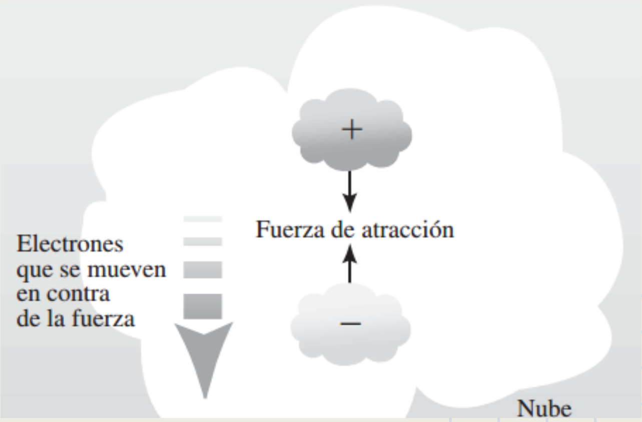


Voltaje

$$V = \frac{W}{Q} \quad \text{[volts, V]}$$

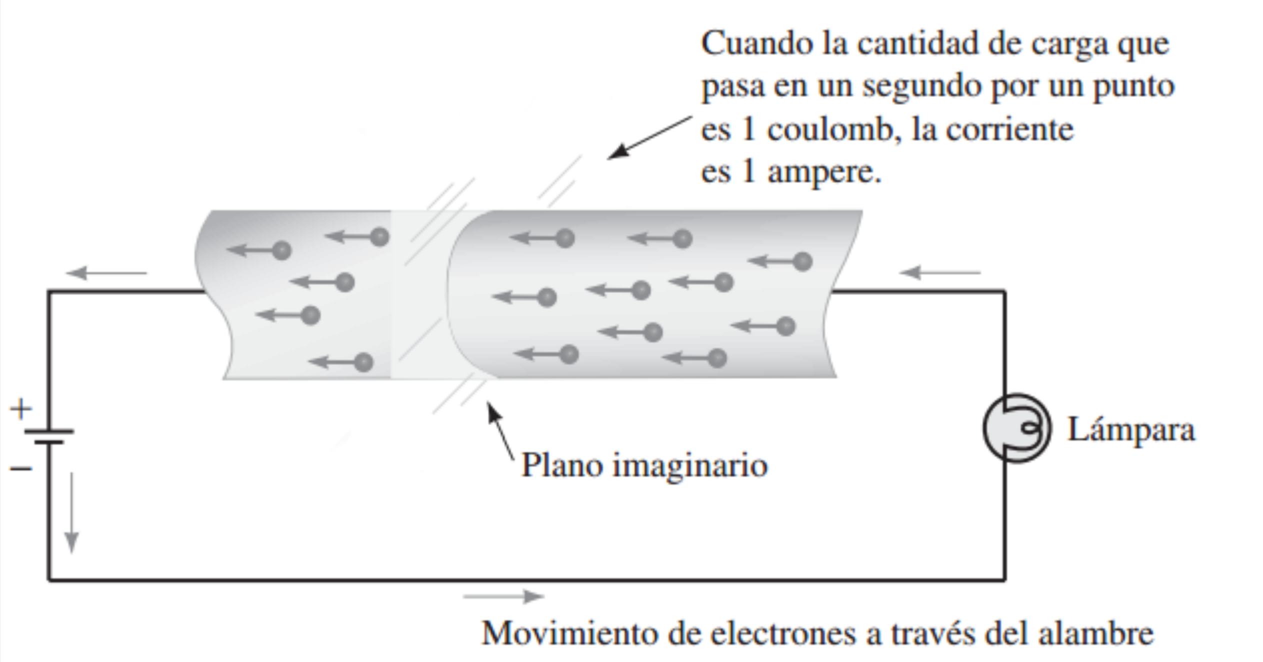
En mecánica, la energía potencial es la energía que un cuerpo posee debido a su posición. Por ejemplo, una bolsa de arena enganchada a una cuerda que pasa por una polea tiene el potencial de realizar trabajo cuando se le deja caer. La cantidad de trabajo que se invirtió en darle esta energía potencial es igual al producto de la fuerza por la distancia que la bolsa fue levantada (esto es, el trabajo es igual a la fuerza por la distancia). En el sistema SI la fuerza se mide en newtons y la distancia en metros, por lo tanto la unidad de trabajo es el newton-metro (el cual se llama **joule**,

De manera similar, se requiere trabajo para alejar cargas positivas y negativas; esto les proporciona energía potencial. Para entender por qué, considere de nuevo la nube de la figura 2-7, redibujada en la figura 2-9. Suponga que la nube está inicialmente descargada y que la carga de Q electrones se mueve desde la parte alta hasta el fondo de la nube. La carga positiva que se deja arriba ejerce una fuerza sobre los electrones y trata de jalarlos de nuevo mientras se alejan. Debido a que los electrones están siendo movidos en contra de esta fuerza, se requiere hacer trabajo (fuerza por distancia). Dado que las cargas separadas experimentan una fuerza que intenta regresarlas a la parte alta de la nube, tienen el potencial de realizar trabajo si son liberadas, esto es, poseen energía potencial. De manera similar, en la batería de la figura 2-8, las cargas que han sido separadas por la acción química, también poseen energía potencial.

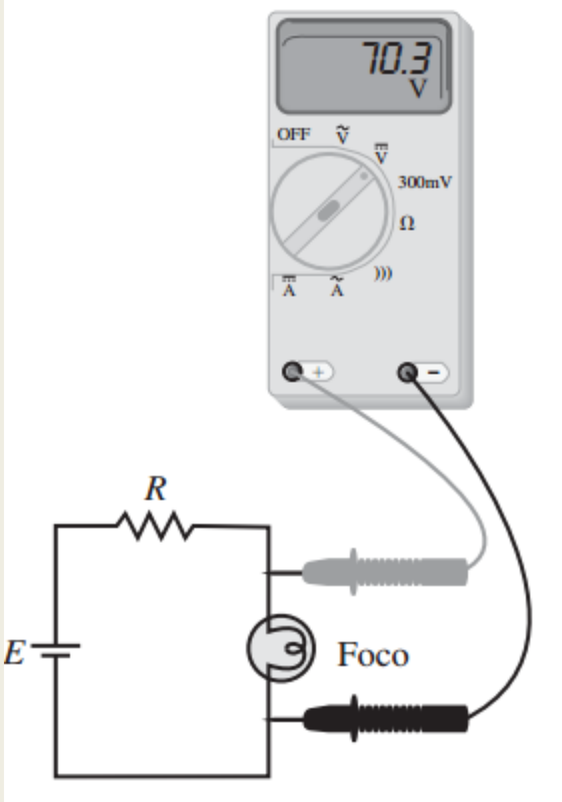


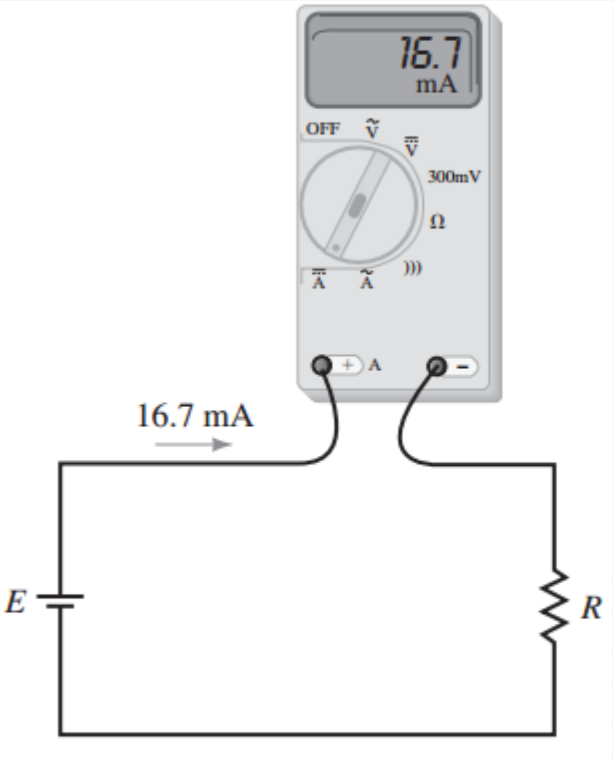
Corriente

$$I = \frac{Q}{t} \quad \text{[amperes, A]}$$

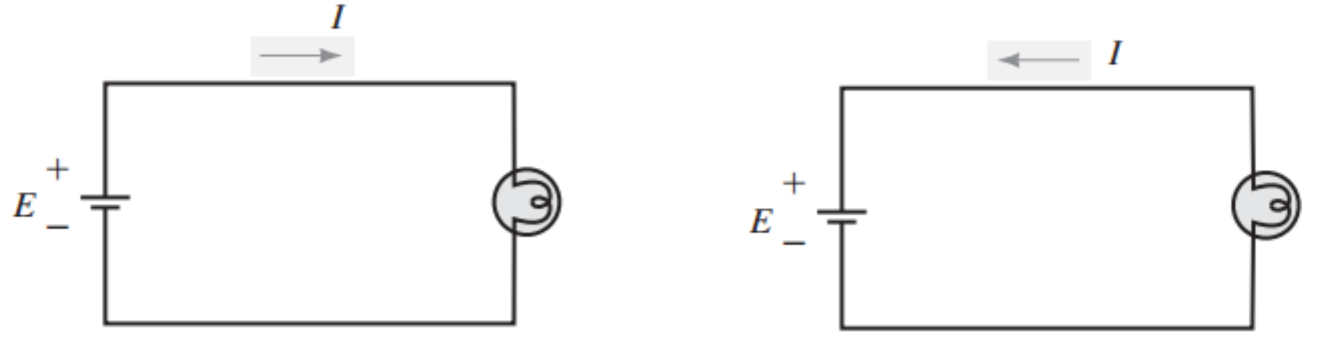


Mediciones



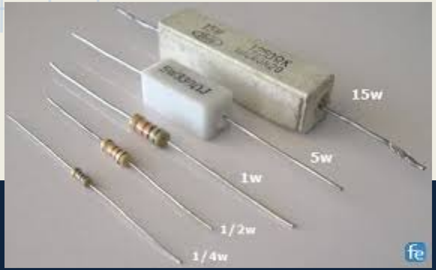


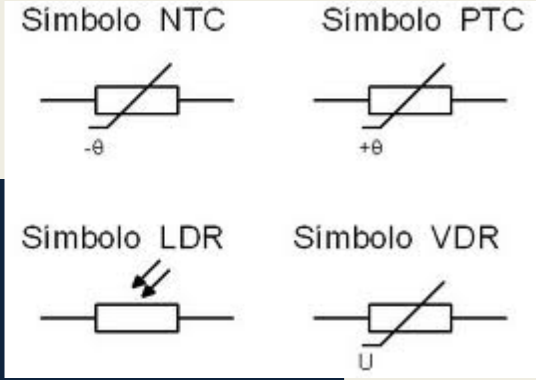
Sentido de flujo de corriente



(a) Dirección convencional de la corriente

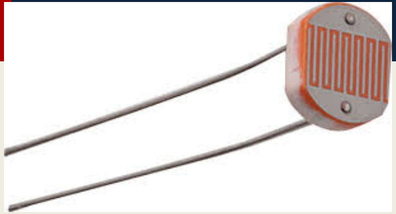
(b) Dirección del flujo de electrones





Resistores

(Resistencias)

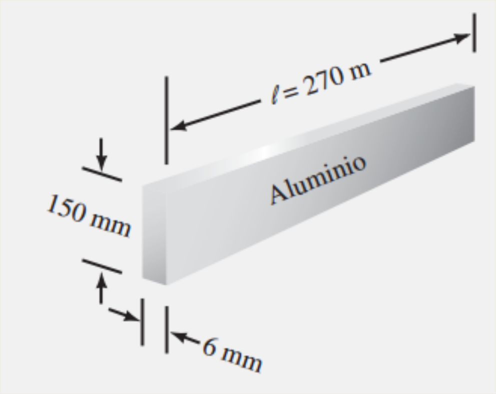


Resistores

Su función principal es reducir el paso de corriente eléctrica.
Su unidad es el Ohm [Ω].

$$R = \frac{\rho \ell}{A} \quad [\text{ohms}, \Omega]$$

Depende del material utilizado, de su geometría, de la temperatura.



$$\begin{aligned} A &= (150 \text{ mm})(6 \text{ mm}) \\ &= (0.15 \text{ m})(0.006 \text{ m}) \\ &= 0.0009 \text{ m}^2 \\ &= 9.00 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

La resistencia entre los extremos de la barra colectora se determina como sigue

$$\begin{aligned} R &= \frac{\rho \ell}{A} \\ &= \frac{(2.825 \times 10^{-8} \ \Omega\text{-m})(270 \text{ m})}{9.00 \times 10^{-4} \text{ m}^2} \\ &= 8.48 \times 10^{-3} \ \Omega = 8.48 \text{ m}\Omega \end{aligned}$$

Resistores

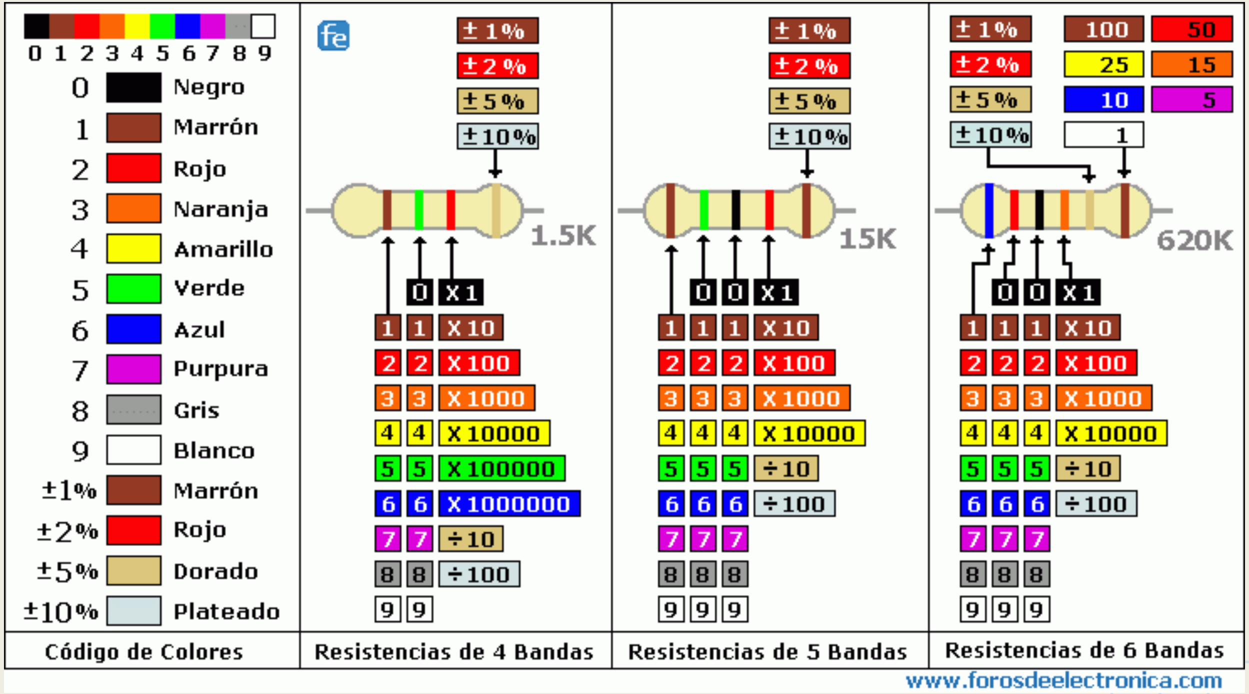
Su función principal es reducir el paso de corriente eléctrica.
Su unidad es el Ohm [Ω].

