

Corriente continua : Condensadores y circuitos RC

Marcos Flores Carrasco
Departamento de Física

mflorescarra@ing.uchile.cl

Tópicos

- introducción
- Condensadores
- Energía electroestática
- Capacidad
- Asociación de condensadores
- Circuitos RC



Introduccion



Si movemos una carga q en una region de potencial el trabajo realizado será:

$$W = qV$$

Este trabajo se almacena en forma de energia potencial electroestática.

La energía potencial electroestatica es el trabajo necesario para crear una distribución de carga.

Al situar una carga en un conductor aislado, el potencial del conductor crece

$$\text{Capacidad} = \text{carga} / \text{potencial}$$

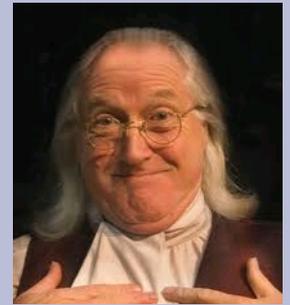
Condensadores



Baterías y memorias, por su cualidad de almacenar energía.
Mantener corriente en el circuito y evitar caídas de tensión.
Adaptación de impedancias, haciéndolas resonar a una frecuencia dada con otros componentes.
Amplificadores de radio y frecuencias
Flash de las cámaras fotográficas.
Pulsos de potencia.
Tubos fluorescentes.
Filtros y rectificadores.



Energía electrostática



El trabajo necesario para transportar una cantidad adicional de carga dq desde el infinito hasta un conductor esférico inicialmente a un voltaje V es

$$dU = Vdq$$

Y la energía total de la configuración de carga será

$$U = \frac{1}{2}QV$$

Aunque la relación anterior fue obtenida para un conductor esférico es igualmente válida para cualquier geometría

Capacidad

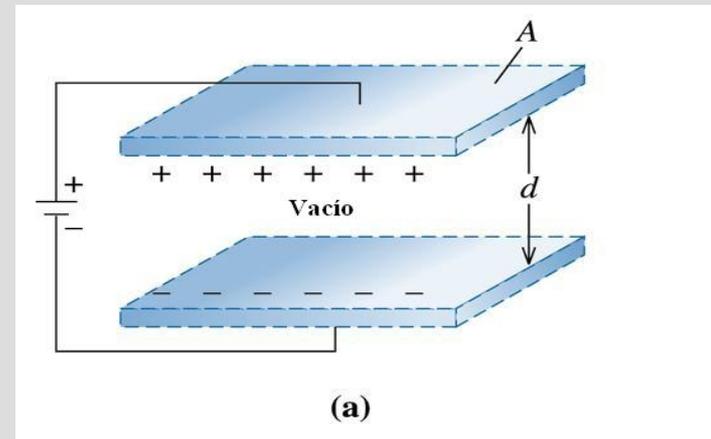
El potencial de un único conductor aislado, que contiene una carga Q es proporcional a esta carga y depende del tamaño y la forma del conductor

Para un conductor esférico:

$$C = 4\pi \varepsilon_0 R$$

Para un conductor de placas paralelas:

$$C = \varepsilon_0 \frac{A}{d}$$



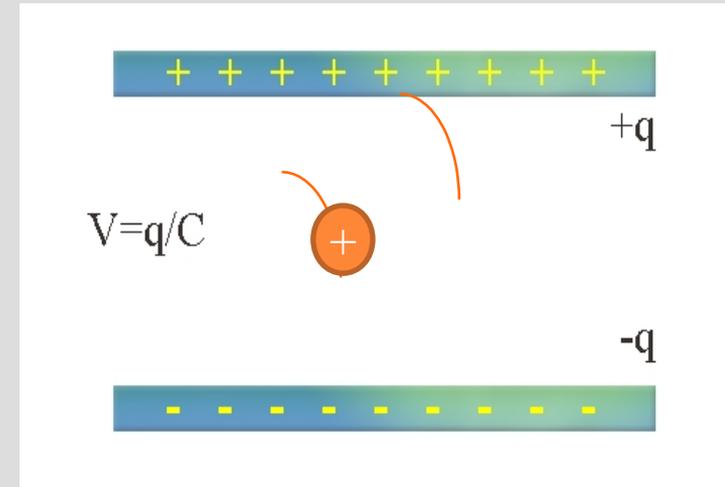
Almacenamiento de energía eléctrica

Sea q la carga transferida al condensador al cabo de un tiempo. Entonces la diferencia de potencial será $V=q/C$. Así al transferir una cantidad dq de carga desde el conductor negativo al conductor positivo, la energía del condensador aumentará en

