Taller de Electróncia para Síntesis Musical

Teoría de circuitos

Estudio de Música Electroacústica
Escuela Universitaria de Música
Universidad de la República, Uruguay

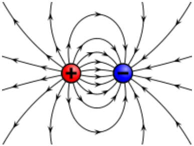
Martín Tarragona, Juan Martín López, Martín Rocamora

Contenido

Cargas y fuerzas eléctricas

Carga eléctrica

- propiedad física inherente a la materia

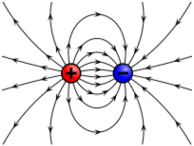


Benjamín Franklin (1706-1790)

Cargas y fuerzas eléctricas

Carga eléctrica

- propiedad física inherente a la materia
- protones y electrones tienen carga $(+, -)$

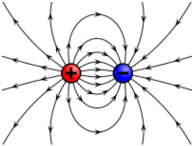


Benjamín Franklin (1706-1790)

Cargas y fuerzas eléctricas

Carga eléctrica

- propiedad física inherente a la materia
- protones y electrones tienen carga $(+, -)$
- se manifiesta a través de fuerzas eléctricas de atracción y repulsión



Benjamín Franklin (1706-1790)

Cargas y fuerzas eléctricas

Carga eléctrica

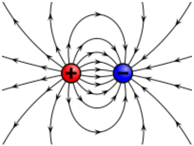
- propiedad física inherente a la materia
- protones y electrones tienen carga ($+$, $-$)
- se manifiesta a través de fuerzas eléctricas de atracción y repulsión

Ley de Coulomb

Fuerza proporcional a la magnitud de la carga e inversamente proporcional a la distancia:

$$|F| = k\frac{q_1\, q_2}{r^2}$$

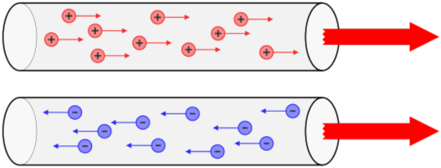
Coulomb (C) unidad de medida de carga eléctrica (resulta ser la carga de $6,24x10^{18}$ electrones)



Benjamín Franklin (1706-1790)

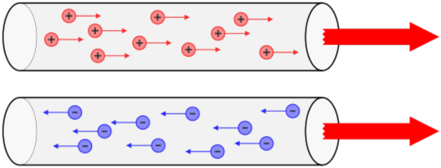
Corriente eléctrica

En los materiales llamados conductores el movimiento de cargas (usualmente electrones) da lugar a la corriente eléctrica



Corriente eléctrica

En los materiales llamados conductores el movimiento de cargas (usualmente electrones) da lugar a la corriente eléctrica



Definición

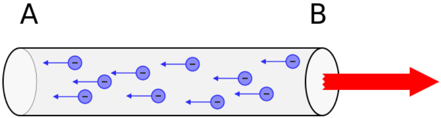
Formalmente se define como la velocidad a la que se transporta la carga

$$i(t) = \frac{dQ}{dt}(t)$$

- i corriente eléctrica, Q carga eléctrica
- se mide en *Ampére* (A) (1A = 1C por segundo)

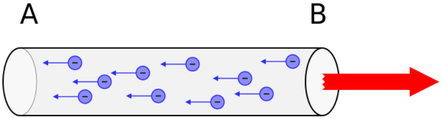
Tensión eléctrica

Consideramos un elemento dado en el que se ha establecido una corriente eléctrica entre dos puntos A y B



Tensión eléctrica

Consideramos un elemento dado en el que se ha establecido una corriente eléctrica entre dos puntos A y B



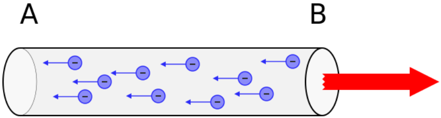
Definición

Se define como el trabajo necesario para mover las cargas desde A a B

- también se denomina voltaje ó diferencia de potencial entre A y B
- se mide en *Volts* (V) (1V energía para mover 1C de A a B)

Tensión eléctrica

Consideramos un elemento dado en el que se ha establecido una corriente eléctrica entre dos puntos A y B



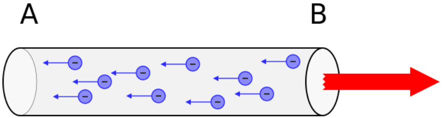
Definición

Se define como el trabajo necesario para mover las cargas desde A a B

- también se denomina voltaje ó diferencia de potencial entre A y B
- se mide en *Volts* (V) (1V energía para mover 1C de A a B)
- decimos que la tensión está medida entre A y B o tiene polaridad A-B

Tensión eléctrica

Consideramos un elemento dado en el que se ha establecido una corriente eléctrica entre dos puntos A y B

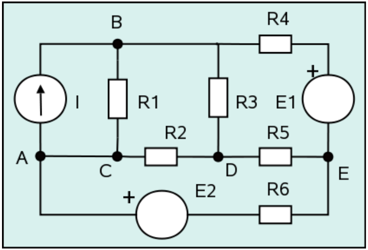


Definición

Se define como el trabajo necesario para mover las cargas desde A a B

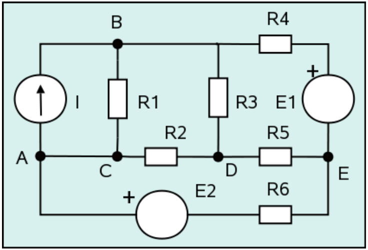
- también se denomina voltaje ó diferencia de potencial entre A y B
- se mide en *Volts* (V) (1V energía para mover 1C de A a B)
- decimos que la tensión está medida entre A y B o tiene polaridad A-B
- relacionada con el campo eléctrico asociado a la presencia de cargas

Circuito eléctrico



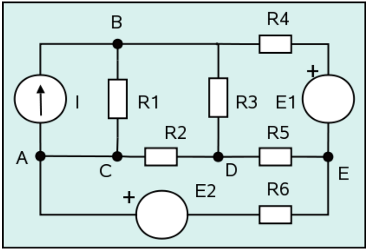
- un circuito eléctrico consiste en un conjunto de elementos (componentes eléctricas) conectados entre sí