Las resistencias pueden ser fijas, variables o dependendientes.

Las características más importantes de los resistores, también llamadas resistencias, son:

- Valor nominal: Es el valor en Ohms que posee; está impreso en la propia resistencia en cifras o por medio del código de colores.
- Tolerancia: Es el error máximo con el que se fabrica la resistencia.
- Potencia máxima: Es la mayor potencia que será capaz de disipar sin quemarse.

Resistores, código de colores



Resistores fijos

Son aquellas en las que el valor en ohms que posee es fijo y se define al fabricarlas.

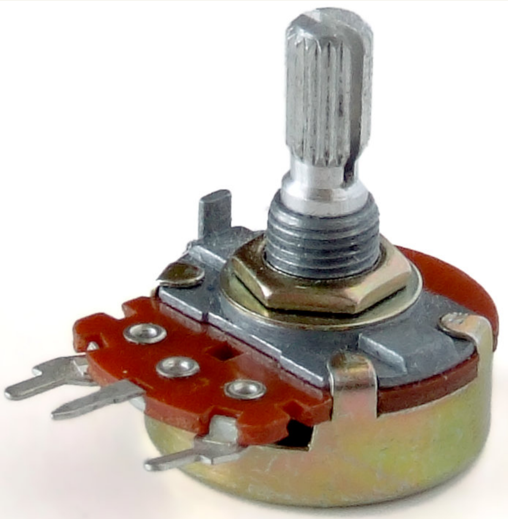
Se suelen utilizar para ajustar la tensión que ha de soportar un componente o para limitar la intensidad de corriente que circula por él.

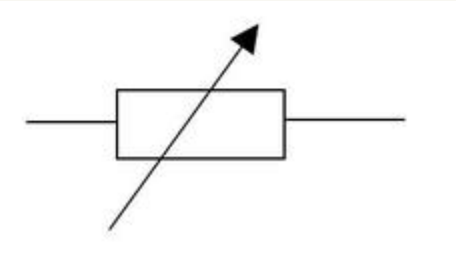
Resistores variables

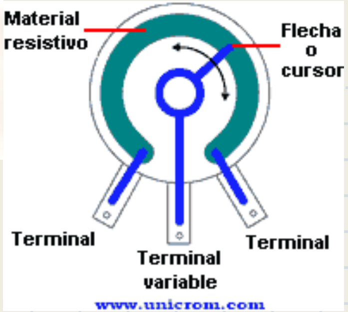
Son resistores que cuentan con un tercer terminal que está unido a un contacto movil, el cual puede desplazarse sobre el elemento resistivo proporcionando variaciones en el valor de la resistencia. Este tercer terminal puede tener un desplazamiento angular (giratorio) o longitudinal (deslizante).

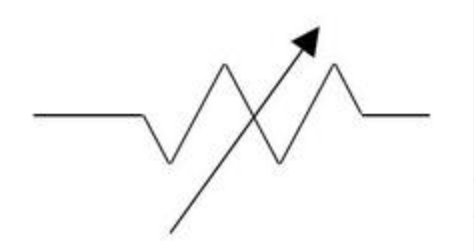
Resistores variables

- **Potenciómetros**: se aplican en circuitos donde la variación de resistencia la efectúa el usuario desde el exterior (controles de audio, video, etc.)



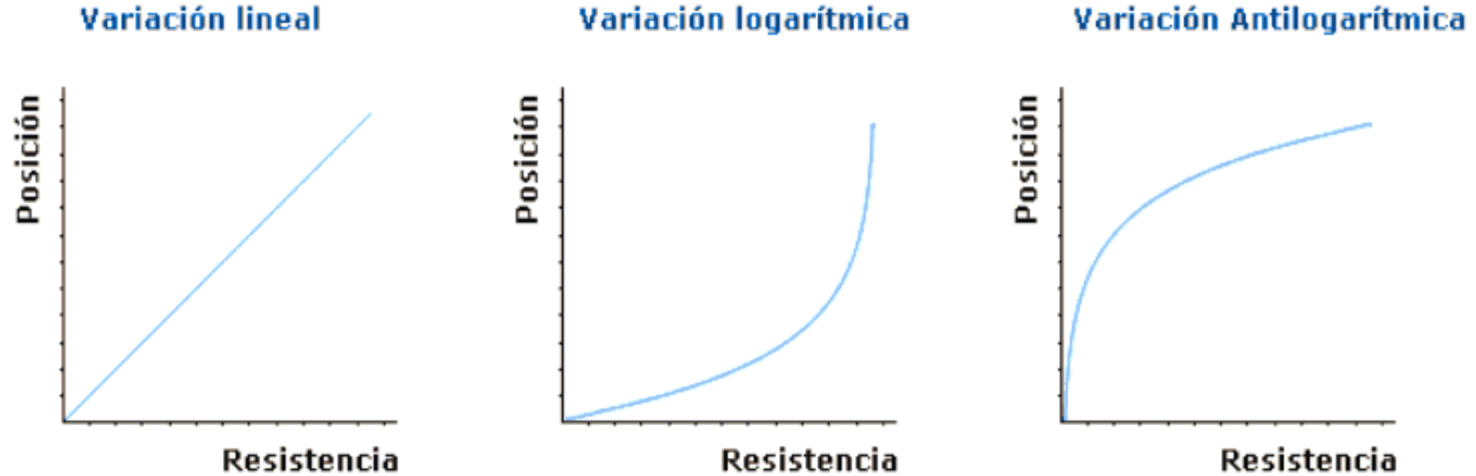






Resistores variables

Según la variación con respecto a una cierta posición de su eje, la resistencia cambia. El valor de un potenciómetro puede ser lineal, logarítmico o antilogarítmico.



Resistores variables

Otro tipo de resistores variables son:

- Trimmers, o resistencias ajustables
- Reostatos

Resistores dependientes

Algunos resistores dependen de un parámetro

la resistencia no es constante a todas las temperaturas; conforme se incrementa más electrones se escaparán de sus órbitas causando colisiones adicionales dentro del conductor. Para la mayoría de los materiales conductores, el incremento en el número de colisiones se traduce en un incremento relativamente lineal en la resistencia, como se muestra en la figura 3-7.

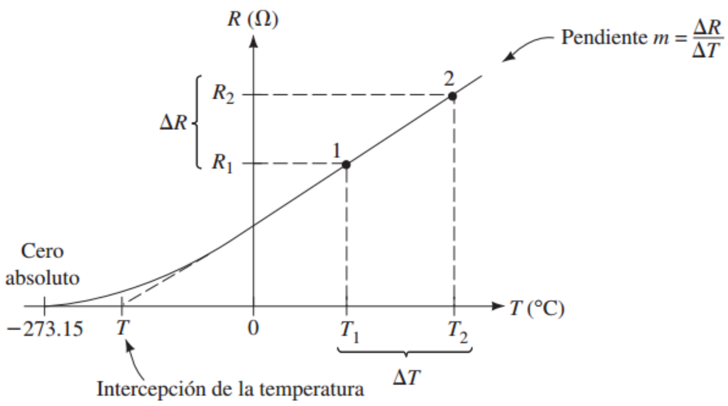


FIGURA 3-7 Efectos de la temperatura en la resistencia de un conductor.

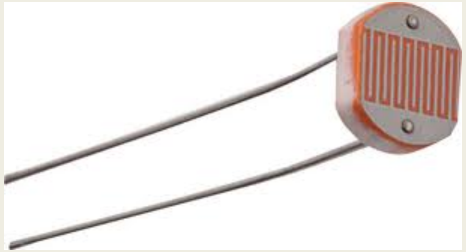
La tasa a la cual la resistencia de un material cambia con una variación de la temperatura depende del **coeficiente de temperatura** del material, al cual se le ha asignado la letra griega alfa (α). Algunos materiales experimentan muy ligeros cambios en la resistencia, mientras que otros muestran cambios impresionantes.

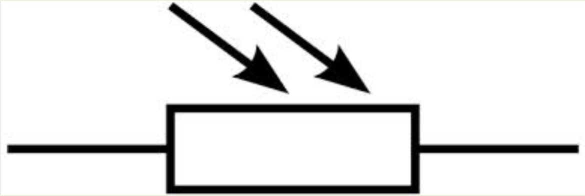
Resistores dependientes

- De la temperatura;**Termistores**:
  -Tipo **NTC** (Coeficiente Negativo de Temperatura)
  Disminuyen su resistencia interna al aumentar la temperatura.
  -Tipo **PTC** (Coeficiente Positivo de Temperatura).
  Aumentan su resistencia interna al aumentar la temperatura.

Resistores dependientes

- De la intensidad luminosa; **Fotorresistencias (LDR)**.



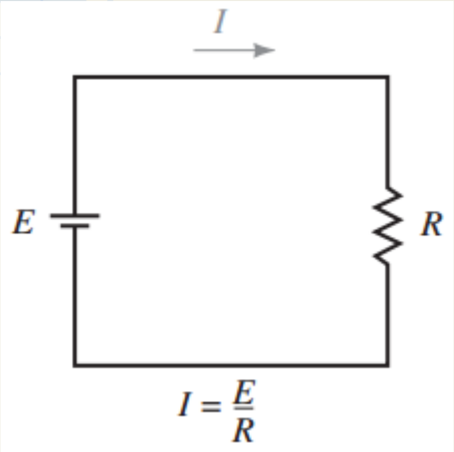


Resistores dependientes

- De la diferencia de potencial aplicada; **Varistores (VDR)**:

Disminuye su resistencia al aumentar el voltaje eléctrico entre sus extremos.

Ley de Ohm

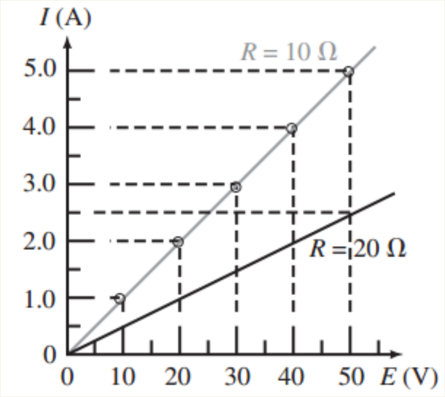


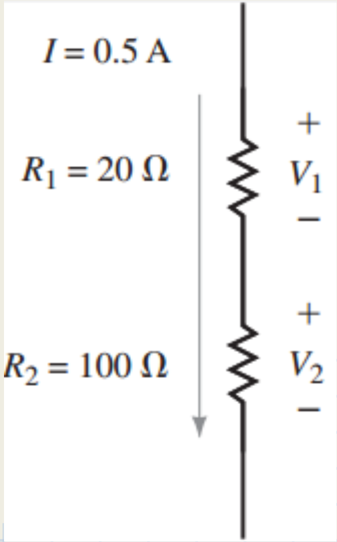
$$I = \frac{E}{R} \quad \text{[amps, A]}$$

E es el voltaje en volts,

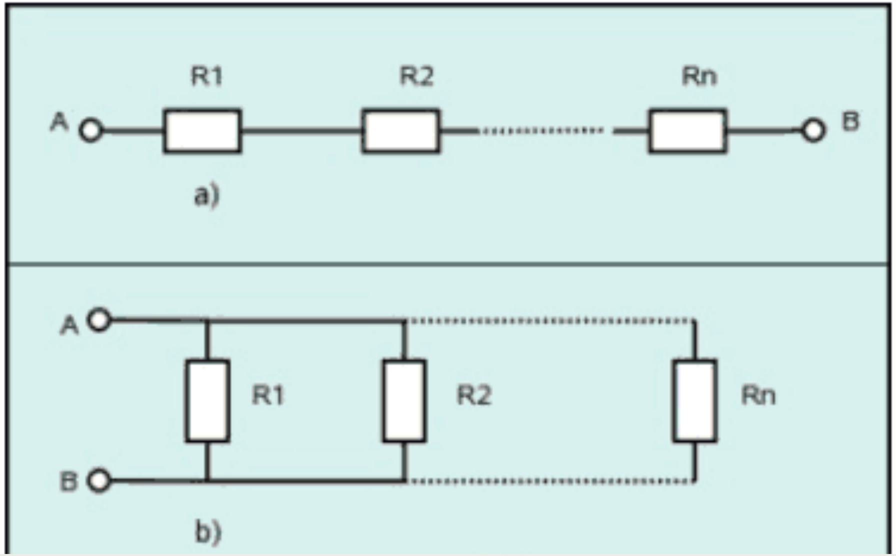
R es la resistencia en ohms,

I es la corriente en amperes.





Conexión de varios resistores



Resistencias serie

$$R_{AB} = R_1 + R_2 + \ldots + R_n = \sum_{k=1}^{n} R_k$$

Resistencias paralelo

$$\frac{1}{R_{AB}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \ldots + \frac{1}{R_n}$$

Serie / Paralelo

Se dice que dos elementos están en serie si

- Sólo tienen una terminal común.
- Ningún otro elemento está conectado a dicha terminal.

Se deduce entonces que la corriente que pasa por cada uno de los elementos de la conexión en serie es la misma.

