Energía almacenada en un capacitor (parte 2)

Para cargar un capacitor debe realizarse un trabajo para transportar electrones de una placa a la otra. Como dicho trabajo se desarrolla en un tiempo dado, se desarrolla energía cinética que es almacenada en el capacitor como energía potencial

La carga de un capacitor puede compararse con la energía cinética desarrollada al comprimir un resorte, este al ser comprimido almacena esa energía como energía potencial que devolverá como energía cinética cuando sea liberado.

La energía almacenada en un capacitor puede calcularse por la siguiente expresión:

$$\mathbf{W = 0{,}5 \,.\, C \,.\, V^2} \qquad (2)$$

expresándose:

W : en Joules
C : en Faradios
V : en Volts

La energía eléctrica que puede ser almacenada en un capacitor es pequeña, por lo que difícilmente puede ser utilizado como fuente de energía. A pesar de este inconveniente, otras propiedades que posee posibilitan múltiples aplicaciones de este componente en circuitos electrónicos.

Como se vio en la expresión 2, la energía almacenada en un capacitor es directamente proporcional al cuadrado de la tensión aplicada "V". Esta condición parece indicar que, para un capacitor dado conseguiríamos almacenar mucha energía con el solo hecho de aumentar indefinidamente la tensión aplicada al mismo.

Esto es verdad hasta un límite dado, es real que si se va aumentando el nivel de la tensión aplicada a las placas del capacitor la energía almacenada en él se incrementará exponencialmente, es obvio sino no tendría sentido la expresión matemática 2

Este último concepto puede representarse gráficamente:

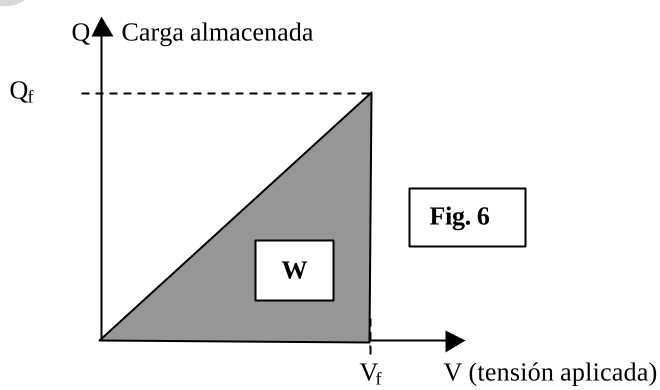


Fig. 6

La energía almacenada en el capacitor está representada por la zona grisada de la figura (Fig. 6), vemos que al incrementarse la tensión aumenta la carga almacenada y como consecuencia aumenta la superficie que representa la energía almacenada.

En este punto volvemos a pensar que si siguiéramos aumentando la tensión aplicada indefinidamente conseguiríamos almacenar cada vez más energía, ya vimos que este aumento es verdad pero tiene un límite y ese límite es impuesto por el material utilizado en el dieléctrico.

- **Cuando la tensión (diferencia de potencial) aplicada a las placas de un capacitor llega a tomar un nivel suficientemente alto, su diléctrico se perfora y conduce. En este caso al cortocircuitarse las placas el capacitor queda inutilizado.**
  "La tensión de perforación del dieléctrico depende del material utilizado en él y de su espesor".
  "La máxima tensión que puede resistir un dieléctrico sin perforarse es llamada RIGIDEZ DIELECTRICA", está tabulada por materiales y se expresa en volts o kilovolts por mm. o por cm.

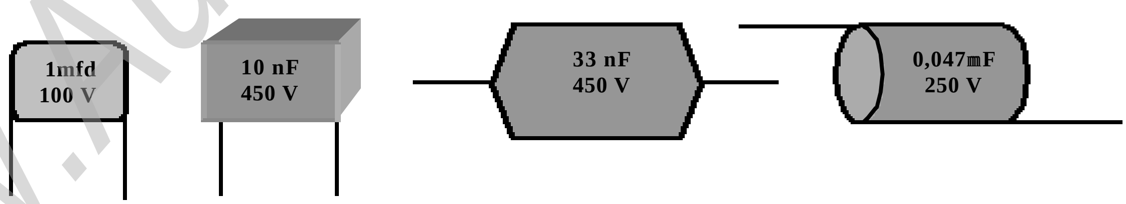
Rigidez dieléctrica de algunos materiales

Material	Kv/cm de espesor
Caucho	250
Ebonita	500
Mármol	17
Mica	750
Parafina	400
Prespahn	135

Para que un capacitor trabaje dentro de límites seguros, no debe soportar tensiones superiores en forma continua a la denominada **"Tensión de Trabajo",** que normalmente es indicada de alguna forma por el fabricante en las especificaciones impresas en su cuerpo.
Sí puede soportar picos algo mayores (aproximadamente un 40% de la tensión de trabajo) por breves instantes, siempre que estos picos no sean continuos y repetitivos.