Circuito eléctrico



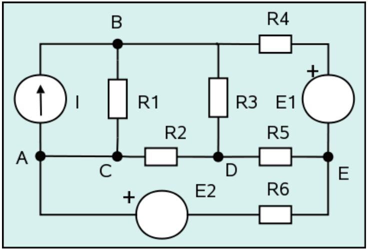
- un circuito eléctrico consiste en un conjunto de elementos (componentes eléctricas) conectados entre sí
- cada uno de los elementos lo caracterizaremos por su tensión en bornes y la corriente que lo atraviesa

Circuito eléctrico



- un circuito eléctrico consiste en un conjunto de elementos (componentes eléctricas) conectados entre sí
- cada uno de los elementos lo caracterizaremos por su tensión en bornes y la corriente que lo atraviesa
- un camino cerrado en un circuito eléctrico se denomina malla

Circuito eléctrico

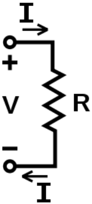


- un circuito eléctrico consiste en un conjunto de elementos (componentes eléctricas) conectados entre sí
- cada uno de los elementos lo caracterizaremos por su tensión en bornes y la corriente que lo atraviesa
- un camino cerrado en un circuito eléctrico se denomina malla
- un punto donde concurren dos o más corrientes se denomina nudo

Ley de Ohm

- en ciertos materiales, la densidad de corriente es proporcional al campo eléctrico establecido en el material

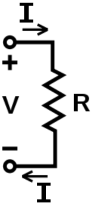
Georg Simon Ohm (1789-1854)



Ley de Ohm

- en ciertos materiales, la densidad de corriente es proporcional al campo eléctrico establecido en el material
- a dicha constante de proporcionalidad se la denomina conductividad y a su inverso resistividad $(V/A\,m = \Omega\,m)$

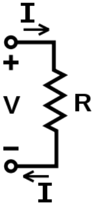
Georg Simon Ohm (1789-1854)



Ley de Ohm

- en ciertos materiales, la densidad de corriente es proporcional al campo eléctrico establecido en el material
- a dicha constante de proporcionalidad se la denomina conductividad y a su inverso resistividad $(V/A\,m = \Omega\,m)$
- los conductores tienen baja resistividad y los aislantes tienen alta resisitividad

Georg Simon Ohm (1789-1854)



Ley de Ohm

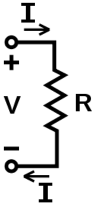
- en ciertos materiales, la densidad de corriente es proporcional al campo eléctrico establecido en el material
- a dicha constante de proporcionalidad se la denomina conductividad y a su inverso resistividad $(V/A\,m = \Omega\,m)$
- los conductores tienen baja resistividad y los aislantes tienen alta resisitividad

Georg Simon Ohm (1789-1854)

Ley de Ohm

la intensidad de la corriente que circula entre dos puntos de un conductor es proporcional a la tensión eléctrica entre dichos puntos

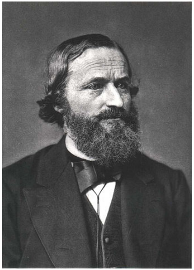
$$I = \frac{V}{R} \qquad V = RI \qquad R = \frac{V}{I}$$



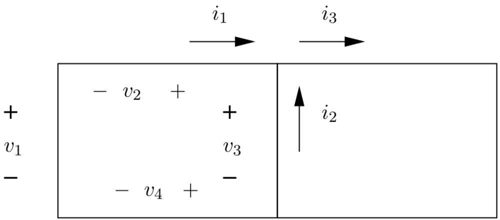
Leyes de Kirchoff

- Ley de corrientes: la suma total de las corrientes que *llegan* a un nudo es nula

$$i_1 + i_2 - i_3 = 0$$



Gustav Robert Kirchoff (1824-1887)



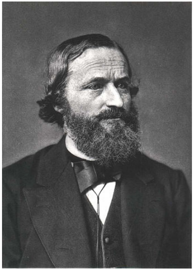
Leyes de Kirchoff

- Ley de corrientes: la suma total de las corrientes que *llegan* a un nudo es nula

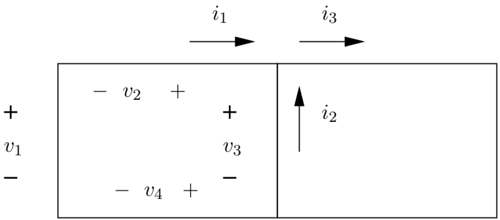
$$i_1 + i_2 - i_3 = 0$$

- Ley de tensiones: la suma de las *caídas* de tensión a lo largo de una malla es nula

$$-v_1 - v_2 + v_3 + v_4 = 0$$



Gustav Robert Kirchoff (1824-1887)



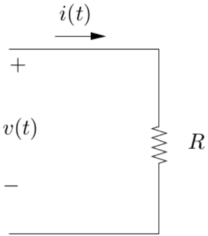
Componentes eléctricas

Resistencia

su tensión en bornes es proporcional a la corriente que la atraviesa, verificando la ley de Ohm

$$v(t) = R\, i(t)$$

- se mide en ohmios, Ω

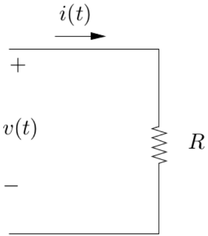


Componentes eléctricas

Resistencia

su tensión en bornes es proporcional a la corriente que la atraviesa, verificando la ley de Ohm

$$v(t) = R\, i(t)$$



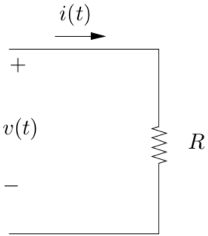
- se mide en ohmios, Ω
- resistencia nula: cable ideal