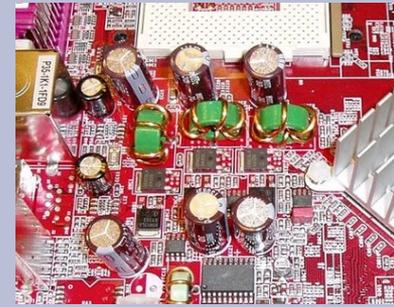
$$dU = Vdq = \frac{q}{C} dq$$

Por tanto la energía total del sistema:

$$U = \frac{Q^2}{2C} = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} QV$$



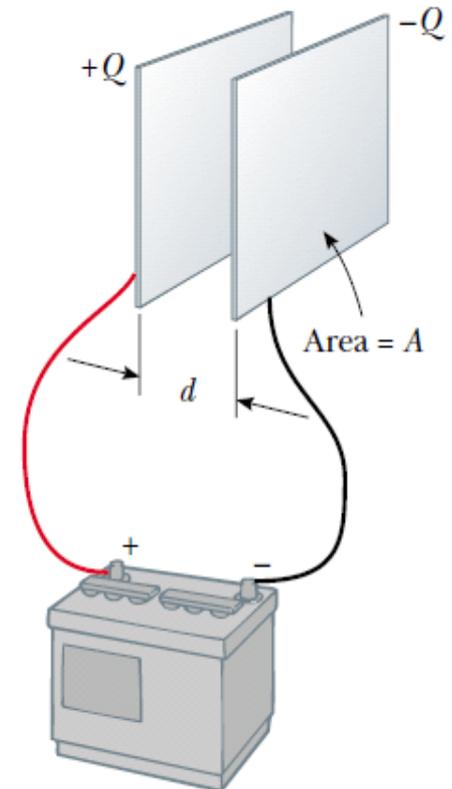
Condensadores en circuitos



Al conectar un borne (de una batería) a un terminal del condensador (inicialmente descargado) se produce una transferencia de carga.

Esta disminución de carga en los bornes de la batería se traduce en una reducción del voltaje de la misma, lo cual activa el proceso interno de reajustar el voltaje, de esta forma incrementando la carga hasta que la batería alcanza el voltaje de circuito abierto, y se produce la acumulación de carga máxima posible de acumular en el condensador.

Esto se denomina proceso de “bombeo” de carga.



Asociación de condensadores

Condensadores en paralelo

Para n condensadores de capacitancias C_i cada uno conectados en paralelo se tiene que:

La carga acumulada en cada condensador será: $Q_i = C_i V_i$

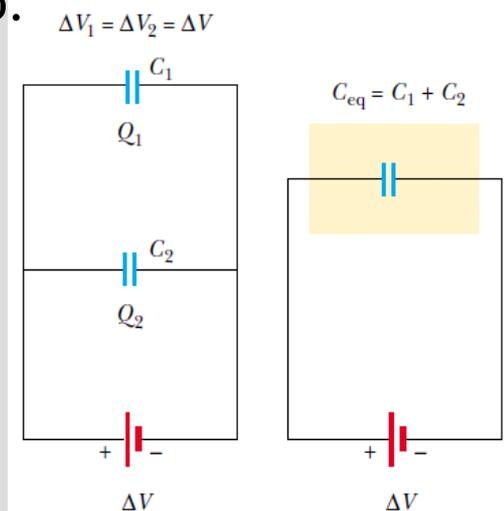
La diferencia de potencial eléctrico es la misma entre las placas de los dos condensadores conectados en paralelo.