Estudio de redes eléctricas

RED: conjunto de conductores interconectados (generadores, receptores, resistencias…)

NODO: punto de la red conectando por lo menos 2 conductores

RAMA: porción de red entre dos nodos

MALLA: conjunto de ramas formando un circuito plano cerrado

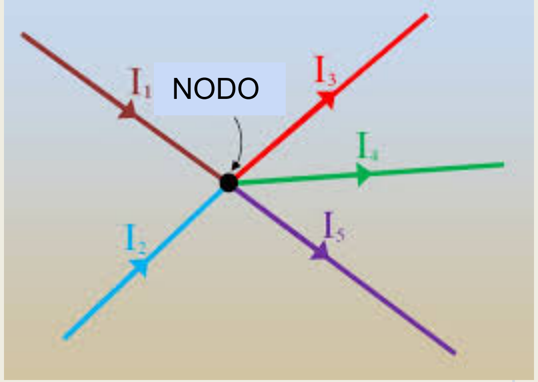
(sin que ninguna rama pase por dejabo o arriba)

NB: los conductores se consideran lineales

⇒ ESTUDIO DE LAS CORRIENTES ELÉCTRICAS EN CADA RAMA (intensidad y sentido)

Leyes de Kirchhoff

Primera Ley de Kirchhoff



PRIMERA LEY DE KIRCHHOFF: ley de **nodos**

"en un nodo, no puede haber acumulación de electricidad"

En un intervalo infinitesimal *dt*, en el NODO llega por la RAMA1 y RAMA2:

la carga $dq = i_1dt+i_2dt = (i_1+i_2)dt$

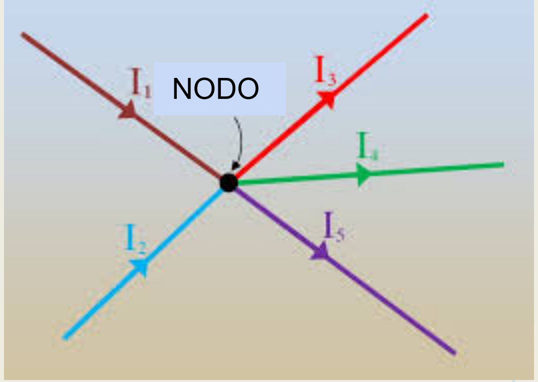
En el mismo intervalo *dt* sale del NODO por la RAMA3, RAMA4 y RAMA5:

la carga $dq' = i_3dt+i_4dt+i_5dt = (i_3+i_4+i_5)dt$

como no puede haber acumulación de carga en el NODO:

$$(i_1+i_2) = (i_3+i_4+i_5) \Rightarrow i_1+i_2-i_3-i_4-i_5=0$$

Primera Ley de Kirchhoff

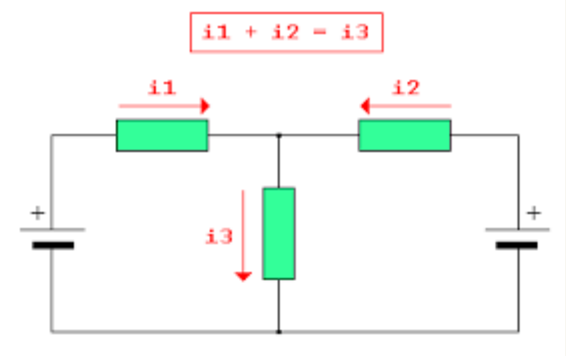


PRIMERA LEY DE KIRCHHOFF: ley de **nodos**

"ley de corrientes de Kirchhoff"

el signo "+" describe lo que **llega** al NODO y el signo "-" lo que **sale**

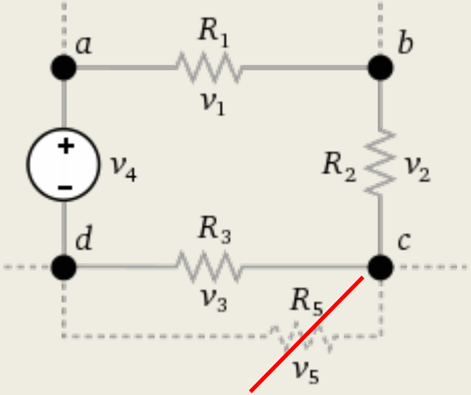
$$\boxed{\sum_{k=1}^{n} I_k = 0}$$



Segunda Ley de Kirchhoff

<u>SEGUNDA LEY DE KIRCHHOFF</u>: ley de **mallas** -o- ley de **voltajes**

"***<u>en una malla</u>***, *la suma de todas las diferencias de potenciales son iguales a la diferencia TOTAL suministrada*"



$$\boxed{\sum_{k=1}^{n} V_k = 0}$$

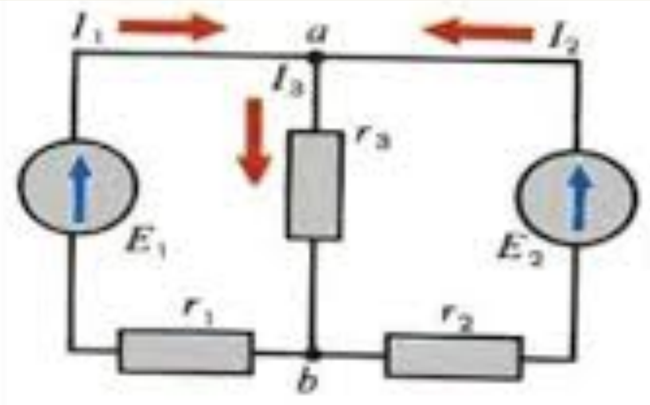
APLICACIÓN Ley de Kirchhoff

<u>METODOLOGÍA DEL ESTUDIO DE CIRCUITOS CON KIRCHHOFF</u>:

1- en cada RAMA, se adopta un sentido positivo (el más probable) ⇒ sentido “+” de corriente
2- se escriben las ecuaciones relativas a los NODOS (1a Ley de Kirchhoff)
3- se escriben las ecuaciones relativas a las MALLAS independientes (2a Ley de Kirchhoff)
→ sentido de recorrido arbitrario

APLICACIÓN Ley de Kirchhoff

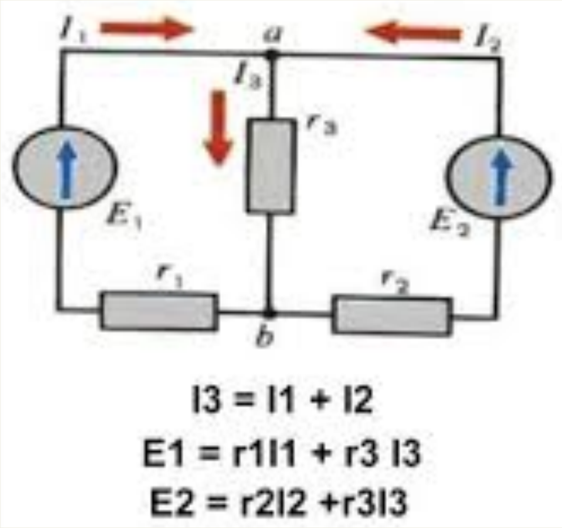
EJEMPLO:



RED de 2 NODOS
3 RAMAS
3 MALLAS
(2 independientes!)

APLICACIÓN Ley de Kirchhoff

EJEMPLO:



Calcular I_3 con E_1=6V
E_2=12V
r_1=1 Ohm
r_2=2 Ohm
r_3=10 Ohm

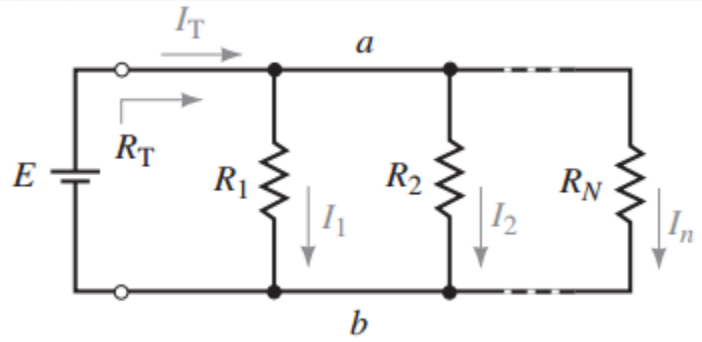
(primero calcular I_1=? I_2=?)

APLICACIÓN Ley de Kirchhoff

LEY DE VOLTAJES PARA CIRCUITOS EN SERIE

LEY DE CORRIENTES PARA CIRCUITOS EN PARALELO

Circuitos equivalentes...



$$\frac{E}{R_T} = \frac{E}{R_1} + \frac{E}{R_2} + \cdots + \frac{E}{R_n} \qquad \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \cdots + \frac{1}{R_n} \quad \text{(siemens, S)}$$

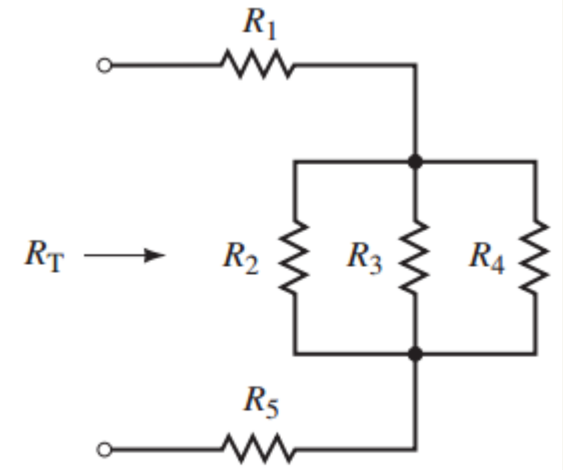
$$R_T = \frac{1}{\dfrac{1}{R_1} + \dfrac{1}{R_2} + \cdots + \dfrac{1}{R_n}} \quad (\Omega)$$

Este circuito ilustra un concepto muy importante de los circuitos en paralelo. Si se aplicara la ley de voltaje de Kirchhoff alrededor de cada lazo cerrado en el circuito en paralelo de la figura 6-12, se encontraría que el voltaje en todos los resistores es exactamente igual, es decir, $V_{R_1} = V_{R_2} = V_{R_3} = E$. Por tanto, al aplicar la ley de voltaje de Kirchhoff se establece el siguiente enunciado:

El voltaje en todos los elementos en paralelo en un circuito será el mismo.

El principio anterior permite determinar la resistencia equivalente R_T de cualquier número de resistores conectados en paralelo. La resistencia equivalente R_T es la que efectivamente es "vista" por la fuente y determina la corriente

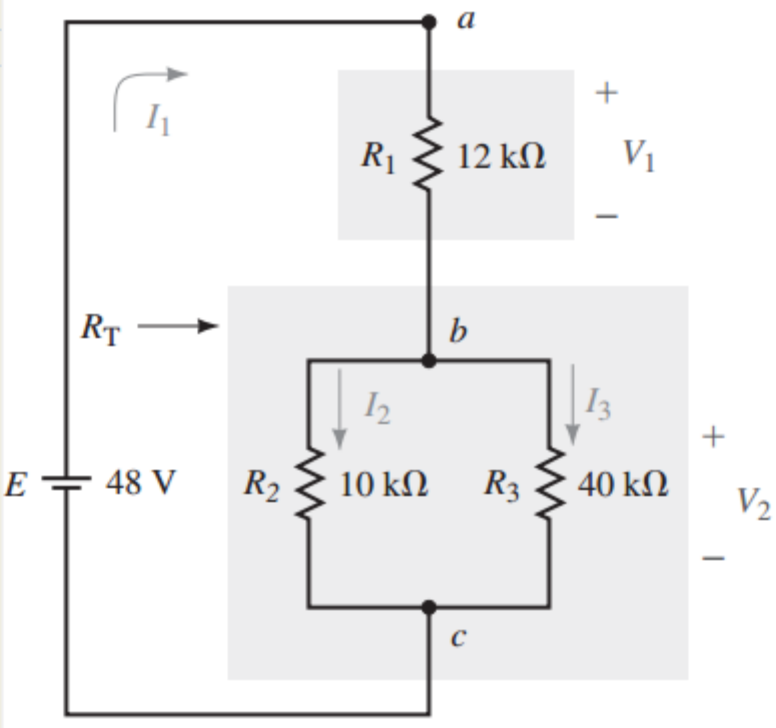
Circuitos serie-paralelo



reconocer qué elementos o ramas están en serie o en paralelo.

$$R_T = R_1 + (R_2 \| R_3 \| R_4) + R_5$$

Circuitos serie-paralelo

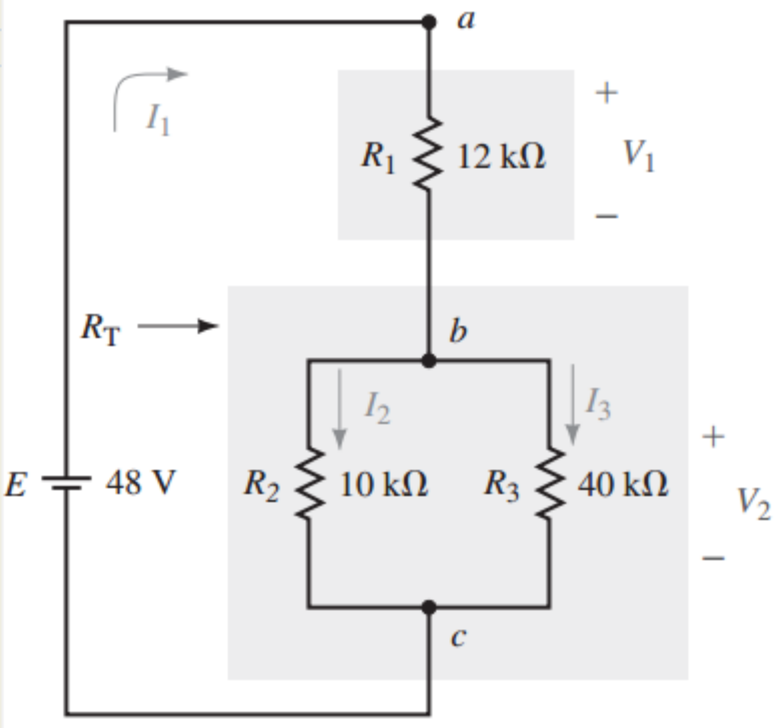


a. Determine R_T.

b. Calcule I_1, I_2 e I_3.

c. Determine los voltajes V_1 y V_2.

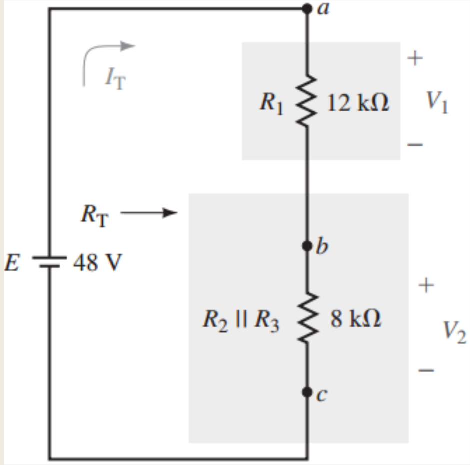
Circuitos serie-paralelo



a. Determine R_T.

b. Calcule I_1, I_2 e I_3.

c. Determine los voltajes V_1 y V_2.