Componentes eléctricas

Resistencia

su tensión en bornes es proporcional a la corriente que la atraviesa, verificando la ley de Ohm

$$v(t) = R\, i(t)$$

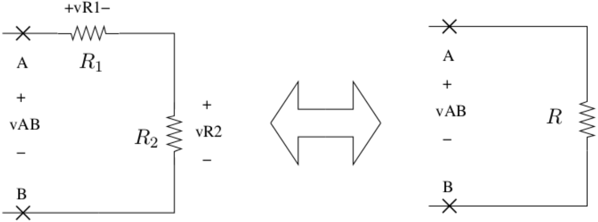


- se mide en ohmios, Ω
- resistencia nula: cable ideal
- resistencia infinita: circuito abierto

Componentes eléctricas

Resistencia equivalente serie: resistencia R que desde el punto de vista de la corriente y la tensión entre los puntos A y B se comporte como las resistencias R_1 y R_2 en serie

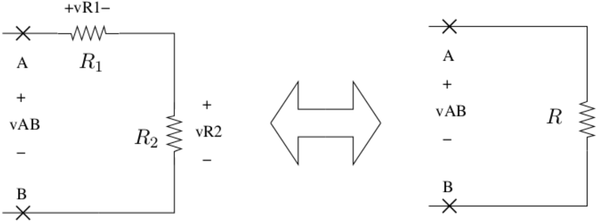
- la corriente por ambas resistencias es la misma: $i = \frac{v_{R_1}}{R_1} = \frac{v_{R_2}}{R_2}$



Componentes eléctricas

Resistencia equivalente serie: resistencia R que desde el punto de vista de la corriente y la tensión entre los puntos A y B se comporte como las resistencias R_1 y R_2 en serie

- la corriente por ambas resistencias es la misma: $i = \frac{v_{R_1}}{R_1} = \frac{v_{R_2}}{R_2}$
- v_{AB} es la suma de las tensiones en cada resistencia: $v_{AB} = v_{R_1} + v_{R_2}$

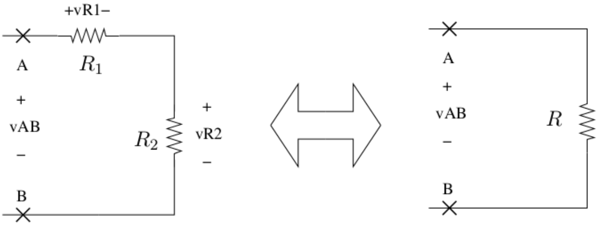


Componentes eléctricas

Resistencia equivalente serie: resistencia R que desde el punto de vista de la corriente y la tensión entre los puntos A y B se comporte como las resistencias R_1 y R_2 en serie

- la corriente por ambas resistencias es la misma: $i = \frac{v_{R_1}}{R_1} = \frac{v_{R_2}}{R_2}$
- v_{AB} es la suma de las tensiones en cada resistencia: $v_{AB} = v_{R_1} + v_{R_2}$

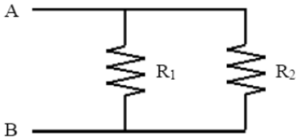
$$R = \frac{v_{AB}}{i} = \frac{v_{R_1} + v_{R_2}}{i} = \frac{v_{R_1}}{i} + \frac{v_{R_2}}{i} = R_1 + R_2$$

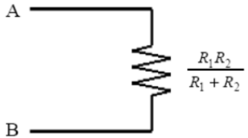


Componentes eléctricas

Resistencia equivalente paralelo: resistencia R que desde el punto de vista de la corriente y la tensión entre los puntos A y B se comporte como las resistencias R_1 y R_2 en paralelo

- la tensión en ambas resistencias es la misma: $v_{AB} = R_1\, i_1 = R_2\, i_2$

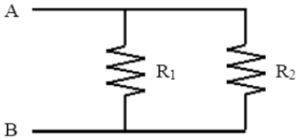


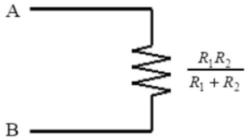


Componentes eléctricas

Resistencia equivalente paralelo: resistencia R que desde el punto de vista de la corriente y la tensión entre los puntos A y B se comporte como las resistencias R_1 y R_2 en paralelo

- la tensión en ambas resistencias es la misma: $v_{AB} = R_1\, i_1 = R_2\, i_2$
- corriente total es suma de las corrientes en cada resistencia: $i = i_1 + i_2$



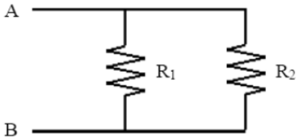


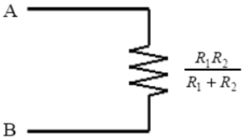
Componentes eléctricas

Resistencia equivalente paralelo: resistencia R que desde el punto de vista de la corriente y la tensión entre los puntos A y B se comporte como las resistencias R_1 y R_2 en paralelo

- la tensión en ambas resistencias es la misma: $v_{AB} = R_1\, i_1 = R_2\, i_2$
- corriente total es suma de las corrientes en cada resistencia: $i = i_1 + i_2$

$$R = \frac{v_{AB}}{i} = \frac{v_{AB}}{i_1 + i_2} = \frac{v_{AB}}{\frac{v_{AB}}{R_1} + \frac{v_{AB}}{R_2}} = \frac{R_1\, R_2}{R_1 + R_2}$$

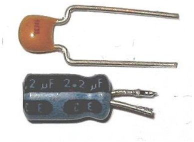


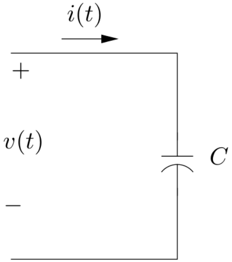


Componentes eléctricas

Condensador

- un par de conductores que a diferente tensión almacenan cargas iguales y opuestas





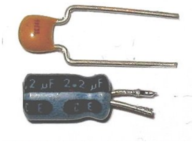
Componentes eléctricas

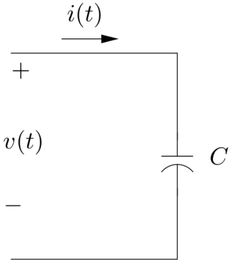
Condensador

- un par de conductores que a diferente tensión almacenan cargas iguales y opuestas
- la relación entre la carga del condensador y la diferencia de tensión es

$$Q = C\,V$$

donde C es una constante positiva que llamamos capacidad y se mide en faradios (1F = 1C/V)