La carga total será (conservación de la carga):

$$Q = \sum_{i=1}^n Q_i$$

Entonces, la capacidad equivalente será

$$C_{\text{Eq}} = \sum_{i=1}^n C_i$$



Asociación de condensadores

Condensadores en serie

Para n condensadores, de capacitancias C_i cada uno, conectados en serie se tiene que:

La carga acumulada en cada condensador será: $Q_i = C_i V_i$

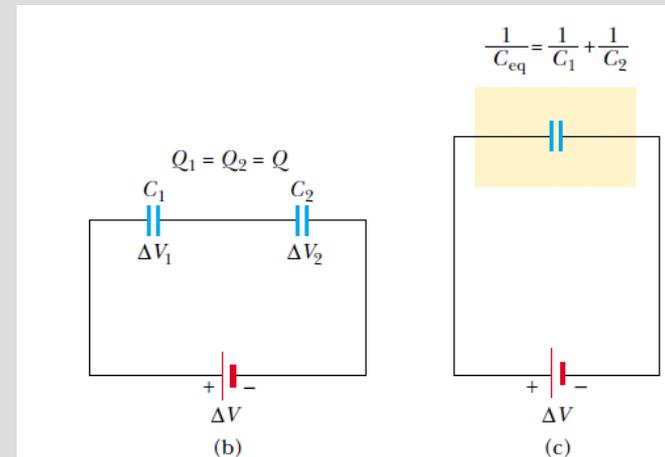
La carga acumulada en los condensadores es la misma en cada uno de ellos, por la forma en como se induce la carga en ellos.

El voltaje total será (ley de las mallas):

$$V = \sum_{i=1}^n V_i$$

Entonces, la capacidad equivalente será

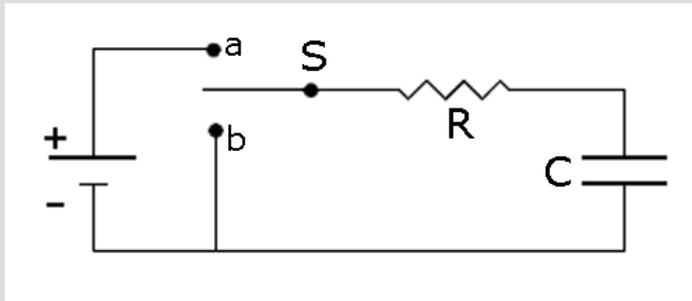
$$\frac{1}{C_{\text{Eq}}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i}$$



Circuitos RC

Circuito en que interviene una resistencia y un condensador.

La corriente fluye en un solo sentido pero con intensidad variable en el tiempo (Por ejemplo: carga del flash)



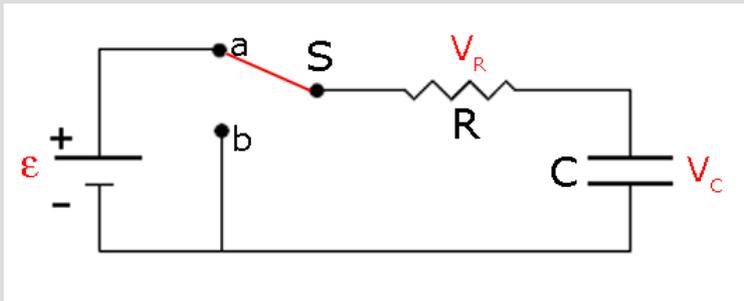
Fem (ε): energía proveniente de cualquier fuente, medio o dispositivo que suministre corriente eléctrica al circuito mediante una diferencia de potencial.

Consideremos un circuito inicialmente abierto como el de la figura con el condensador inicialmente descargado.

Al girar la llave S hacia el extremo **a** para hacer contacto, insertamos al circuito RC la fem (fuente ideal).

Carga de circuito RC

Aplicando la regla de mallas, en el sentido horario a partir de la batería, tenemos:



$$\varepsilon - V_R - V_C = 0$$

$$\varepsilon - IR - \frac{q}{C} = 0$$

Tanto q como i varían con el tiempo pero no son independientes.

Para resolver la ecuación tenemos que considerar que la corriente que fluye sobre la resistencia es :

$$i = \frac{dq}{dt}$$

Sustituyendo en la ecuación del circuito:

$$\varepsilon - \frac{dq}{dt} R - \frac{q}{C} = 0$$

Circuito RC: constante de tiempo

Al considerar la carga del condensador:

$$q(t) = C\varepsilon(1 - e^{-t/RC})$$

El producto RC debe tener dimensión de tiempo pues el exponente es adimensional.