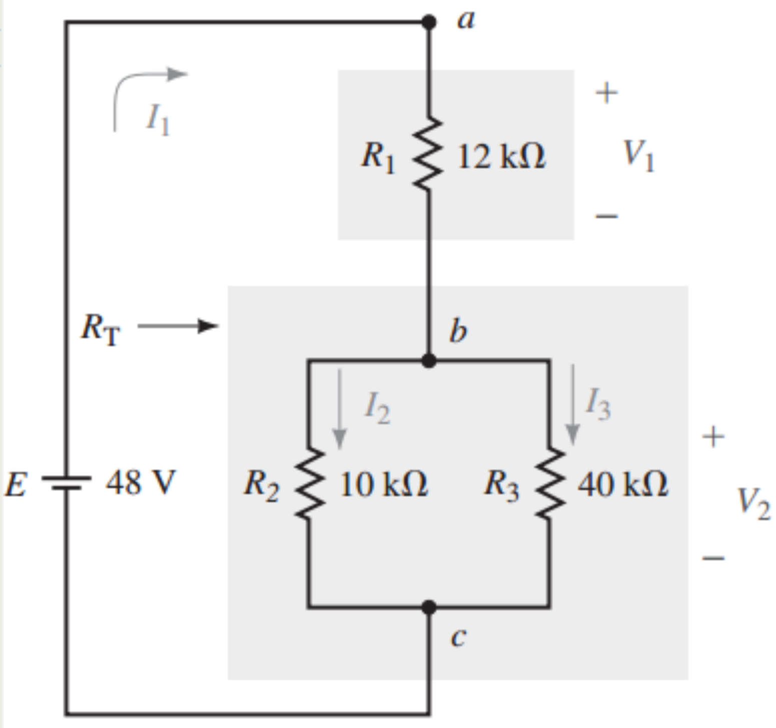


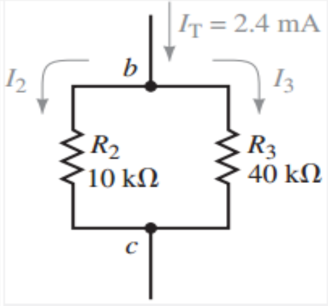
$$R_T = R_1 + R_2 \| R_3$$

$$R_T = 12\ \text{k}\Omega + \frac{(10\ \text{k}\Omega)(40\ \text{k}\Omega)}{10\ \text{k}\Omega + 40\ \text{k}\Omega}$$

$$= 12\ \text{k}\Omega + 8\ \text{k}\Omega = 20\ \text{k}\Omega$$

Circuitos serie-paralelo





$$I_T = I_1 = \frac{48\text{ V}}{20\text{ k}\Omega} = 2.4\text{ mA}$$

$$I_2 = \frac{(40\text{ k}\Omega)(2.4\text{ mA})}{10\text{ k}\Omega + 40\text{ k}\Omega} = 1.92\text{ mA}$$

$$I_3 = \frac{(10\text{ k}\Omega)(2.4\text{ mA})}{10\text{ k}\Omega + 40\text{ k}\Omega} = 0.48\text{ A}$$

$$V_1 = (2.4\text{ mA})(12\text{ k}\Omega) = 28.8\text{ V}$$
$$V_3 = (0.48\text{ mA})(40\text{ k}\Omega) = 19.2\text{ V} = V_2$$

$$\begin{aligned}\sum V &= E - V_1 - V_3 \\ &= 48\text{ V} - 28.8\text{ V} - 19.2\text{ V} \\ &= 0\text{ V (coincide!)}\end{aligned}$$

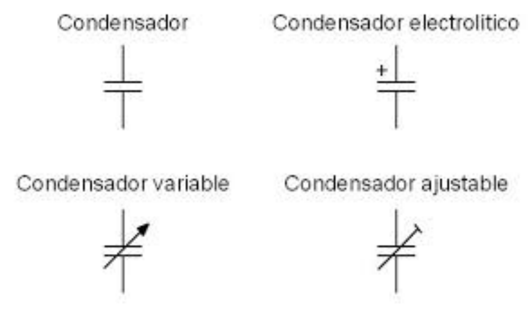
Otras herramientas a revisar

Teorema de superposición

Teorema de Thevenin

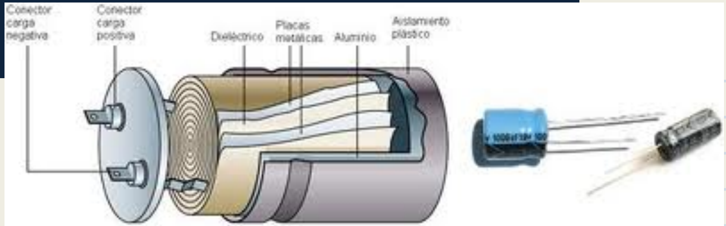
Teorema de Norton

Teorema de Millman



Condensadores

(Capacitores)

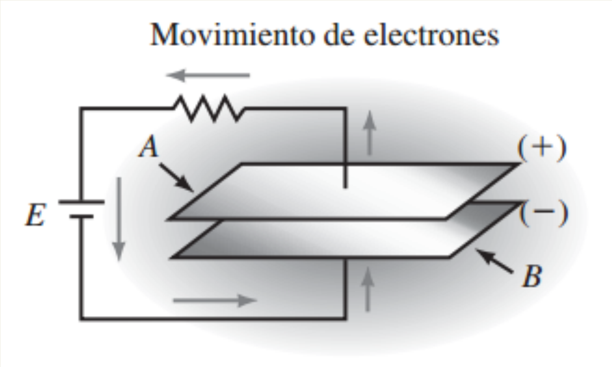


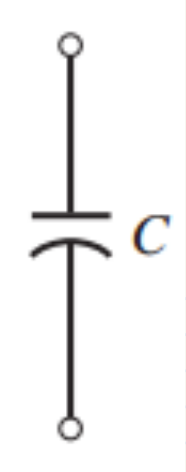
Condensadores

Es un dispositivo que almacena carga eléctrica de forma temporal. Está formado por dos conductores próximos uno a otro, separados por un material dieléctrico.

Debido al campo eléctrico, el dieléctrico se polariza y almacena carga eléctrica en las placas.

La **capacidad** de los condensadores se mide en Farad [F].





Condensadores

La cantidad de carga eléctrica que puede almacenar depende:

1. del tamaño de las placas (área común *A* entre ellas)
2. de la distancia *d* entre las armaduras (espesor del diélectrico).
3. del tipo de dieléctrico (permitividad dieléctrica).

Material	$\in_r$ (valores nominales)
Vacío	1
Aire	1.0006
Cerámica	30-7 500
Mica	5.5
Mylar	3
Aceite	4
Papel (seco)	2.2
Poliestireno	2.6
Teflón	2.1

$$C = \in \frac{A}{d} \quad \text{(F)}$$

Carga

Definición de capacitancia

La cantidad de carga Q que un capacitor puede almacenar depende del voltaje aplicado. Los experimentos muestran que para un determinado capacitor, Q es proporcional al voltaje. Sea C la constante de proporcionalidad. Entonces,

$$\boxed{Q = CV} \tag{10-1}$$

Al reordenar los términos se obtiene

$$\boxed{C = \frac{Q}{V} \quad \text{(farads, F)}} \tag{10-2}$$

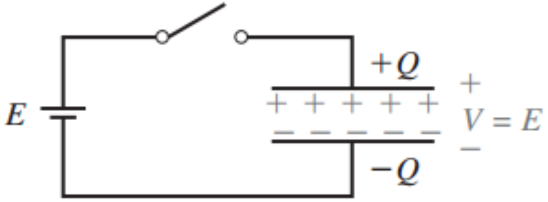


FIGURA 10-3 El capacitor después de que se ha cargado. Cuando se desconecta la fuente, los electrones son atrapados en la placa inferior y no pueden retornar, entonces, se almacena la carga.

Condensadores fijos

- Electrolíticos:

El material dieléctrico está formado por papel impregnado en electrolito. **Siempre tienen polaridad**, y una capacidad superior a 1µF.

Condensadores fijos

- Cerámicos:

Se utilizan exclusivamente en microelectrónica, ya que sus valores y tamaños no son suficientes como para proporcionar las características que necesitaría el arranque de un motor, o el filtrado de una fuente de alimentación.
Son muy baratos.

Condensadores fijos

- Plásticos:

Hechos de polímeros, cuyas características más importantes se encuentran una gran resistencia de aislamiento que le permite conservar la carga por largos periodos de tiempo, un volumen reducido y un excelente comportamiento frente a la humedad y a las variaciones de temperatura.

Condensadores variables

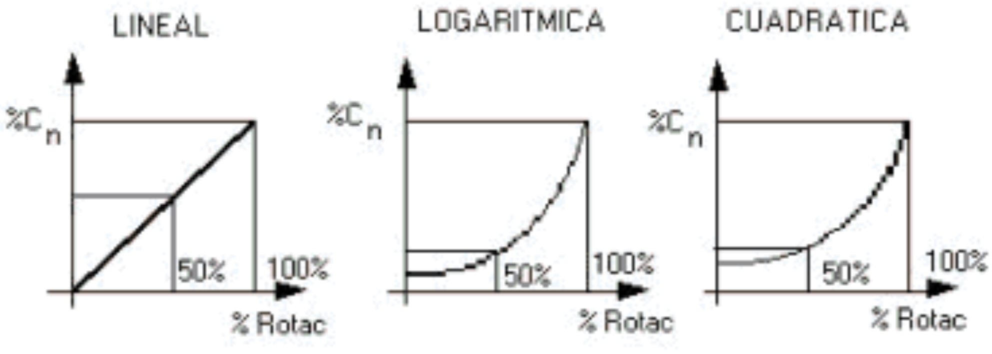
Estos condensadores presentan una capacidad que podemos variar entre ciertos límites. Su aplicación conlleva la variación con cierta frecuencia (por ejemplo sintonizadores); y condensadores ajustables o trimmers, que normalmente son ajustados una sola vez (aplicaciones de reparación y puesta a punto).

Condensadores variables

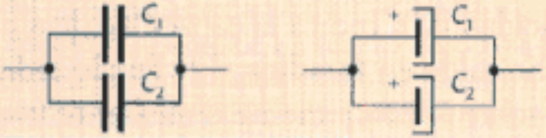
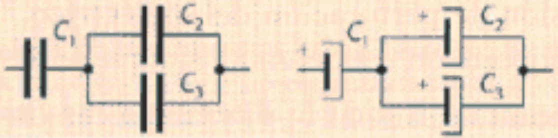
La variación de la capacidad se lleva a cabo mediante el desplazamiento mecánico entre las placas enfrentadas. La relación con que varían su capacidad respecto al ángulo de rotación viene determinada por la forma constructiva de las placas enfrentadas.

Condensadores variables

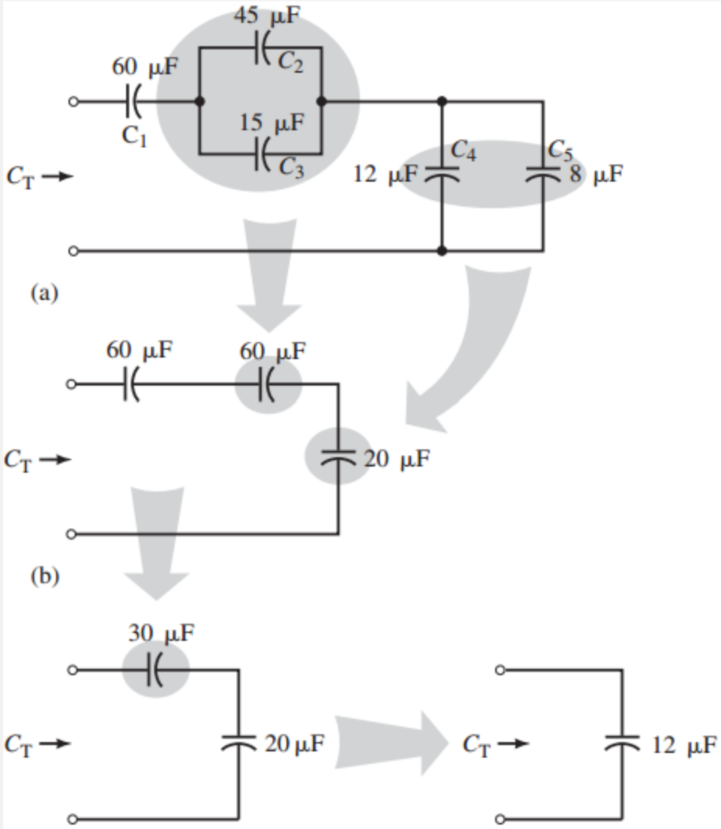
Obedecen distintas leyes de variación, entre las que destacan la lineal, logarítmica y cuadrática:



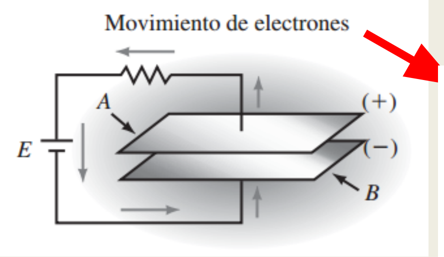
Conexión de varios condensadores

Tipo de asociación	Circuito	Capacidad equivalente
Serie		$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \ldots + \frac{1}{C_n}$
Paralelo o derivación		$C_E = C_1 + C_2 + C_3 + \ldots + C_n$
Mixta o compuesta		Se trata de una combinación de los dos tipos anteriores.

Estudio de circuitos

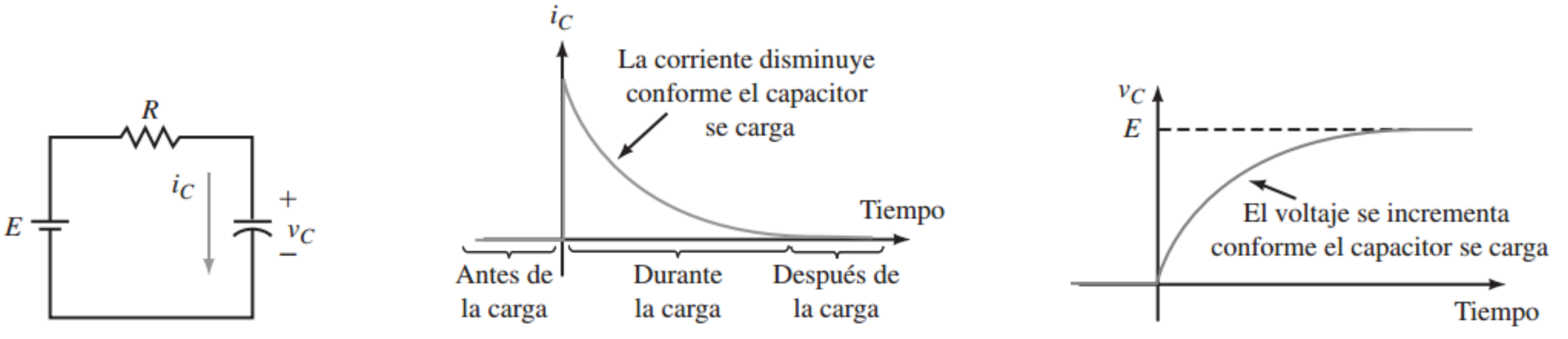


Voltaje / Corriente para un C



1. Este movimiento de electrones constituye una corriente.
2. La corriente dura sólo lo suficiente para que el capacitor se cargue. Cuando el capacitor se ha cargado totalmente, la corriente es cero.
3. La corriente en el circuito durante la carga se debe nada más al movimiento de los electrones de una placa a la otra por el circuito externo a través de la batería; ninguna corriente pasa a través del dieléctrico entre las placas.
4. Conforme la carga se deposita en las placas, se incrementa el voltaje en el capacitor. Sin embargo, dicho voltaje no alcanza su valor máximo de inmediato, ya que requiere tiempo mover los electrones de una placa a la otra. (Miles de millones de electrones deben ser movidos.)
5. Ya que el voltaje se acumula conforme progresa la carga, la diferencia de voltaje entre la fuente y el capacitor disminuye y, por tanto, la tasa de movimiento de electrones (es decir, la corriente) disminuye conforme el capacitor se aproxima a la carga completa.