Componentes eléctricas

Condensador

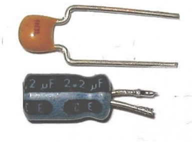
- un par de conductores que a diferente tensión almacenan cargas iguales y opuestas
- la relación entre la carga del condensador y la diferencia de tensión es

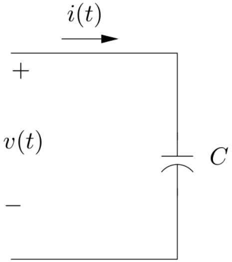
$$Q = C\,V$$

donde C es una constante positiva que llamamos capacidad y se mide en faradios ($1\text{F} = 1\text{C}/\text{V}$)

- la relación entre la tensión y la corriente es

$$i(t) = C\frac{dv}{dt}(t)$$

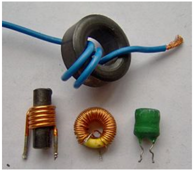


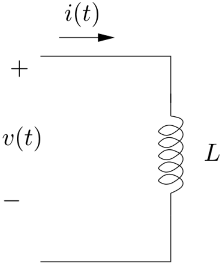


Componentes eléctricas

Bobina

- un conductor bobinado en espiras (que puede estar en torno a un núcleo magnético)





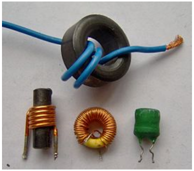
Componentes eléctricas

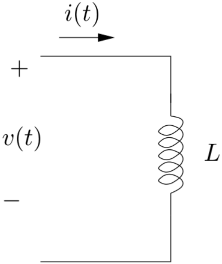
Bobina

- un conductor bobinado en espiras (que puede estar en torno a un núcleo magnético)
- si circula una corriente $i(t)$ se observa una tensión en bornes

$$v(t) = L\,\frac{di}{dt}(t)$$

donde L es una constante positiva que llamamos inductancia y se mide en Henrios ($1\text{Hy} = 1\text{V}\,\text{s}\ /\text{A}$)





Componentes eléctricas

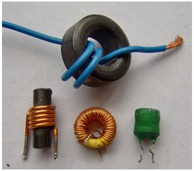
Bobina

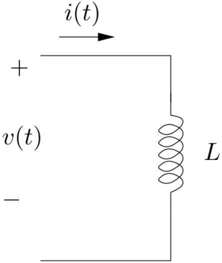
- un conductor bobinado en espiras (que puede estar en torno a un núcleo magnético)
- si circula una corriente $i(t)$ se observa una tensión en bornes

$$v(t) = L\frac{di}{dt}(t)$$

donde L es una constante positiva que llamamos inductancia y se mide en Henrios ($1\text{Hy} = 1\text{V s}/\text{A}$)

- si la tensión es nula quiere decir que la corriente es constante

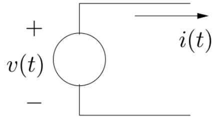




Componentes eléctricas

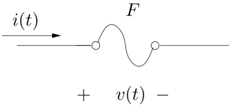
Fuente independiente de tensión

dispositivo capaz de establecer y mantener una tensión entre sus bornes que *no depende* de la corriente que lo atraviesa



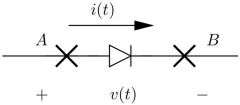
Fusible

se comporta como un cable ideal mientras la corriente que lo atraviesa no supere cierto valor, luego de lo cual funciona como un circuito abierto

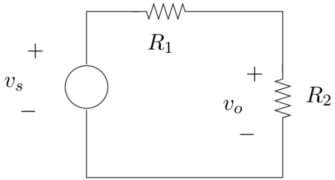


Diodo

un dispositivo semiconductor que deja pasar corriente en un solo sentido, por lo que se lo denomina *llave* selectiva o llave electrónica

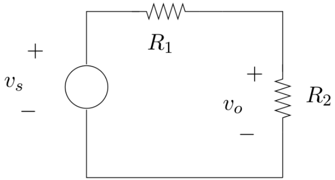


Análisis de circuitos



Divisor de tensión: hallar v_o en función de v_s, R_1 y R_2

Análisis de circuitos

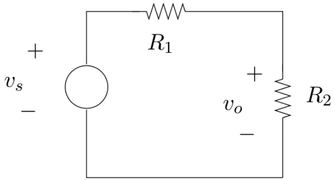


Divisor de tensión: hallar v_o en función de v_s, R_1 y R_2

$v_o = R_2\, i$ (ley de Ohm)

$i = \frac{v_s}{R_1+R_2}$ (serie de resistencias y ley de Ohm)

Análisis de circuitos



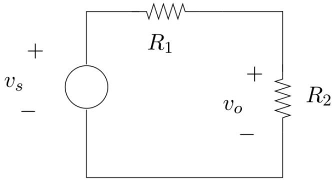
Divisor de tensión: hallar v_o en función de v_s, R_1 y R_2

$v_o = R_2\, i$ (ley de Ohm)

$i = \frac{v_s}{R_1+R_2}$ (serie de resistencias y ley de Ohm)

$v_o = \frac{R_2}{R_1+R_2}\, v_s$

Análisis de circuitos



Divisor de tensión: hallar v_o en función de v_s, R_1 y R_2

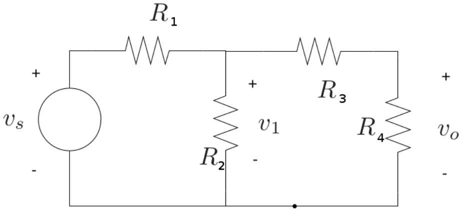
$v_o = R_2\, i$ (ley de Ohm)

$i = \frac{v_s}{R_1+R_2}$ (serie de resistencias y ley de Ohm)

$$v_o = \frac{R_2}{R_1+R_2}\, v_s$$

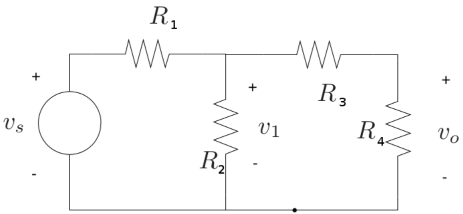
Ejercicio: aplicar ley de Kirchoff de tensiones