Algunos tipos de capacitores comerciales

Capacitores de Poliester

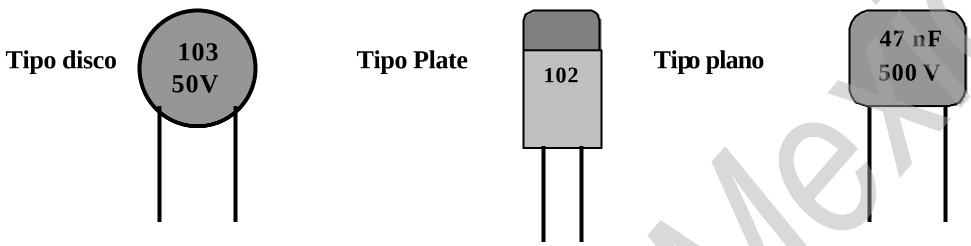


Gama de capacidades fabricadas: 1 nF a 2,2 mF
Tensiones de trabajo: 100 a 600 Volt

Capacitores de Poliestireno

Gama de capacidades fabricadas: 10 pF a 10 nF
Tensiones de trabajo: 30 a 500 Volt

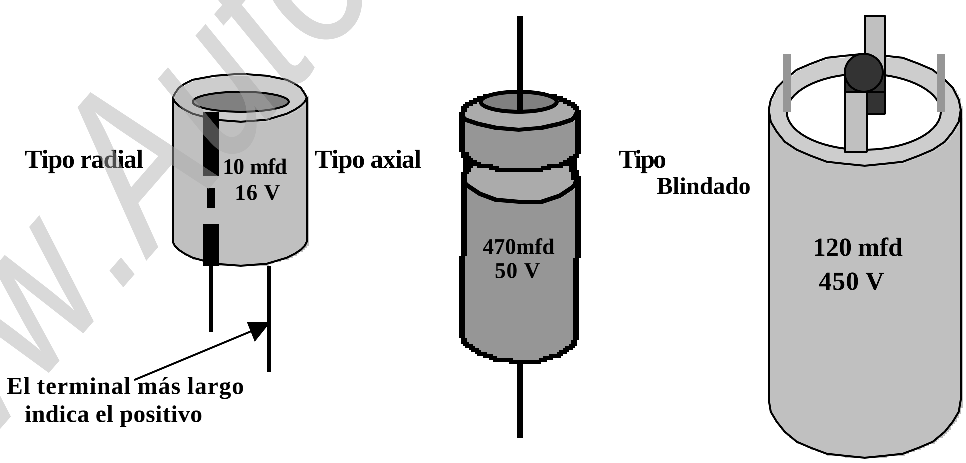
Capacitores cerámicos



Gama de capacidades fabricadas: 0,5 pF a 470 nF
Tensiones de trabajo: 3 a 3.000 Volt

“Tenga presente que ninguno de los capacitores presentados tienen polaridad, por lo tanto los terminales pueden conectarse a positivo o negativo indistintamente”.

- **Existe otro tipo de capacitores los que en su gran mayoria si tienen una polaridad definida para su conexión, esta polaridad es indicada en el cuerpo del capacitor. La inversión de polaridad en un capacitor de este tipo lo lleva indefectiblemente a su destrucción.**
  Este tipo de capacitores son denominados “Capacitores Electrolíticos” por su tecnología de construcción y pueden ser de Aluminio o Tantalio. En algunos tipos para usos especiales en Corriente Alternada, los capacitores elctrolíticos se construyen no polarizados y se identifican con “NP”.



Gama de capacidades fabricadas: 0,47 a 220.000 mF
Tensiones de trabajo: 10 a 1.000 Volt

<u>Agrupamiento de capacitores en conexión paralelo y serie</u>

<u>Capacitores en paralelo</u>

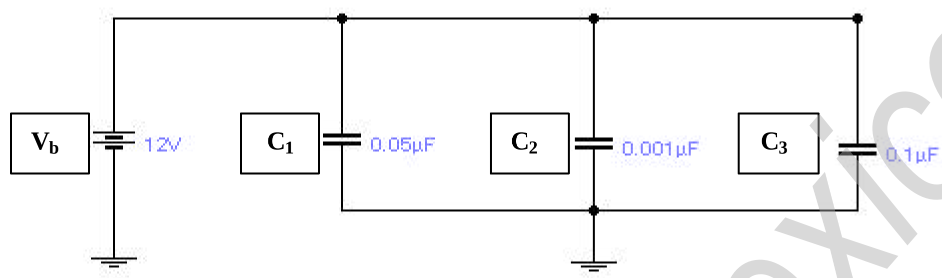


Fig. 7

Observe el circuito de la Fig. 7, en el se puede apreciar que todos los capacitores están sometidos a la misma tensión de fuente V_b = 12 Volt, al cargarse todos adquirirán esta diferencia de potencial entre sus placas, pero la energía almacenada por cada uno dependerá de su capacidad, recuerde que:

$W = 0{,}5 \,.\, C \,.\, V^2$ como se vio en 2

La "Capacidad Equivalente o Total" de los tres capacitores en paralelo es igual a la suma de las capacidades parciales

$$\mathbf{C_t = C_1 + C_2 + C_3}$$

en nuestro caso reemplazando por los valores dados en el circuito se tendrá:

$$\mathbf{C_t = 0{,}05\ mF + 0{,}001\ mF + 0{,}1\ mF = 0{,}151\ mF}$$
$$\mathbf{C_t = 0{,}151\ mF}$$

la Energía Total Almacenada en los tres capacitores es:

$$\mathbf{W_t = W_1 + W_2 + W_3}$$

$$\mathbf{W_t = 0{,}5 \,.\, 0{,}05 \,.\, 10^{-6} \,.\, 12^2 + 0{,}5 \,.\, 0{,}001 \,.\, 10^{-6} \,.\, 12^2 + 0{,}5 \,.\, 0{,}1 \,.\, 10^{-6} \,.\, 12^2}$$

$$\mathbf{W_t = \boxed{0{,}00001087\ joules}}$$

o lo que es igual:

$$\mathbf{W_t = 0{,}5 \,.\, C_t \,.\, V_b^2}$$

$$\mathbf{W_t = 0{,}5 \,.\, 0{,}151 \,.\, 10^{-6} \,.\, 12^2 = \boxed{0{,}00001087\ joules}}$$

Vemos por los cálculos realizados que "la energía total almacenada en un conjunto de capacitores en paralelo, es igual a la energía acumulada por un capacitor cuya capacidad sea igual a la capacidad equivalente o total del conjunto".

Capacitores en serie

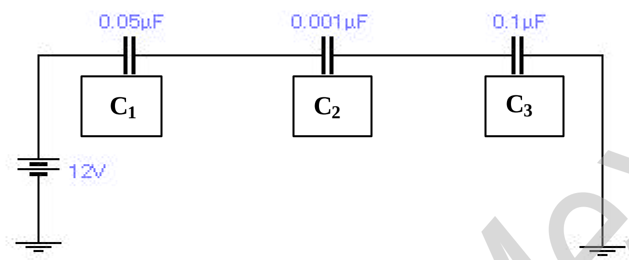


Fig. 8

La capacidad equivalente o total es ahora:

$$\frac{1}{C_t} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

o finalmente

$$C_t = \frac{1}{\dfrac{1}{C_1} + \dfrac{1}{C_2} + \dfrac{1}{C_3}}$$

"Observe que la resolución de capacitores en serie es igual a la de resistores en paralelo y la de capacitores en paralelo es igual a la de resistores en serie".

Averiguaremos a continuación la capacidad total del circuito planteado en la Fig. 8:

$$\mathbf{C_t = \dfrac{1}{\dfrac{1}{0{,}05} + \dfrac{1}{0{,}001} + \dfrac{1}{0{,}1}} = \boxed{0{,}00097\ mF}}$$

o bien se puede resolver tal como se resuelve en el caso de resistores en paralelo:

$$\mathbf{C_{1\text{-}2} = \dfrac{C_1 \,.\, C_2}{C_1 + C_2} = \dfrac{0{,}05 \times 0{,}001}{0{,}05 + 0{,}001} = 0{,}00098\ mF}$$

luego la capacidad total será:

$$\mathbf{C_t = \dfrac{C_{1\text{-}2} \,.\, C_3}{C_{1\text{-}2} + C_3} = \dfrac{0{,}00098 \times 0{,}1}{0{,}00098 + 0{,}1} = \boxed{0{,}00097\ mF}}$$

Observe que ambas formas de calcular la capacidad equivalente o total arrojan el mismo resultado.

- **Planteamos las siguientes reglas que rigen los circuitos de capacitores en serie:**

1. **El capacitor de menor capacidad queda sometido a la mayor tensión.**
2. **La capacidad equivalente es menor que la capacidad del menor capacitor.**
3. **Todos los capacitores se cargan y descargan al mismo tiempo.**

La energía acumulada en el circuito serie planteado en la Fig. 8 y cuya Capacidad Equivalente o Total se resolvió en la Pág. 12 es:

$$\mathbf{W = 0{,}5 \,.\, C_t \,.\, V_b^2}$$

$$\mathbf{W = 0{,}5 \times 0{,}00097 \times 10^{-6} \times 12^2 = 0{,}0000000698\ joules}$$

<u>Circuitos con capacitores de igual capacidad en conexión paralelo o serie</u>

Cuando todos los capacitores involucrados en el circuito son de igual capacidad, la capacidad equivalente o total es igual a:

Capacitores en serie

$$C_t = \frac{\text{Capacidad de uno de los capacitores}}{n}$$

siendo "n" la cantidad de capacitores iguales dispuestos en conexión serie.

Capacitores en paralelo

$$C_t = \text{Capacidad de uno de los capacitores} \times n$$

Siendo "n" la cantidad de capacitores iguales dispuetos en conexión paralelo.