Voltaje / Corriente para un C

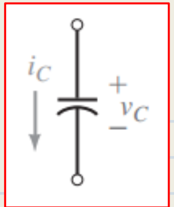


(a)

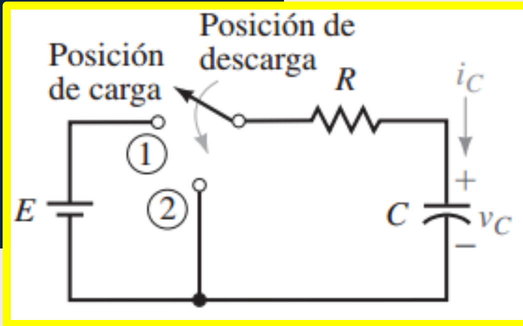
(b) La corriente aumenta de manera súbita durante la carga. La corriente es 0 cuando se ha cargado por completo.

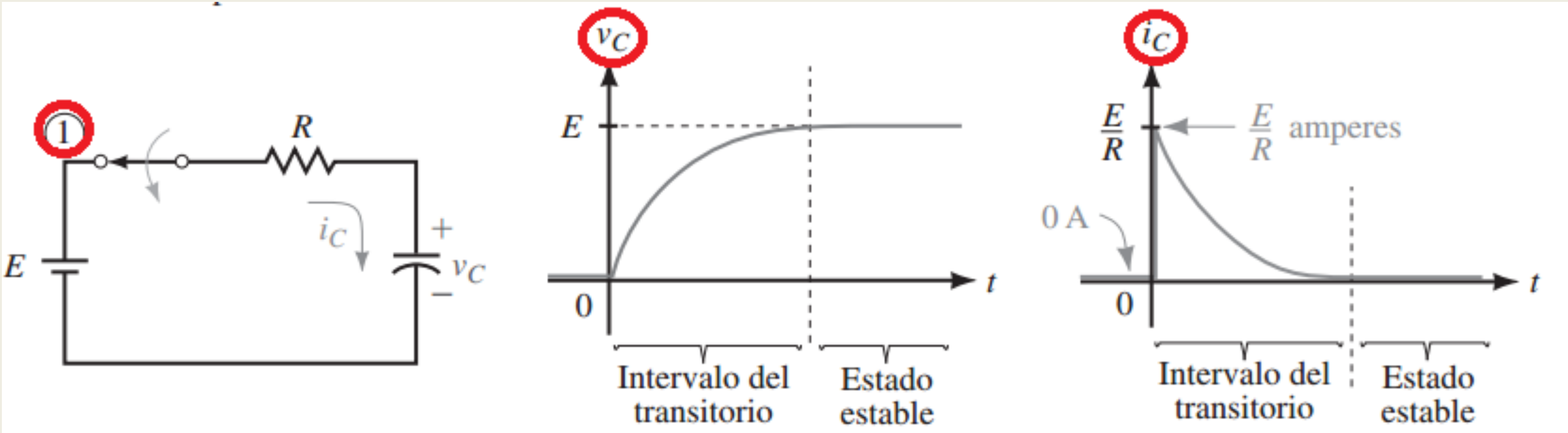
(c) Voltaje del capacitor. $v_C = E$ cuando se ha cargado por completo.

$$q = Cv_C \qquad i_C = \frac{dq}{dt} = \frac{d}{dt}(Cv_C) \qquad i_C = C\frac{dv_C}{dt} \quad \text{(A)}$$

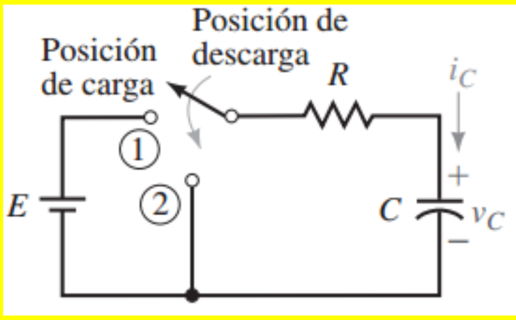


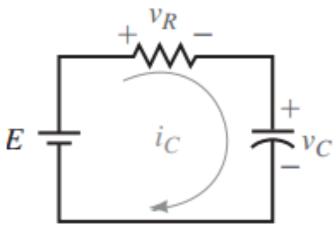
Carga / Descarga de C





Carga / Descarga de C





$v_R = Ri_C$ $\quad$ $i_C = C dv_C/dt$

$v_R + v_C = E$

LVK

$$RC\frac{dv_C}{dt} + v_C = E$$

$$\boxed{v_C = E(1 - e^{-t/RC})}$$

RC tiene unidades de segundos.

$$\frac{dv_C}{dt} = \frac{1}{RC}(E - v_C)$$

$$\frac{dv_C}{E - v_C} = \frac{dt}{RC}$$

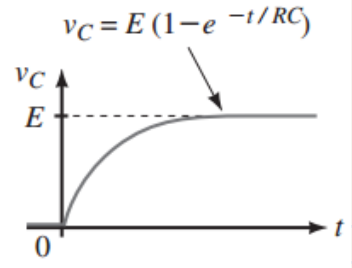
$$\int_0^{v_C} \frac{dv_C}{v_C - E} = -\frac{1}{RC}\int_0^t dt$$

$$\ln(v_C - E) - \ln(-E) = -\frac{t}{RC}$$

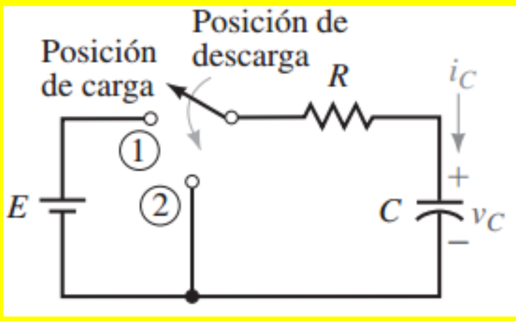
$$\ln\left(\frac{v_C - E}{-E}\right) = -\frac{t}{RC}$$

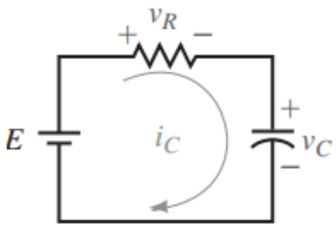
$$\frac{v_C - E}{-E} = e^{-t/RC}$$

$$v_C = E(1 - e^{-t/RC})$$



Carga / Descarga de C





$v_R = Ri_C$ $\quad$ $i_C = Cdv_C/dt$

$v_R + v_C = E$

LVK

$$RC\frac{dv_C}{dt} + v_C = E$$

$$\boxed{v_C = E(1 - e^{-t/RC})}$$

RC tiene unidades de segundos.

$$\frac{dv_C}{dt} = \frac{1}{RC}(E - v_C)$$

$$\frac{dv_C}{E - v_C} = \frac{dt}{RC}$$

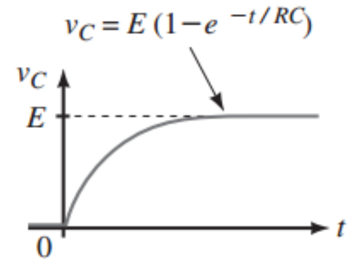
$$\int_0^{v_C} \frac{dv_C}{v_C - E} = -\frac{1}{RC}\int_0^t dt$$

$$\ln(v_C - E) - \ln(-E) = -\frac{t}{RC}$$

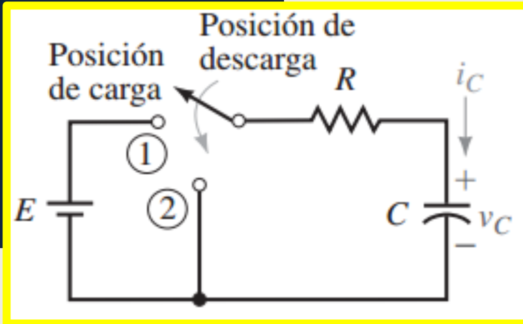
$$\ln\left(\frac{v_C - E}{-E}\right) = -\frac{t}{RC}$$

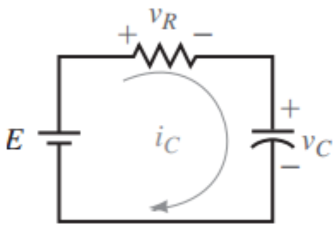
$$\frac{v_C - E}{-E} = e^{-t/RC}$$

$$v_C = E(1 - e^{-t/RC})$$



Carga / Descarga de C





$v_R = Ri_C$ $i_C = Cdv_C/dt$

$v_R + v_C = E$

LVK

$$RC\frac{dv_C}{dt} + v_C = E$$

$$\boxed{v_C = E(1 - e^{-t/RC})}$$

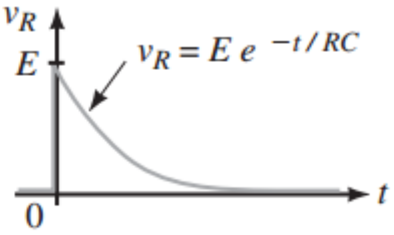
RC tiene unidades de segundos.

$$v_R = E - v_C$$

$$v_R = E - E(1 - e^{-t/RC})$$

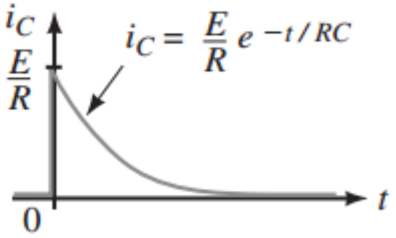
$$= E - E + Ee^{-t/RC}$$

$$\boxed{v_R = Ee^{-t/RC}}$$

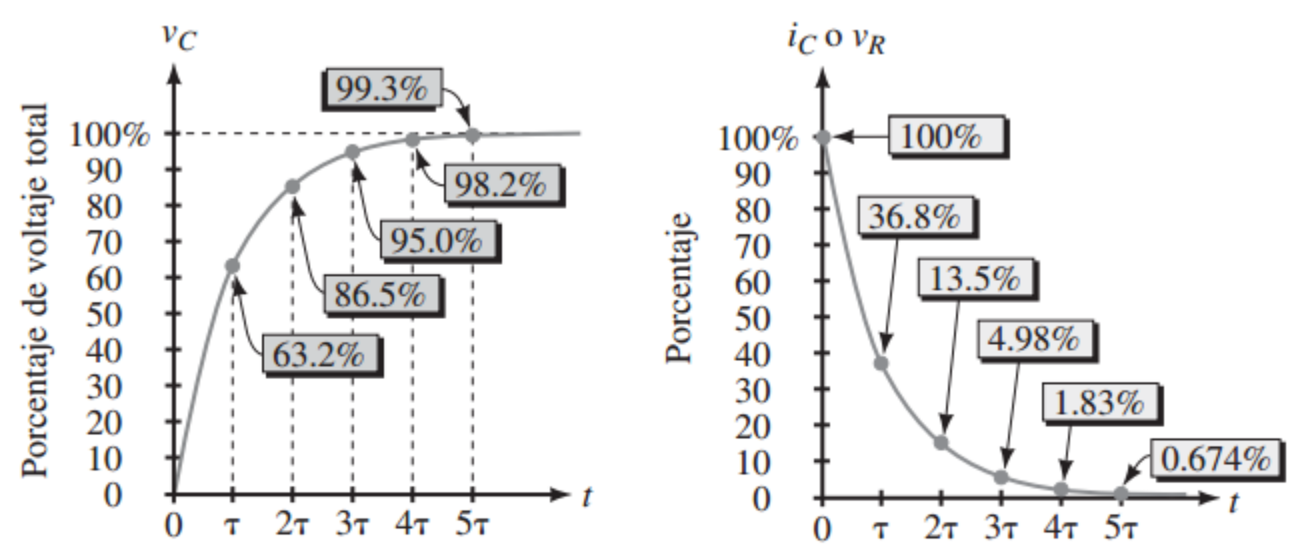


$$i_C = i_R = v_R/R$$

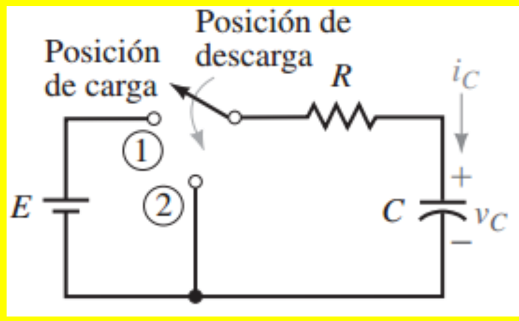
$$\boxed{i_C = \frac{E}{R}e^{-t/RC}}$$

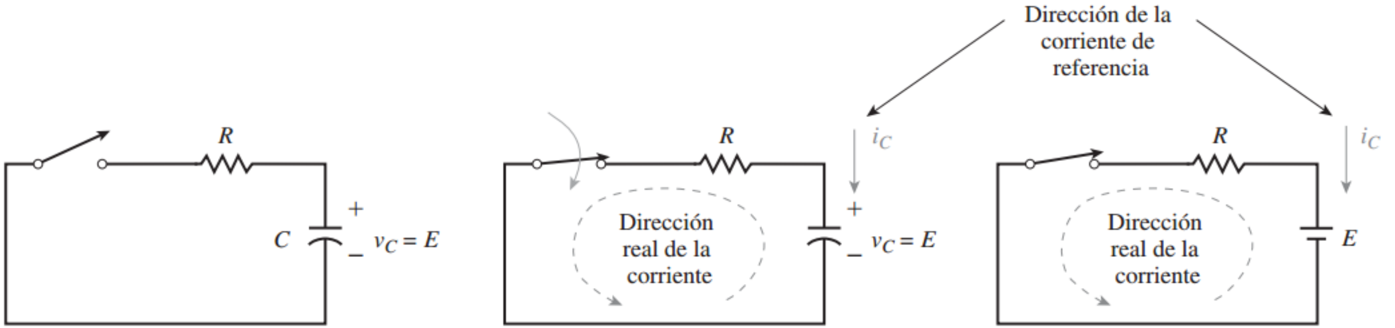


Constante de tiempo !