Análisis de circuitos



Aplicación de divisor: hallar v_o en función de v_s, R_1, R_2, R_3 y R_4

Análisis de circuitos

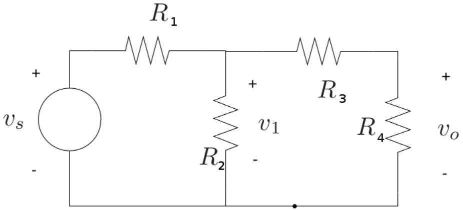


Aplicación de divisor: hallar v_o en función de v_s, R_1, R_2, R_3 y R_4

$$v_1 = v_s \, \frac{R_2 \,||\, (R_3+R_4)}{R_1+R_2 \,||\, (R_3+R_4)} \qquad \text{(serie y paralelo de resistencias, divisor de tensión)}$$

$$v_o = v_1 \, \frac{R_4}{R_3+R_3} \qquad \text{(divisor de tensión)}$$

Análisis de circuitos



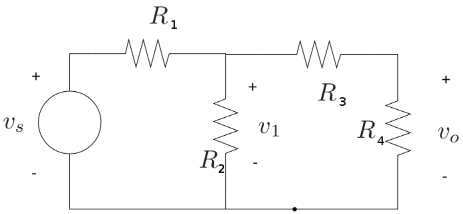
Aplicación de divisor: hallar v_o en función de v_s, R_1, R_2, R_3 y R_4

$$v_1 = v_s \frac{R_2 \,||\, (R_3+R_4)}{R_1+R_2 \,||\, (R_3+R_4)} \qquad \text{(serie y paralelo de resistencias, divisor de tensión)}$$

$$v_o = v_1 \frac{R_4}{R_3+R_3} \qquad \text{(divisor de tensión)}$$

$$v_o = v_s \frac{R_2 \,||\, (R_3+R_4)}{R_1+R_2 \,||\, (R_3+R_4)} \frac{R_4}{R_3+R_3}$$

Análisis de circuitos



Aplicación de divisor: hallar v_o en función de v_s, R_1, R_2, R_3 y R_4

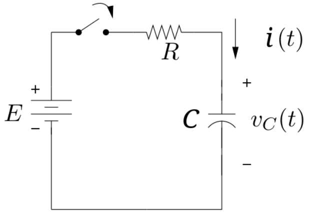
$$v_1 = v_s \, \frac{R_2 \,||\, (R_3+R_4)}{R_1+R_2 \,||\, (R_3+R_4)} \qquad \text{(serie y paralelo de resistencias, divisor de tensión)}$$

$$v_o = v_1 \, \frac{R_4}{R_3+R_3} \qquad \text{(divisor de tensión)}$$

$$v_o = v_s \, \frac{R_2 \,||\, (R_3+R_4)}{R_1+R_2 \,||\, (R_3+R_4)} \, \frac{R_4}{R_3+R_3}$$

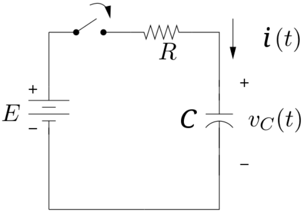
Ejercicio: aplicar leyes de Kirchoff de tensiones y corrientes

Análisis de circuitos



Carga de un condensador: hallar v_c en función de E, R, C y $v_c(0) = V_0$

Análisis de circuitos

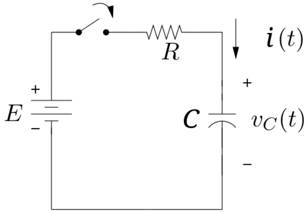


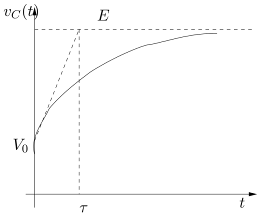
Carga de un condensador: hallar v_c en función de E, R, C y $v_c(0) = V_0$

$E = R\,i(t) + v_c(t)$ (ley de Kirchoff de tensiones y ley de Ohm)

$E = R\,C\,\frac{d\,v_c}{dt}(t) + v_c(t)$ (ley del condensador)

Análisis de circuitos





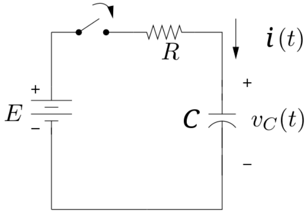
Carga de un condensador: hallar v_c en función de E, R, C y $v_c(0) = V_0$

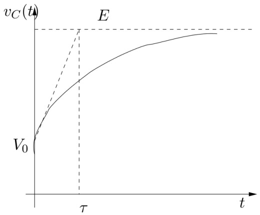
$E = R\,i(t) + v_c(t)$ (ley de Kirchoff de tensiones y ley de Ohm)

$E = R\,C\,\frac{d\,v_c}{dt}(t) + v_c(t)$ (ley del condensador)

$$v_c(t) = V_0 + [E - V_0]\,(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$$

Análisis de circuitos





Carga de un condensador: hallar v_c en función de E, R, C y $v_c(0) = V_0$

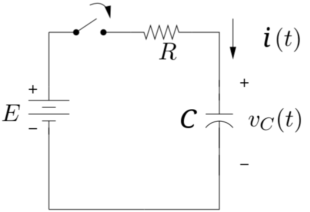
$E = R\,i(t) + v_c(t)$ (ley de Kirchoff de tensiones y ley de Ohm)

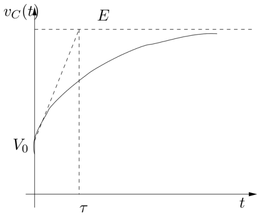
$E = R\,C\,\frac{d\,v_c}{dt}(t) + v_c(t)$ (ley del condensador)

$$v_c(t) = V_0 + [E - V_0]\,(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$$