Se define como la constante de tiempo del condensador: $RC = \tau$

Corresponde al tiempo necesario para que la carga del condensador sea una fracción $(1 - e^{-1})$ o aproximadamente 63% de su valor final. Es decir, haciendo $t = RC$:

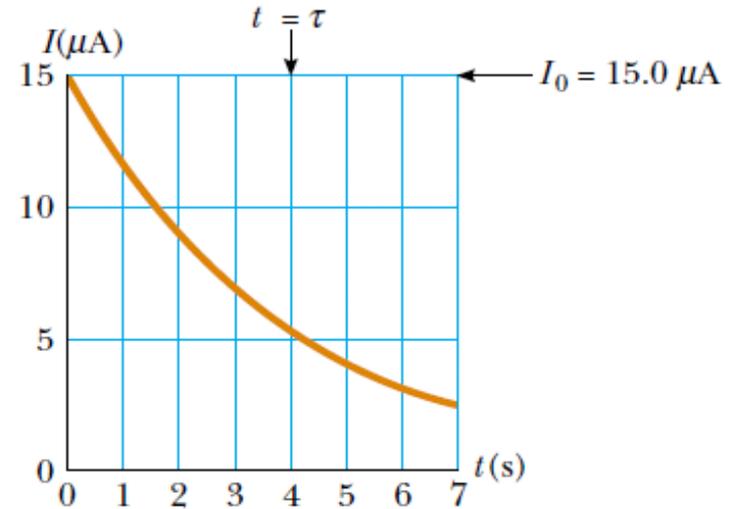
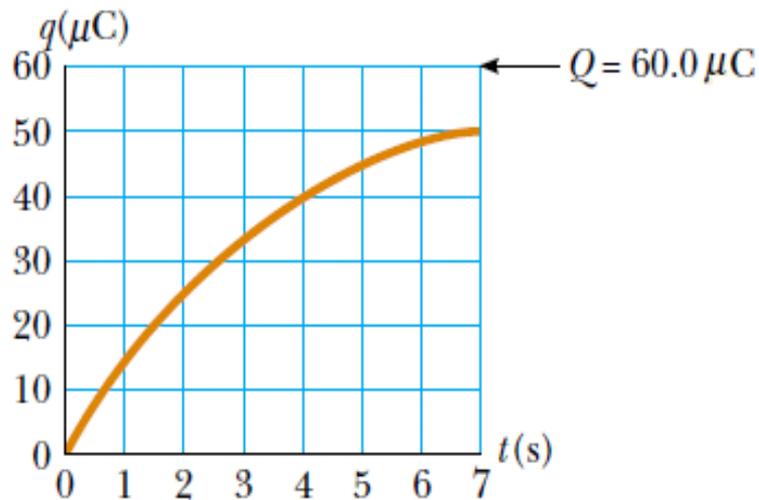
$$q = C\varepsilon(1 - e^{-1}) = 0,632C\varepsilon$$

En $t = \infty$ la carga $C\varepsilon$ esta en equilibrio.

Circuito RC: representación gráfica

$$q(t) = \varepsilon C(1 - e^{-t/RC})$$

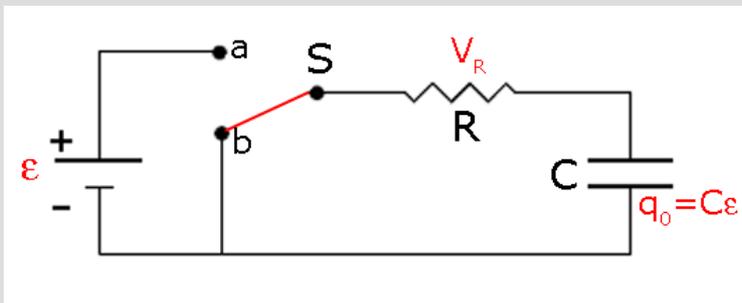
$$i(t) = \frac{\varepsilon}{R} e^{-t/RC}$$



Descarga del circuito RC

Supongamos que el condensador está completamente cargado bajo la acción diferencial de potencial de la fem.

Ahora, en $t=0$ la llave se conecta en **b** y el condensador se descarga a través de la resistencia. Aplicando la regla de mallas nuevamente, tenemos:



$$iR + \frac{q}{C} = 0$$

Donde la corriente esta vez es $i = - \frac{dq}{dt}$ (descarga del condensador)

La solución de la ecuación diferencial será:

$$q(t) = q_0 e^{-t/RC}$$

Donde $q_0 = Cε$, la carga inicial del condensador.