Carga / Descarga de C

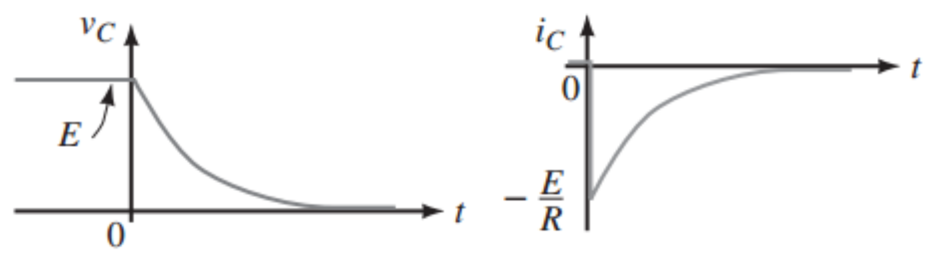




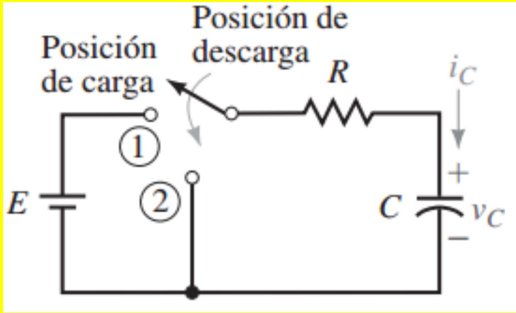
(a) Voltaje $v_C = E$ antes de que el interruptor se cierre

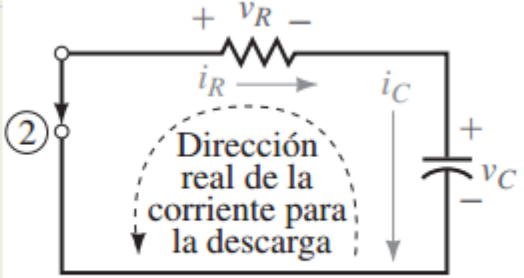
(b) Inmediatamente después que el interruptor se cierra, v_C aún es igual a E

(c) Por tanto, el capacitor parece momentáneamente una fuente de voltaje. Con la ley de Ohm se obtiene $i_C = -E/R$



Carga / Descarga de C





$v_R + v_C = 0$ LVK $\quad v_R = RC\,dv_C/dt$

$$RC\frac{dv_C}{dt} + v_C = 0$$

$$\boxed{v_C = V_0 e^{-t/RC}}$$

donde V_0 es el voltaje en el capacitor en el instante de descarga interruptor

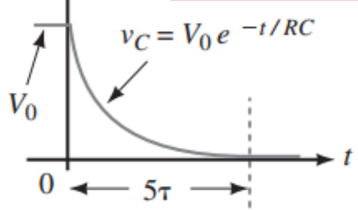
$v_R + v_C = 0,\ v_R = -v_C$

$$\boxed{v_R = -V_0 e^{-t/RC}}$$

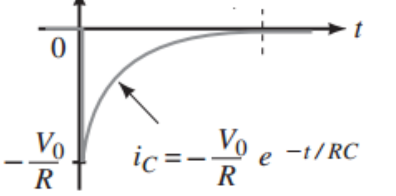
$$i_C = i_R = v_R/R$$

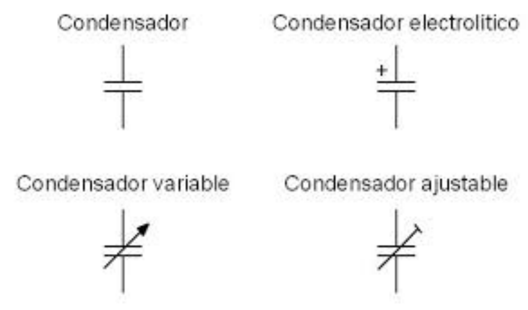
$$\boxed{i_C = -\frac{V_0}{R} e^{-t/RC}}$$

$$\boxed{v_C = E e^{-t/RC}}$$



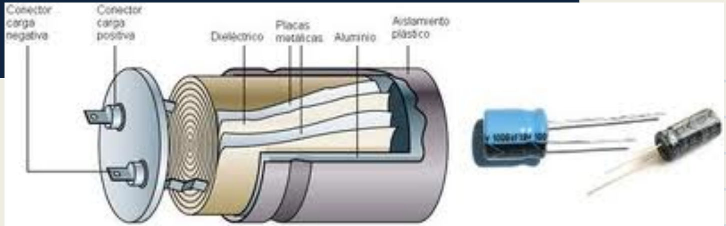
$$\boxed{i_C = -(E/R)e^{-t/RC}}$$

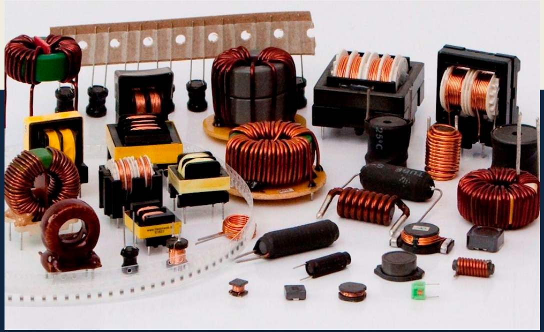




Condensadores

(Capacitores)





Bobinas

(Inductores)

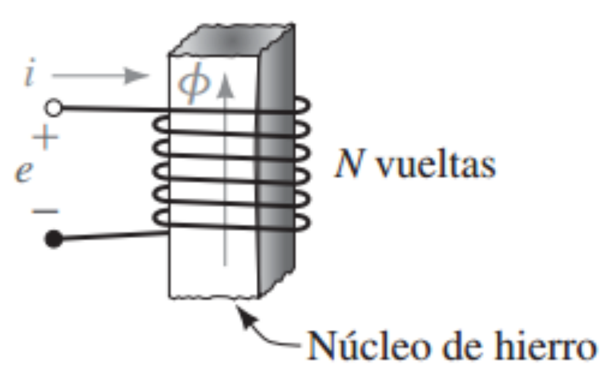
Bobinas

Es un operador o componente eléctrico formado por un conductor enrollado de forma cilíndrica. El enrollamiento está formado por varias capas de hilo de cobre aislado con esmalte.

La misión de una bobina es almacenar energía eléctrica en forma magnética para cederla en un momento determinado.

Bobinas

ley de Faraday	$e = N \times$ la tasa de cambio de ϕ



Bobinas

En notación de cálculo,

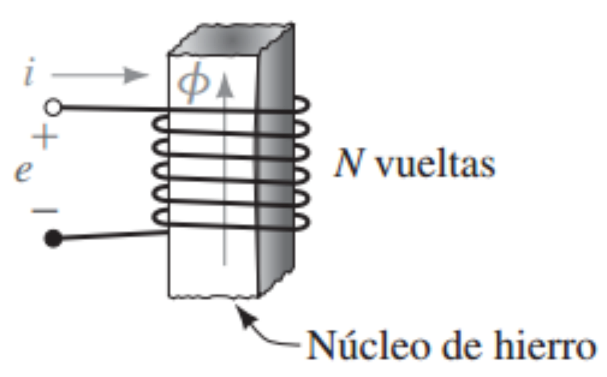
$$e = N\frac{d\phi}{dt} \quad \text{(volts, V)}$$

donde ϕ está en webers, t en segundos y e en volts. Entonces, si el flujo cambia a una tasa de 1 Wb/s en una bobina de 1 vuelta, el voltaje inducido es 1 volt.

Si el flujo a través de una bobina de 200 vueltas cambia a un ritmo constante de 1 Wb a 4 Wb en un segundo, ¿cuál es el voltaje inducido?

Solución El flujo cambia 3 Wb en un segundo. Entonces, su tasa de cambio es 3 Wb/s.

$$\begin{aligned} e &= N \times \text{tasa de cambio del flujo} \\ &= (200 \text{ vueltas})(3 \text{ Wb/s}) = 600 \text{ volts} \end{aligned}$$



Bobinas

La bobina está caracterizada por su inductancia L, la cual depende del número de espiras (N) que forman el enrollamiento, del flujo magnético que la atraviesa (Φ) y de la intensidad de corriente que la recorre (I), según la expresión:

$L = N\Phi / I$

La unidad de inductancia es el Henry [H].

Ahora considere un inductor de núcleo de aire (figura 13-6). Ya que no todas las líneas de flujo pasan a través de todos los devanados, es difícil determinar los enlaces de flujo como antes. Sin embargo, ya que no está presente material ferromagnético, el flujo es directamente proporcional a la corriente. Entonces, en este caso, ya que el voltaje inducido es proporcional a la tasa de cambio del flujo, y como el flujo es proporcional a la corriente, el voltaje inducido será proporcional a la tasa de cambio de la corriente. Si la constante de proporcionalidad es L, entonces,

$$e = L \times \text{tasa de cambio de la corriente} \qquad \textbf{(13-3)}$$

En notación de cálculo, esto se puede escribir como

$$e = L\frac{di}{dt} \quad \text{(volts, V)} \qquad \textbf{(13-4)}$$

L se llama la **autoinductancia** de la bobina y en sistema SI su unidad es el henry.

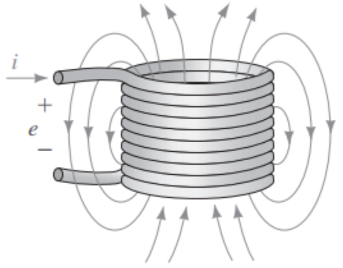


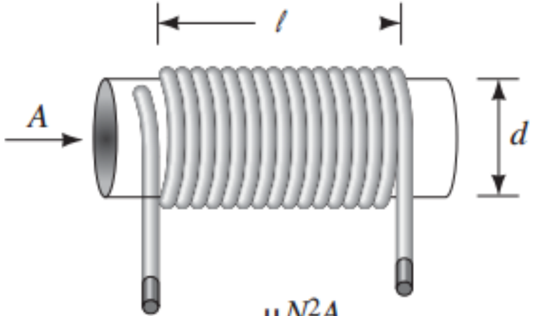
FIGURA 13-6 El flujo de enlace en la bobina es proporcional a la corriente. El enlace de flujo es LI.

Bobinas

Fórmulas de inductancia

La inductancia para algunas formas simples puede determinarse con los principios del capítulo 12. Por ejemplo, puede demostrarse que la inductancia aproximada de la bobina de la figura 13-9 es

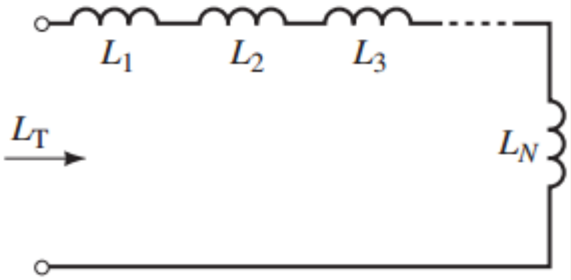
$$L = \frac{\mu N^2 A}{\ell} \quad \text{(H)}$$

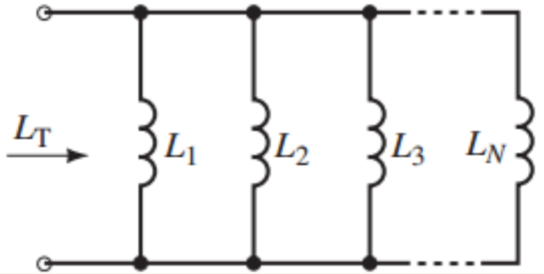


$$L = \frac{\mu N^2 A}{\ell} \; \text{H}$$

Bobinas serie-paralelo

$$L_T = L_1 + L_2 + L_3 + \cdots + L_N$$





$$\frac{1}{L_T} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \cdots + \frac{1}{L_N}$$

Bobinas; aplicaciones

- Relé: es un elemento que se fundamenta en las propiedades del magnetismo para formar imanes no permanentes. Si se introduce un trozo de hierro en el interior de la bobina, cada vez que circule corriente eléctrica por ella se transformará en un imán.

Bobinas; aplicaciones

Cuando circule por la bobina, el hierro atraerá una pieza metálica que forma parte del conjunto. Esta pieza podrá bascular por uno de los extremos, de tal manera que el otro quedará libre y podrá cerrar o abrir un circuito.

Bobinas; aplicaciones

Cuando la corriente deje de circular, un muelle hará que esta pieza metálica vuelva a su estado inicial. De esta forma, según circule o no corriente, se puede abrir o cerrar un circuito eléctrico.

Bobinas; aplicaciones

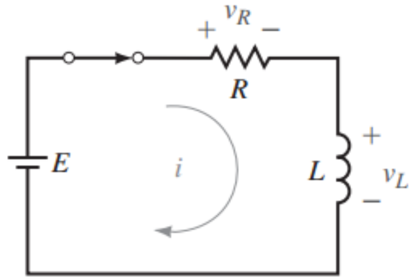
- Transformador: es un componente basado en la disposición de dos bobinas acopladas magnéticamente con un núcleo de material ferromagnético, constituido por placas de ferrita (hierro).

Bobinas; aplicaciones

La bobina por donde entra la corriente recibe el nombre de primario y por donde sale de secundario. Debido a este acoplamiento, la señal de entrada en el transformador sufre variaciones que son recogidas a la salida. Se pueden utilizar transformadores para elevar su amplitud o disminuirla o bien para adaptar entre si otros componentes.