- el voltaje crece exponencialmente hacia un valor límite E

Análisis de circuitos





Carga de un condensador: hallar v_c en función de E, R, C y $v_c(0) = V_0$

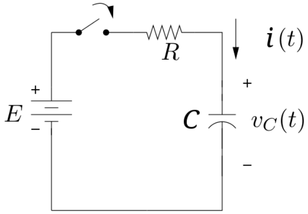
$E = R\,i(t) + v_c(t)$ (ley de Kirchoff de tensiones y ley de Ohm)

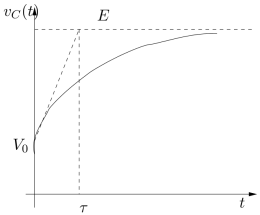
$E = R\,C\,\frac{d\,v_c}{dt}(t) + v_c(t)$ (ley del condensador)

$$v_c(t) = V_0 + [E - V_0]\,(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$$

- el voltaje crece exponencialmente hacia un valor límite E
- el parámetro $\tau = RC$ (constante de tiempo) determina cuán rápida es la carga

Análisis de circuitos





Carga de un condensador: hallar v_c en función de E, R, C y $v_c(0) = V_0$

$E = R\, i(t) + v_c(t)$ (ley de Kirchoff de tensiones y ley de Ohm)

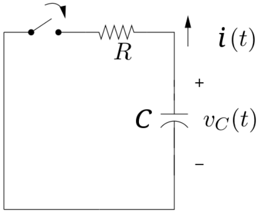
$E = R\, C\, \frac{d\, v_c}{dt}(t) + v_c(t)$ (ley del condensador)

$$v_c(t) = V_0 + [E - V_0]\,(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$$

- el voltaje crece exponencialmente hacia un valor límite E
- el parámetro $\tau = RC$ (constante de tiempo) determina cuán rápida es la carga

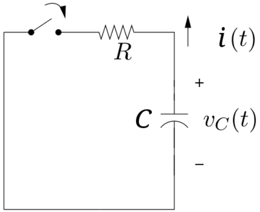
Ejercicio: encontrar la ecuación de la corriente y graficarla

Análisis de circuitos



Descarga de un condensador: hallar v_c en función de R, C y $v_c(0) = V_0$

Análisis de circuitos

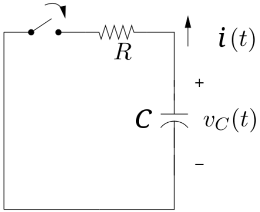


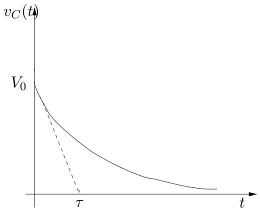
Descarga de un condensador: hallar v_c en función de R, C y $v_c(0) = V_0$

$0 = R\, i(t) - v_c(t)$ (ley de Kirchoff de tensiones y ley de Ohm)

$0 = R\, C\, \frac{d\, v_c}{dt}(t) - v_c(t)$ (ley del condensador)

Análisis de circuitos





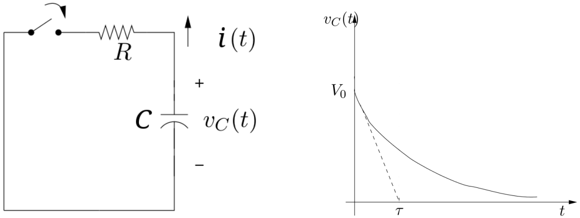
Descarga de un condensador: hallar v_c en función de R, C y $v_c(0) = V_0$

$0 = R\, i(t) - v_c(t)$ (ley de Kirchoff de tensiones y ley de Ohm)

$0 = R\, C\, \frac{d\, v_c}{dt}(t) - v_c(t)$ (ley del condensador)

$v_c(t) = V_0\, e^{-\frac{t}{RC}}$

Análisis de circuitos



Descarga de un condensador: hallar v_c en función de R, C y $v_c(0) = V_0$

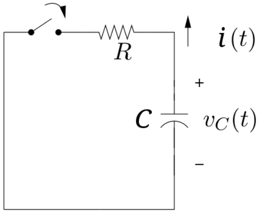
$0 = R\,i(t) - v_c(t)$ (ley de Kirchoff de tensiones y ley de Ohm)

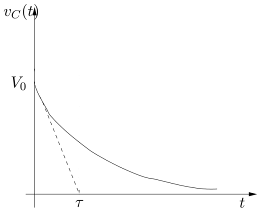
$0 = R\,C\,\frac{d\,v_c}{dt}(t) - v_c(t)$ (ley del condensador)

$$v_c(t) = V_0\, e^{-\frac{t}{RC}}$$

- el voltaje decrece exponencialmente hasta cero (descarga completa)

Análisis de circuitos





Descarga de un condensador: hallar v_c en función de R, C y $v_c(0) = V_0$

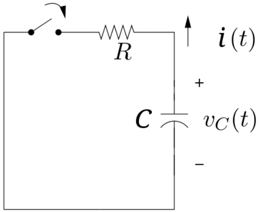
$0 = R\, i(t) - v_c(t)$ (ley de Kirchoff de tensiones y ley de Ohm)

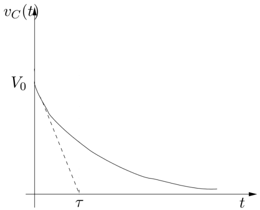
$0 = R\, C\, \frac{d\, v_c}{dt}(t) - v_c(t)$ (ley del condensador)

$v_c(t) = V_0\, e^{-\frac{t}{RC}}$

- el voltaje decrece exponencialmente hasta cero (descarga completa)
- nuevamente el parámetro $\tau = RC$ determina la velocidad de descarga

Análisis de circuitos





Descarga de un condensador: hallar v_c en función de R, C y $v_c(0) = V_0$

$0 = R\, i(t) - v_c(t)$ (ley de Kirchoff de tensiones y ley de Ohm)

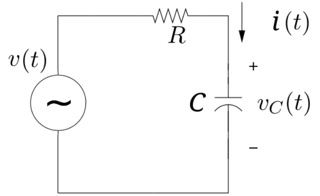
$0 = R\, C\, \frac{d\, v_c}{dt}(t) - v_c(t)$ (ley del condensador)

