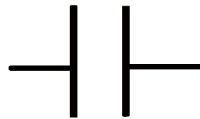


## GUIA DE LABORATORIO N°2 (Parte teórica)

### Capacidad

#### I.- Condensador

El condensador es un dispositivo que puede almacenar energía eléctrica. La forma más simple de un condensador consiste en dos placas conductoras paralelas. La energía es almacenada en el campo eléctrico entre las placas. El símbolo que se emplea en los circuitos eléctricos para describir un condensador, es:

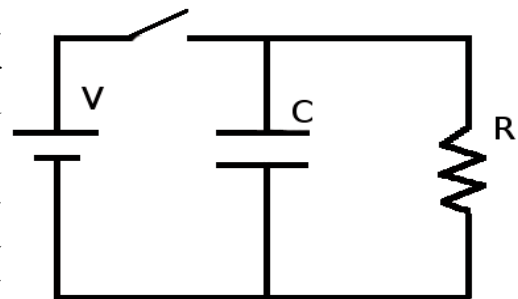


La capacidad de un condensador se define por la relación:  $C = Q / \Delta V$  en donde “Q” es la cantidad de carga acumulada y “ $\Delta V$ ” la diferencia de potencial entre sus placas. Si la carga se mide en Coulomb, y la diferencia de potencial en Volt, la capacidad se mide en Faradios (F).

#### II.- Circuito RC

Un circuito RC es un circuito que contiene un condensador y una resistencia. Podemos considerar dos estados cualitativamente distintos. El estado transiente, cuando se conecta o desconecta el circuito, y el estado estacionario, cuando ha pasado “suficiente tiempo” desde la conexión o desconexión. Partiremos estudiando el estado transiente del circuito.

Considere el circuito de la figura. Si el interruptor está inicialmente cerrado, de manera que el condensador está cargado con el voltaje de la fuente “V”. La magnitud de la carga en cada placa es  $Q_0 = CV$ .



Si entonces se abre el interruptor el condensador empieza inmediatamente a descargarse, generando una corriente eléctrica desde una placa del condensador, a través de la resistencia, hasta la otra placa.

La disminución de la carga correspondiente en las placas del condensador hace que el voltaje V disminuya, con lo cual también disminuye la corriente. Así, la carga disminuye rápidamente al principio, y después más y más lentamente. La corriente que fluye en el circuito se debe a la descarga del condensador, entonces:

$$I(t) = -dQ(t)/dt$$

y por Ley de Ohm:

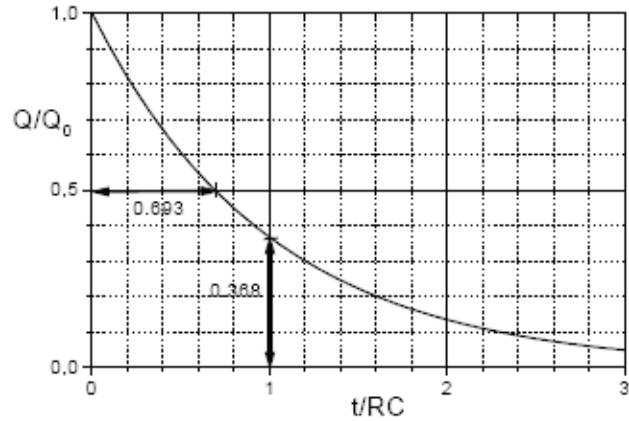
$$I(t) = V(t)/R$$

Igualando y substituyendo  $V = Q/C$  obtenemos que:  $dQ/dt = -Q/RC$

O sea, la tasa de disminución de la carga, en cualquier momento, es simplemente proporcional a la carga restante. La única función que tiene esta propiedad es la exponencial, de manera que la solución de la ecuación anterior es:

$$Q(t) = Q_0 \cdot e^{-t/RC}$$

El producto  $RC$  se llama la **constante de tiempo** ( $\tau$ ) del circuito. Para el tiempo  $t = \tau$ , la carga ha disminuido a una fracción  $Q/Q_0 = e^{-1} = 0,368$  del valor original. Si se considera que es suficiente que se haya acumulado (o perdido) un 99% de la carga, se puede ver que para ello se requiere un tiempo  $t$  del orden de sólo  $5\tau$ . La evolución en el tiempo del voltaje y la corriente pueden obtenerse de la ecuación anterior.



$$V(t) = V \cdot e^{-t/RC} \quad I(t) = \frac{V}{R} \cdot e^{-t/RC}$$

### III.- Asociación de condensadores:

Cuando se asocian condensadores se define un condensador imaginario de capacidad equivalente, que puede reemplazar a una serie de otros interconectados. Por ejemplo, al conectar en serie "n" condensadores de capacidad  $C_1, \dots, C_n$ , su capacidad equivalente será:

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

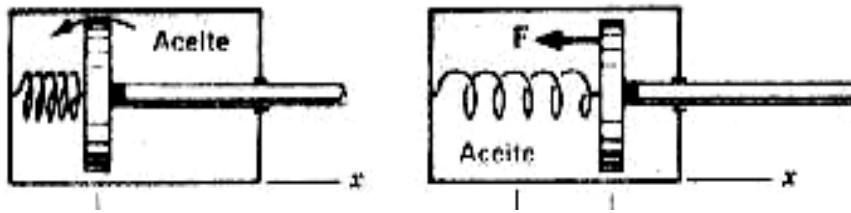
Si en vez de conectarlas en serie, lo hacemos en paralelo, entonces, obtenemos:

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

Note que nemotécnicamente la forma de las equivalentes es al revés que en el caso de las resistencias. O sea, si queremos aumentar la capacidad, debemos conectar más condensadores en paralelo. En cambio, si quiero aumentar la resistencia debo agregar más resistencias en serie.

### IV.- Analogías electromecánicas

Hay muchas analogías interesantes y útiles entre circuitos eléctricos y sistemas mecánicos. Uno de los más simples es la relación del circuito RC con el sistema mecánico que se muestra en la Fig. 1, que es una versión simplificada del amortiguador de un automóvil.



El pistón está perforado, y el aceite pasa por los agujeros cuando el pistón se mueve. El resultado es que hay una fuerza opuesta al movimiento que depende de la velocidad, por la viscosidad del aceite. Para velocidades moderadas, esta fuerza es proporcional a la velocidad y puede expresarse así:  $F = -bv$ , donde  $b$  es una constante de proporcionalidad y el signo negativo indica que la fuerza siempre se opone al movimiento. El resorte ejerce también una fuerza sobre el pistón en movimiento. Cuando se desplaza una distancia  $x$  de su posición de equilibrio, el resorte ejerce una fuerza  $F = -kx$ , donde  $k$  es la constante del resorte.

La suma de estas dos fuerzas sobre el pistón debe ser igual a la masa del pistón multiplicada por su aceleración (de acuerdo con la segunda ley de Newton). Si la masa es despreciable, la suma de las dos fuerzas es cero, y tenemos:

$$-kx - bv = 0 \quad \Rightarrow \quad \frac{dx}{dt} = -\frac{k}{b}x$$

Esta ecuación diferencial tiene exactamente la misma forma que la ecuación de la descarga de un condensador (parte II de esta guía). El desplazamiento  $x$  corresponde a la carga  $Q$ , la velocidad  $v$  corresponde a la corriente  $I$ . Hay relaciones similares entre los parámetros de los componentes correspondientes; la constante de amortiguamiento  $b$  corresponde con la resistencia  $R$ , y la constante  $k$  del resorte es el inverso de la capacidad  $C$ . Así, este análisis demuestra inmediatamente que si al amortiguador se le da un desplazamiento inicial  $x_0$  fuera del equilibrio, vuelve exponencialmente al equilibrio, según la ecuación:

$$x = x_0 e^{-kt/b}$$

## V.- Elementos no-lineales: diodos

Los elementos dispositivos eléctricos que hemos visto hasta el momento (resistencias y condensadores) satisfacen relaciones simples entre el voltaje entregado entre sus terminales  $V$  y la corriente  $I$  (para resistencias  $V=RI$ ) o la carga  $Q$  (para condensadores  $V=Q/C$ ). Estas relaciones lineales, a pesar de ser válidas en amplios rangos de valores, dejan de serlo en diversos tipos de materiales, donde las relaciones entre corriente y voltaje se vuelven complejas, pero a la vez útiles ya que permiten utilizar y controlar  $I$  y  $V$  para diversas aplicaciones de la vida diaria. Uno de los ejemplos fundamentales de este tipo de materiales es el diodo.

Un diodo es un elemento eléctrico de dos terminales que, al imponerle una diferencia de potencial  $V$  entre sus extremos deja pasar una corriente  $I$  siempre y cuando  $V$  tiene un signo o polaridad definida. Esta polaridad significa que para el diodo **sólo puede pasar corriente en una dirección** y esto ocurre cuando el potencial en el extremo positivo (ánodo) es mayor que en el negativo (cátodo). El símbolo típico de un diodo es el siguiente



La forma en que la corriente y el voltaje se relacionan en un diodo (curva I-V) se muestra en la figura siguiente. Para voltajes con polaridad negativa ( $V < 0$ ) la corriente no circula, mientras que para voltajes con polaridad positiva ( $V > 0$ ) la corriente puede pasar a través del diodo, creciendo mucho más rápido que para un material ohmico. Esto constata el comportamiento no lineal de un diodo. Es importante notar que este tipo de curva I-V es dependiente del tipo de diodo que se utiliza, lo que significa que para cada tipo de diodo se debe medir esta curva si se desea conocer como responde a diferentes voltajes.