Bobinas; transitorio

Transitorio de corriente creciente



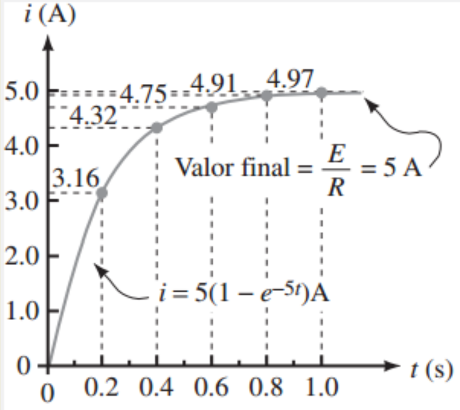
$v_L + v_R = E.$

LVK

$$v_L = L\,di/dt$$
$$v_R = Ri$$

$$L\frac{di}{dt} + Ri = E$$

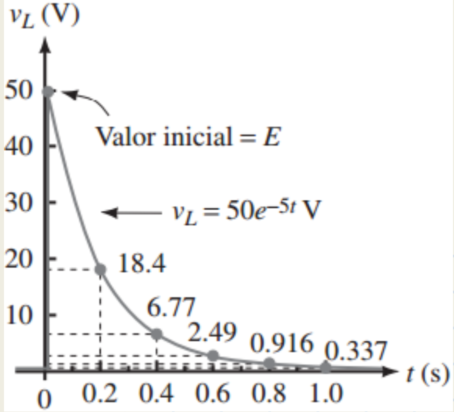
$$i = \frac{E}{R}(1 - e^{-Rt/L}) \quad \text{(A)}$$



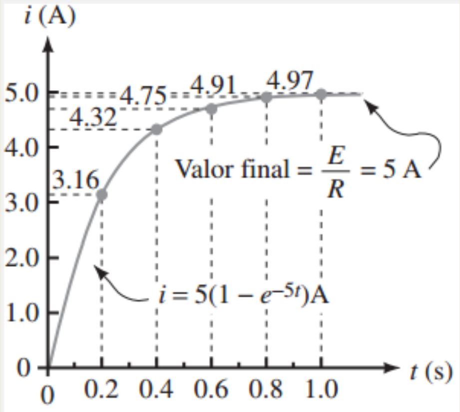
$$v_R = E(1 - e^{-Rt/L}) \quad \text{(V)}$$

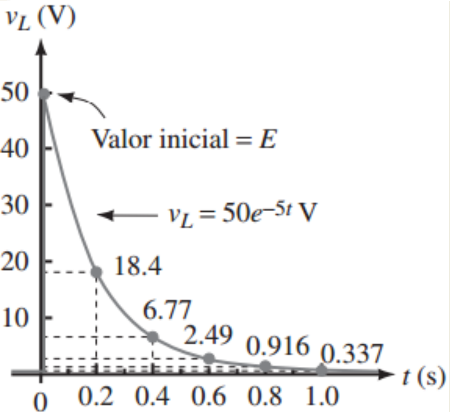
$$v_L = E - v_R = E - E(1 - e^{-Rt/L}) = E - E + Ee^{-Rt/L}$$

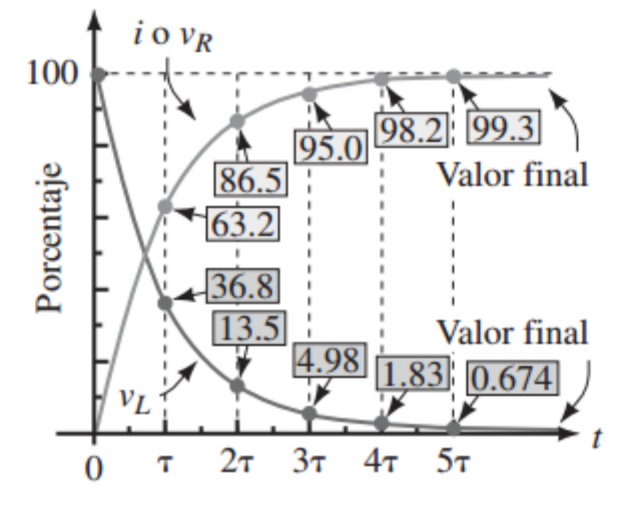
$$v_L = Ee^{-Rt/L}$$



Bobinas; transitorio







OpAmp

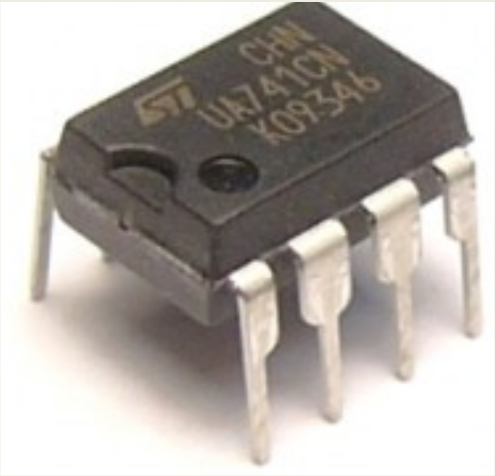
El Amplificador Operacional (OpAmp)

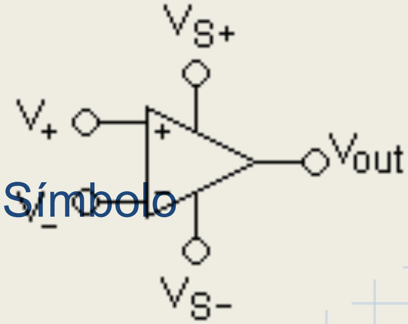
Dispositivo electrónico (IC), empleado originalmente para operaciones matemáticas como: suma, resta, multiplicación, división, integración y derivación (en calculadoras analógicas).

- Surgió a finales de los años 30, principios de los años 40.
- Fairchild μA702 (1964), Bob Widlar.
- Fairchild μA709 (1965), Bob Widlar.
- Fairchild μA741 (1968), (David Fullagar).

Aplicaciones generales en: sistemas electrónicos de control industrial, instrumentación médica, equipos de telecomunicaciones, audio, etc.

Generalidades

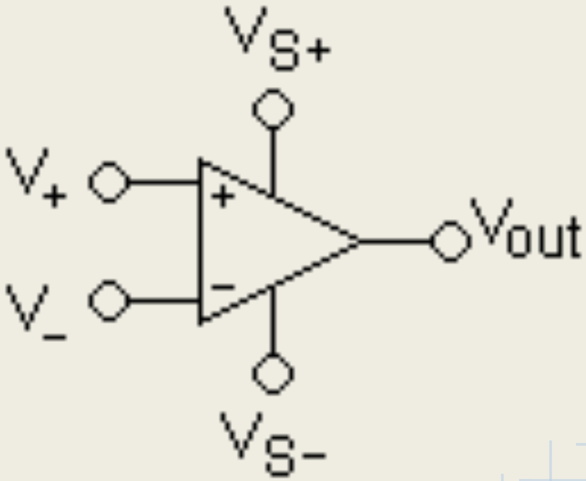




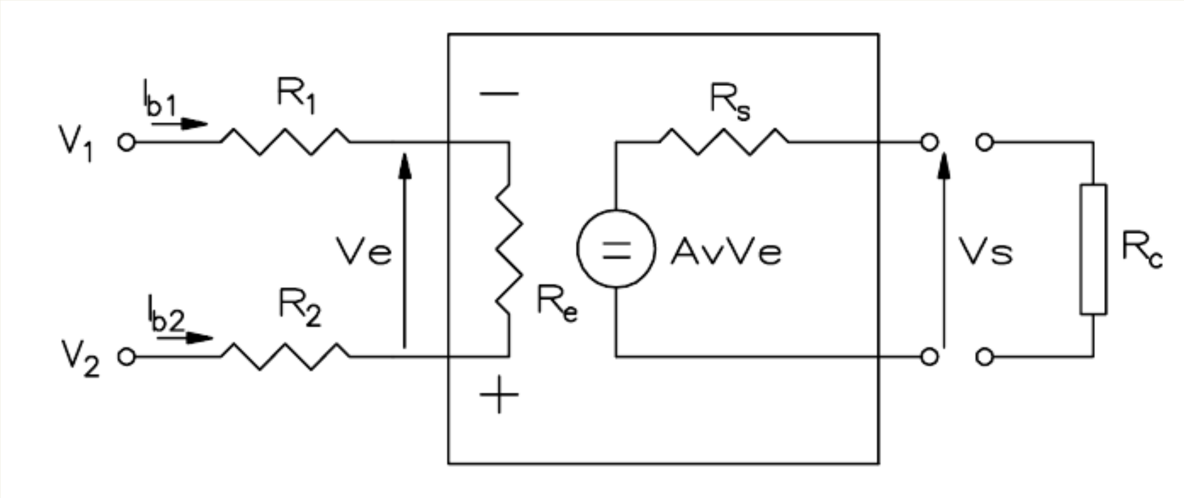
Símbolo

Terminales

- V+: entrada no inversora
- V-: entrada inversora
- VOUT: salida
- VS+: alimentación positiva
- VS-: alimentación negativa



Circuito equivalente



Características

Parámetro	Valor Ideal	Valor real
ganancia en voltaje	Av=V s/Ve≈-∞	100,000
Ancho de banda (BW)	∞	1MHZ (Varía)
Impedancia entrada	Re ≈∞	10 TΩ
Impedancia salida	Rs≈0	100 Ω

Configuraciones básicas

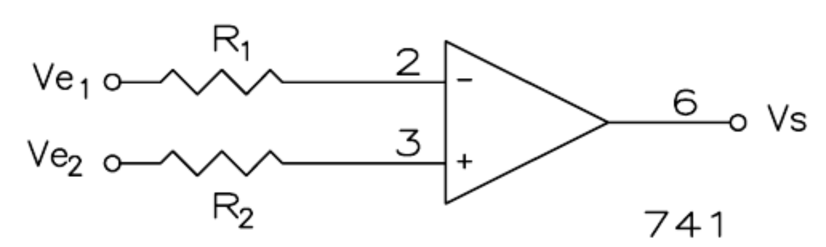
Algunas configuraciones comunes son:

- Circuito comparador
- Seguidor de voltaje
- Amplificador no inversor
- Sumador inversor
- Restador inversor
- Integrador
- Derivador
- Corriente a voltaje

Configuraciones básicas

Comparador

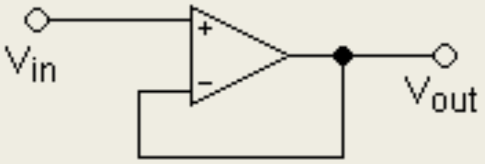
La ganancia está determinada por fabricante. Esta configuración se utiliza para circuitos comparadores.



$$V_{\text{out}} = \begin{cases} V_{S+} & V_1 > V_2 \\ V_{S-} & V_1 < V_2 \end{cases}$$

Configuraciones básicas

Seguidor de voltaje



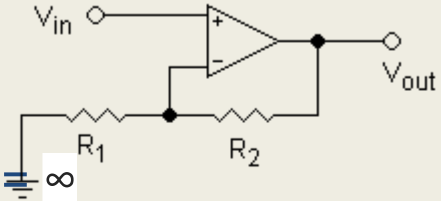
$$V_e = \frac{R_e}{R_g + R_l + R_e} \cdot V_g$$

Utilizado para acoplar impedancias ($V_{out} = V_{in}$ y $Z_{in} = \infty$)

Utilizado para medir voltaje de sensores; Zin(R_e), la resistencia de la línea de cableado (R_l) y la resistencia interna del sensor es (R_g), Voltaje medida por el voltímetro (V_e) y voltaje del el sensor (V_g).

Configuraciones básicas

Amplificador no inversor

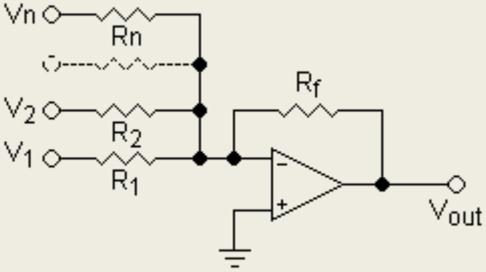


$$V_{out} = V_{in}\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$$

Zin = ∞

Configuraciones básicas

Sumador inversor

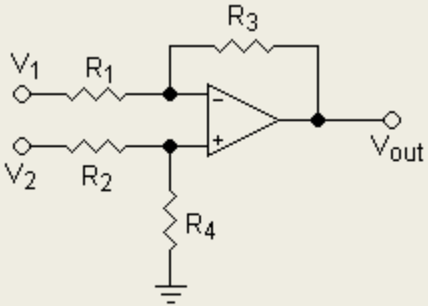


$$V_{out} = -R_f \left(\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \cdots + \frac{V_n}{R_n} \right)$$

- La salida está invertida.
- Utilizar resistencias del mismo valor simplifica la expresión anterior.
- Zin=Rn

Configuraciones básicas

Restador inversor

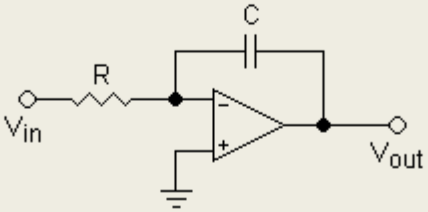


$$V_{\text{out}} = V_2\left(\frac{(R_3+R_1)\,R_4}{(R_4+R_2)\,R_1}\right) - V_1\left(\frac{R_3}{R_1}\right)$$

- La salida está invertida.
- Utilizar resistencias del mismo valor simplifica la expresión anterior.
- Zin baja.

Configuraciones básicas

Integrador ideal

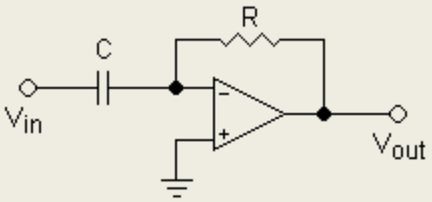


$$V_{\text{out}} = \int_0^t -\frac{V_{\text{in}}}{RC}\, dt + V_{\text{inicial}}$$

- Integra e invierte la señal.
- No se usa de forma discreta ya que una señal de DC en la entrada puede ser acumulada en el condensador hasta saturarlo.

Configuraciones básicas

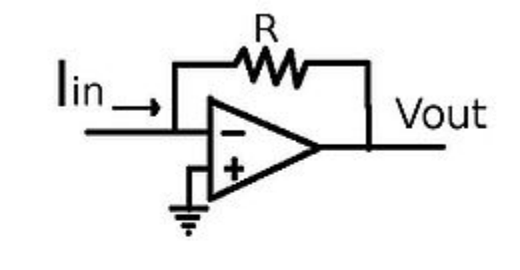
Derivador ideal



$$V_{\text{out}} = -RC\,\frac{dV_{\text{in}}}{dt}$$

- Deriva e invierte la señal
- Este circuito también se utiliza como filtro

Corriente a voltaje (transimpedancia)

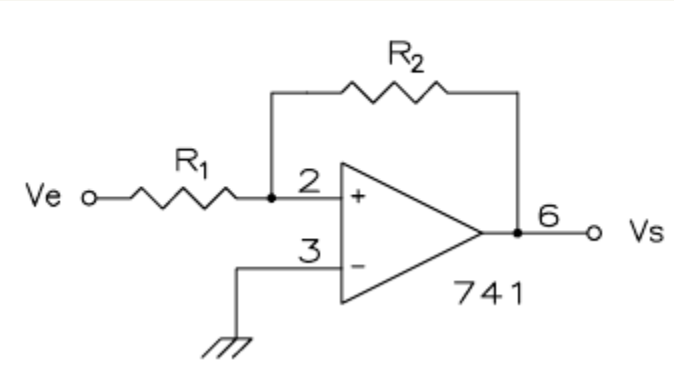


$$V_{\mathrm{out}} = -R \cdot \ I_{\mathrm{in}}$$

Su aplicación es en sensores, los cuales entregan poca corriente.