$v_c(t) = V_0\, e^{-\frac{t}{RC}}$

- el voltaje decrece exponencialmente hasta cero (descarga completa)
- nuevamente el parámetro $\tau = RC$ determina la velocidad de descarga

Ejercicio: encontrar la ecuación de la corriente y graficarla

Análisis de circuitos

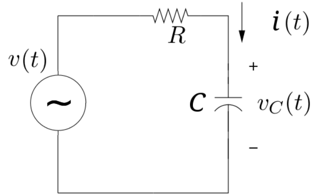


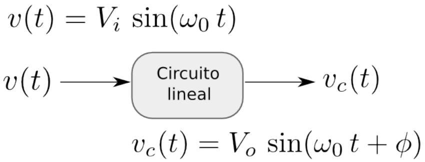
Circuito RC bajo régimen sinusoidal: $v(t) = V_i \sin(\omega_0\, t)$

$$v(t) = R\, i(t) + v_c(t) \qquad \text{(ley de Kirchoff de tensiones y ley de Ohm)}$$

$$v(t) = R\, C\, \frac{d\, v_c}{dt}(t) + v_c(t) \qquad \text{(ley del condensador)}$$

Análisis de circuitos





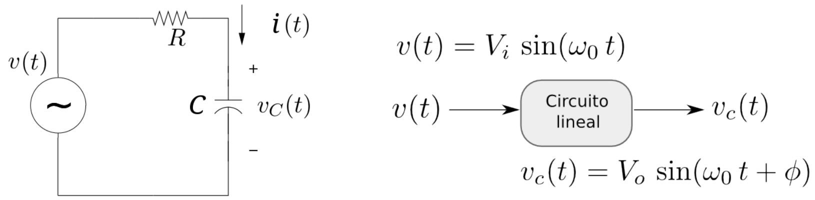
Circuito RC bajo régimen sinusoidal: $v(t) = V_i \sin(\omega_0 t)$

$v(t) = R\, i(t) + v_c(t)$ (ley de Kirchoff de tensiones y ley de Ohm)

$v(t) = R\, C\, \frac{d\, v_c}{dt}(t) + v_c(t)$ (ley del condensador)

La respuesta de un sistema lineal es una sinusoide de igual frecuencia y que puede tener diferente amplitud y fase, $v_c(t) = V_o \sin(\omega_0 t + \phi)$

Análisis de circuitos



Circuito RC bajo régimen sinusoidal: $v(t) = V_i\, \sin(\omega_0\, t)$

$$v(t) = R\, i(t) + v_c(t) \qquad \text{(ley de Kirchoff de tensiones y ley de Ohm)}$$

$$v(t) = R\, C\, \frac{d\, v_c}{dt}(t) + v_c(t) \qquad \text{(ley del condensador)}$$

La respuesta de un sistema lineal es una sinusoide de igual frecuencia y que puede tener diferente amplitud y fase, $v_c(t) = V_o\, \sin(\omega_0\, t + \phi)$

Hay que determinar V_o y ϕ en función de V_i, R y C

Análisis de circuitos

$$v(t) = V_i \sin(\omega_0 t)$$

$$v_c(t) = V_o \sin(\omega_0 t + \phi)$$

Circuito RC bajo régimen sinusoidal:

$$v(t) = R\,C\,\frac{d\,v_c}{dt}(t) + v_c(t)$$

Análisis de circuitos

$$v(t) = V_i \, \sin(\omega_0 \, t)$$

$$v(t) \longrightarrow \boxed{\text{Circuito lineal}} \longrightarrow v_c(t)$$

$$v_c(t) = V_o \, \sin(\omega_0 \, t + \phi)$$

Circuito RC bajo régimen sinusoidal:

$$v(t) = R\,C\,\frac{d\,v_c}{dt}(t) + v_c(t) \qquad\qquad \frac{d}{dt}\sin(\omega_0\,t) = \omega_0\,\cos(\omega_0\,t)$$

Análisis de circuitos

$$v(t) = V_i \sin(\omega_0 t)$$

$$v(t) \longrightarrow \boxed{\text{Circuito lineal}} \longrightarrow v_c(t)$$

$$v_c(t) = V_o \sin(\omega_0 t + \phi)$$

$$v(t) = V_i \sin(\omega_0 t + \varphi) \qquad \varphi = -\phi$$

$$v(t) \longrightarrow \boxed{\text{Circuito lineal}} \longrightarrow v_c(t)$$

$$v_c(t) = V_o \sin(\omega_0 t)$$

Circuito RC bajo régimen sinusoidal: $v(t) = V_i \sin(\omega_0 t + \varphi)$, con $\varphi = -\phi$

$$v(t) = R\,C\,\frac{d\,v_c}{dt}(t) + v_c(t) \qquad \frac{d}{dt}\sin(\omega_0 t) = \omega_0 \cos(\omega_0 t)$$

Análisis de circuitos

$$v(t) = V_i \, \sin(\omega_0 \, t)$$

$$v(t) \longrightarrow \boxed{\text{Circuito lineal}} \longrightarrow v_c(t)$$

$$v_c(t) = V_o \, \sin(\omega_0 \, t + \phi)$$

$$v(t) = V_i \, \sin(\omega_0 \, t + \varphi) \qquad \varphi = -\phi$$

$$v(t) \longrightarrow \boxed{\text{Circuito lineal}} \longrightarrow v_c(t)$$

$$v_c(t) = V_o \, \sin(\omega_0 \, t)$$

Circuito RC bajo régimen sinusoidal: $v(t) = V_i \, \sin(\omega_0 \, t + \varphi)$, con $\varphi = -\phi$

$$v(t) = R \, C \, \frac{d \, v_c}{dt}(t) + v_c(t) \qquad \qquad \frac{d}{dt} \sin(\omega_0 \, t) = \omega_0 \, \cos(\omega_0 \, t)$$

$$V_i \, \sin(\omega_0 \, t + \varphi) = R \, C \, V_o \, \omega_0 \, \cos(\omega_0 \, t) + V_o \, \sin(\omega_0 \, t)$$