Configuraciones básicas DC

Retroalimentación positiva



(Aplicación en circuitos osciladores)

Referencias

Otras referencias

http://www.analog.com/library/analogDialogue/archives/39-05/op_amp_applications_handbook.html

Fasores

Circuitos y señales AC

Una señal senoidal, tensión o corriente, (ver Figura 1) se puede expresar matemáticamente como una función del tiempo por medio de la siguiente ecuación:

$$a(t) = A_0 \cdot \sin(\omega t + 3),$$

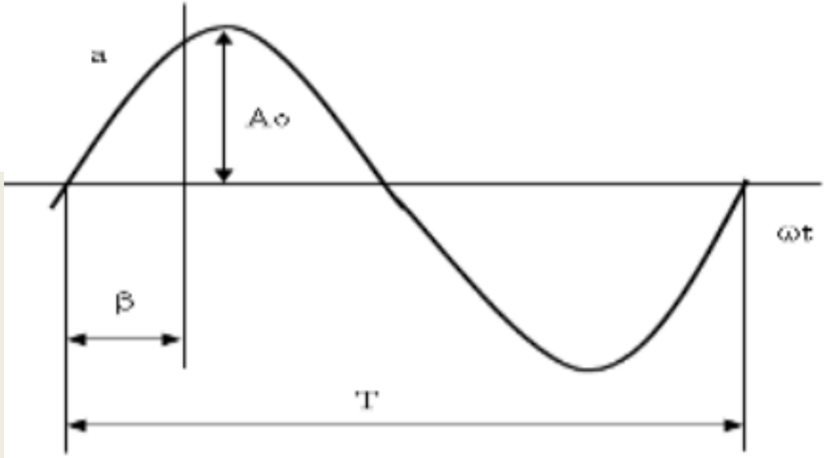
Donde

A_0 es la *amplitud* en voltios o amperios (también llamado *valor máximo o de pico*),

ω la pulsación en radianes/segundo,

t el tiempo en segundos, y

β el ángulo de fase inicial en radianes.



$$\boxed{a(t) = A_0 \cdot \sin(2\pi f t + 3) \quad (f=1/T)}$$

Circuitos y señales AC

Voltajes y corrientes con desplazamiento de fase

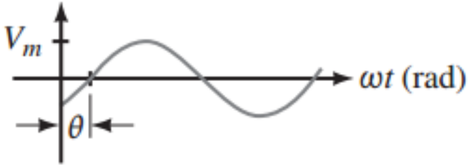
Si una onda seno no pasa a través de cero en $t = 0$ s tiene un **desplazamiento de fase**. Las formas de onda pueden estar desplazadas a la izquierda o a la derecha (véase la figura 15-31). Para una forma de onda desplazada a la izquierda como en (a),

$$v = V_m \operatorname{sen}(\omega t + \theta)$$

mientras que, para una forma de onda desplazada a la derecha como en *b)*,

$$v = V_m \operatorname{sen}(\omega t - \theta)$$

(a) $v = V_m \operatorname{sen}(\omega t + \theta)$



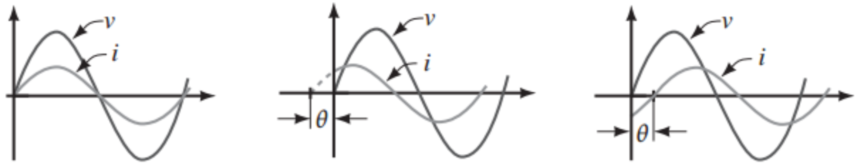
(b) $v = V_m \operatorname{sen}(\omega t - \theta)$

Circuitos y señales AC

Diferencia de fase

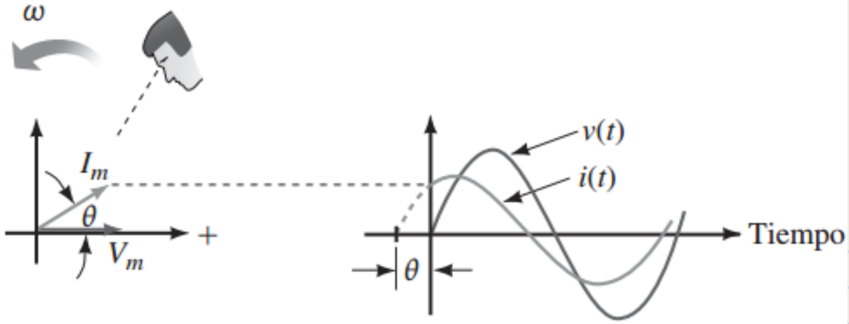
La diferencia de fase se refiere al desplazamiento angular entre diferentes formas de onda de la misma frecuencia. Considere la figura 15-40, si el desplazamiento angular es 0° como en (a), se dice que las formas de onda están **en fase**; de otra forma están **fuera de fase**. Al describir una diferencia de fase se selecciona una forma de onda como referencia. La otra forma de onda está entonces adelantada, atrasada o en fase con respecto a la referencia. Por ejemplo, en (b), por razones que se discutirán en el siguiente párrafo, se dice que la forma de onda de la corriente está adelantada a la forma de onda del voltaje, mientras que en (c) se dice que la corriente está atrasada.

Los términos **adelantada** y **atrasada** se pueden entender en términos de fasores. Si se observan los fasores girando como en la figura 15-41(a), el que se ve que pasa primero está adelantado y el otro está atrasado.



(a) En fase (b) Corriente adelantada (c) Corriente atrasada

FIGURA 15-40 Ilustración de la diferencia de fase. En estos ejemplos, el voltaje se toma como referencia.



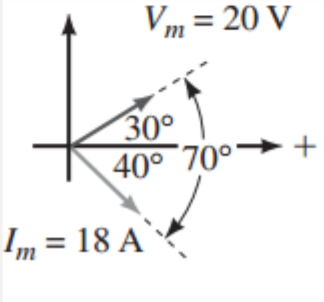
(a) I_m adelanta V_m (b) Por tanto, $i(t)$ adelanta a $v(t)$

FIGURA 15-41 Definición de adelanto y atraso.

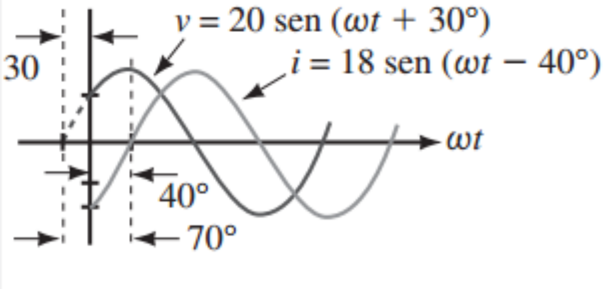
Circuitos y señales AC

Dados $v = 20 \text{ sen}(\omega t + 30°)$ e $i = 18 \text{ sen}(\omega t - 40°)$, dibuje el diagrama fasorial, determine las relaciones de fase y bosqueje las formas de onda.

Solución Los fasores se muestran en la figura 15-43(a). A partir de ellos, se puede ver que v adelanta a i por 70°. Las formas de onda se muestran en (b).



(a)



(b)

Impedancia

Impedancia

La oposición que un elemento de circuito presenta a la corriente en el dominio de los fasores se define como su **impedancia**. Por ejemplo, la impedancia del elemento de la figura 16-38 es la razón entre su fasor de voltaje y su fasor de corriente. La impedancia se denota con la letra **Z** mayúscula en negrita. Entonces,

$$\mathbf{Z} = \frac{\mathbf{V}}{\mathbf{I}} \quad \text{(ohms)} \tag{16-25}$$

A esta ecuación también se le conoce como la ley de Ohm para circuitos de ca.

Debido a que los fasores de voltajes y corrientes son complejos, **Z** también es un complejo. Esto es,

$$\mathbf{Z} = \frac{\mathbf{V}}{\mathbf{I}} = \frac{V}{I}\angle\theta \tag{16-26}$$

donde V e I son las magnitudes rms de **V** y **I** respectivamente, y θ es el ángulo entre ellos. A partir de la ecuación 16-26,

$$\mathbf{Z} = Z\angle\theta \tag{16-27}$$

donde $Z = V/I$. Ya que $V = 0.707V_m$ y $I = 0.707I_m$, Z también se expresa como V_m/I_m. Una vez que se conocen las impedancias de un circuito, la corriente y el voltaje se determinan mediante

$$\mathbf{I} = \frac{\mathbf{V}}{\mathbf{Z}} \tag{16-28}$$

y

$$\mathbf{V} = \mathbf{IZ} \tag{16-29}$$

Ahora se determinará la impedancia para los elementos de circuito básicos R, L y C.

Resistencia

Para una resistencia pura (figura 16-39), el voltaje y la corriente están en fase. Entonces, si el voltaje tiene un ángulo θ, la corriente tendrá el mismo ángulo. Por ejemplo, si $\mathbf{V}_R = V_R\angle\theta$, entonces $\mathbf{I} = I\angle\theta$. Al sustituir en la ecuación 16-25 se obtiene:

$$\mathbf{Z}_R = \frac{\mathbf{V}_R}{\mathbf{I}} = \frac{V_R\angle\theta}{I\angle\theta} = \frac{V_R}{I}\angle 0° = 0°\ R\angle 0° = R$$

Por tanto, la impedancia de un resistor es precisamente su resistencia. Esto es,

$$\mathbf{Z}_R = R$$

Esto concuerda con lo que ya se sabe acerca de los circuitos resistivos, es decir, que la razón entre el voltaje y la corriente es R, y que el ángulo entre ellos es 0°.

Impedancia

Inductancia

Para una inductancia pura, la corriente se atrasa al voltaje por 90°. Si se supone un ángulo de 0° para el voltaje, (se puede tomar cualquier referencia que se desee, ya que sólo interesa el ángulo entre $\mathbf{V}_L$ e $\mathbf{I}$), se puede escribir $\mathbf{V}_L = V_L\angle 0°$ e $\mathbf{I} = I\angle -90°$. La impedancia de una inductancia pura es por tanto (figura 16-40),

$$\mathbf{Z}_L = \frac{\mathbf{V}_L}{\mathbf{I}} = \frac{V_L\angle 0°}{I\angle -90°} = \frac{V_L}{I}\angle 90° = \omega L\angle 90° = j\omega L$$

donde se ha considerado que $V_L/I_L = \omega L$. Por lo cual,

$$\mathbf{Z}_L = j\omega L = jX_L$$

ya que ωL es igual a X_L.

Impedancia

La oposición que un elemento de circuito presenta a la corriente en el dominio de los fasores se define como su **impedancia**. Por ejemplo, la impedancia del elemento de la figura 16-38 es la razón entre su fasor de voltaje y su fasor de corriente. La impedancia se denota con la letra **Z** mayúscula en negrita. Entonces,

$$\mathbf{Z} = \frac{\mathbf{V}}{\mathbf{I}} \quad \text{(ohms)} \qquad \textbf{(16-25)}$$

A esta ecuación también se le conoce como la ley de Ohm para circuitos de ca.

Debido a que los fasores de voltajes y corrientes son complejos, **Z** también es un complejo. Esto es,

$$\mathbf{Z} = \frac{\mathbf{V}}{\mathbf{I}} = \frac{V}{I}\angle\theta \qquad \textbf{(16-26)}$$

donde V e I son las magnitudes rms de **V** y **I** respectivamente, y θ es el ángulo entre ellos. A partir de la ecuación 16-26,

$$\mathbf{Z} = Z\angle\theta \qquad \textbf{(16-27)}$$

donde $Z = V/I$. Ya que $V = 0.707V_m$ y $I = 0.707I_m$, Z también se expresa como V_m/I_m. Una vez que se conocen las impedancias de un circuito, la corriente y el voltaje se determinan mediante

$$\mathbf{I} = \frac{\mathbf{V}}{\mathbf{Z}} \qquad \textbf{(16-28)}$$

y

$$\mathbf{V} = \mathbf{IZ} \qquad \textbf{(16-29)}$$

Ahora se determinará la impedancia para los elementos de circuito básicos R, L y C.

Impedancia

Capacitancia

Para una capacitancia pura, la corriente se adelanta al voltaje por 90°. Su impedancia (figura 16-42), es por tanto,

$$\mathbf{Z}_C = \frac{\mathbf{V}_C}{\mathbf{I}} = \frac{V_C\angle 0^\circ}{I\angle 90^\circ} = \frac{V_C}{I}\angle -90^\circ = \frac{1}{\omega C}\angle -90^\circ = -j\frac{1}{\omega C} \quad \text{(ohms)}$$

Entonces,

$$\mathbf{Z}_C = -j\frac{1}{\omega C} = -jX_C \quad \text{(ohms)}$$

ya que $1/\omega C$ es igual a X_C.

Impedancia

La oposición que un elemento de circuito presenta a la corriente en el dominio de los fasores se define como su **impedancia**. Por ejemplo, la impedancia del elemento de la figura 16-38 es la razón entre su fasor de voltaje y su fasor de corriente. La impedancia se denota con la letra **Z** mayúscula en negrita. Entonces,

$$\mathbf{Z} = \frac{\mathbf{V}}{\mathbf{I}} \quad \text{(ohms)} \qquad \textbf{(16-25)}$$

A esta ecuación también se le conoce como la ley de Ohm para circuitos de ca.

Debido a que los fasores de voltajes y corrientes son complejos, **Z** también es un complejo. Esto es,

$$\mathbf{Z} = \frac{\mathbf{V}}{\mathbf{I}} = \frac{V}{I}\angle\theta \qquad \textbf{(16-26)}$$

donde V e I son las magnitudes rms de **V** y **I** respectivamente, y θ es el ángulo entre ellos. A partir de la ecuación 16-26,

$$\mathbf{Z} = Z\angle\theta \qquad \textbf{(16-27)}$$

donde $Z = V/I$. Ya que $V = 0.707V_m$ y $I = 0.707I_m$, Z también se expresa como V_m/I_m. Una vez que se conocen las impedancias de un circuito, la corriente y el voltaje se determinan mediante

$$\mathbf{I} = \frac{\mathbf{V}}{\mathbf{Z}} \qquad \textbf{(16-28)}$$

y

$$\mathbf{V} = \mathbf{IZ} \qquad \textbf{(16-29)}$$

Ahora se determinará la impedancia para los elementos de circuito básicos R, L y C.

Representación con Ec. Dif.

Representación con Ec.Dif.

VER OTRO DOCUMENTO