Análisis de circuitos

$$v(t) = V_i\ \sin(\omega_0\, t)$$

$$v_c(t) = V_o\ \sin(\omega_0\, t + \phi)$$

$$v(t) = V_i\ \sin(\omega_0\, t + \varphi) \qquad \varphi = -\phi$$

$$v_c(t) = V_o\ \sin(\omega_0\, t)$$

Circuito RC bajo régimen sinusoidal: $v(t) = V_i\ \sin(\omega_0\, t + \varphi)$, con $\varphi = -\phi$

$$v(t) = R\, C\, \frac{d\, v_c}{dt}(t) + v_c(t) \qquad\qquad \frac{d}{dt}\sin(\omega_0\, t) = \omega_0\ \cos(\omega_0\, t)$$

$$V_i\ \sin(\omega_0\, t + \varphi) = R\, C\, V_o\, \omega_0\ \cos(\omega_0\, t) + V_o\ \sin(\omega_0\, t)$$

$A\ \sin(\omega_0\, t + \varphi) =\ a\ \cos(\omega_0\, t) +\ b\ \sin(\omega_0\, t)$, con $A^2 = a^2 + b^2$ y $\varphi = \arctan(\frac{a}{b})$

Análisis de circuitos

$$v(t) = V_i \, \sin(\omega_0 \, t)$$

$$v_c(t) = V_o \, \sin(\omega_0 \, t + \phi)$$

$$v(t) = V_i \, \sin(\omega_0 \, t + \varphi) \qquad \varphi = -\phi$$

$$v_c(t) = V_o \, \sin(\omega_0 \, t)$$

Circuito RC bajo régimen sinusoidal: $v(t) = V_i \, \sin(\omega_0 \, t + \varphi)$, con $\varphi = -\phi$

$$v(t) = R \, C \, \frac{d \, v_c}{dt}(t) + v_c(t) \qquad \frac{d}{dt} \sin(\omega_0 \, t) = \omega_0 \, \cos(\omega_0 \, t)$$

$$V_i \, \sin(\omega_0 \, t + \varphi) = R \, C \, V_o \, \omega_0 \, \cos(\omega_0 \, t) + V_o \, \sin(\omega_0 \, t)$$

$A \, \sin(\omega_0 \, t + \varphi) = \, a \, \cos(\omega_0 \, t) + \, b \, \sin(\omega_0 \, t)$, con $A^2 = a^2 + b^2$ y $\varphi = \arctan(\frac{a}{b})$

$$V_o = \frac{V_i}{\sqrt{(RC \, \omega_0)^2 + 1}} \qquad \varphi = \arctan(RC \, \omega_0)$$

Análisis de circuitos

$$v(t) = V_i \, \sin(\omega_0 \, t)$$

$$v_c(t) = V_o \, \sin(\omega_0 \, t + \phi)$$

Circuito RC bajo régimen sinusoidal: $v_c(t) = V_o \sin(\omega_0 \, t + \phi)$

$$V_o = \frac{V_i}{\sqrt{(RC\,\omega_0)^2+1}} \qquad \varphi = \arctan(RC\,\omega_0)$$

- $\omega_0 = 0 \qquad \rightarrow \qquad V_o = V_i$

Análisis de circuitos

$$v(t) = V_i \, \sin(\omega_0 \, t)$$

$$v(t) \longrightarrow \boxed{\text{Circuito lineal}} \longrightarrow v_c(t)$$

$$v_c(t) = V_o \, \sin(\omega_0 \, t + \phi)$$

Circuito RC bajo régimen sinusoidal: $v_c(t) = V_o \, \sin(\omega_0 \, t + \phi)$

$$V_o = \frac{V_i}{\sqrt{(RC\,\omega_0)^2 + 1}} \qquad \varphi = \arctan(RC\,\omega_0)$$

- $\omega_0 = 0 \quad \rightarrow \quad V_o = V_i$
- $\omega_0 = \frac{1}{RC} \quad \rightarrow \quad V_o = \frac{V_i}{\sqrt{2}}$

Análisis de circuitos

$$v(t) = V_i \, \sin(\omega_0 \, t)$$

$$v_c(t) = V_o \, \sin(\omega_0 \, t + \phi)$$

Circuito RC bajo régimen sinusoidal: $v_c(t) = V_o \, \sin(\omega_0 \, t + \phi)$

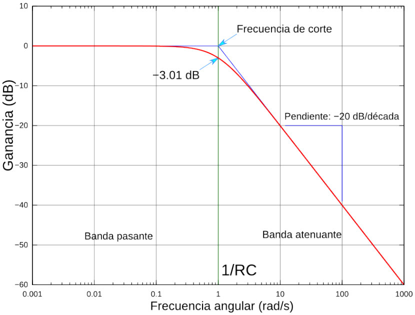
$$V_o = \frac{V_i}{\sqrt{(RC\,\omega_0)^2 + 1}} \qquad \varphi = \arctan(RC\,\omega_0)$$

- $\omega_0 = 0 \quad \rightarrow \quad V_o = V_i$
- $\omega_0 = \frac{1}{RC} \quad \rightarrow \quad V_o = \frac{V_i}{\sqrt{2}}$
- $\omega_0 >> \frac{1}{RC} \quad \rightarrow \quad V_o \rightarrow 0$

Análisis de circuitos

$$v(t) = V_i \sin(\omega_0\, t)$$

$$v_c(t) = V_o \sin(\omega_0\, t + \phi)$$



Circuito RC bajo régimen sinusoidal: $v_c(t) = V_o \sin(\omega_0\, t + \phi)$

$$V_o = \frac{V_i}{\sqrt{(RC\,\omega_0)^2 + 1}} \qquad \varphi = \arctan(RC\,\omega_0)$$

- $\omega_0 = 0 \quad \rightarrow \quad V_o = V_i$
- $\omega_0 = \frac{1}{RC} \quad \rightarrow \quad V_o = \frac{V_i}{\sqrt{2}}$
- $\omega_0 >> \frac{1}{RC} \quad \rightarrow \quad V_o \rightarrow 0$

La respuesta en frecuencia tiene características de pasabajos con frecuencia de corte $\omega_0 = \frac{1}{RC}$ y decaimiento de 20dB por década