

INTRODUCCIÓN

El resistor es el componente pasivo por naturaleza. Su función es disipar energía. Él transforma energía eléctrica en energía térmica. Podríamos decir que es un intercambiador de calor y no nos equivocáramos. En un circuito con resistores la energía eléctrica se disipa. El resistor no acumula solo gasta. La pila o batería acumula y si es perfecta no gasta o transforma en calor y su energía acumulada permanece inalterable en el tiempo, solo el circuito externo es capaz de gastarla.

Pero existen otros componentes que sirven para acumular energía eléctrica a saber el capacitor que presentamos hoy y el inductor que presentaremos mas adelante. Esos dos componentes forman un grupo llamado “reactivos” y cuando son perfectos, es decir no tienen pérdidas que pueden considerarse como componentes resistivas, nunca se calientan. Solo acumulan e intercambian energía entre ellos.

En nuestro curso ya utilizamos capacitores aun sin saberlo, al tratar el tema de los cuerpos cargados electrostáticamente. ¿Recuerda cuando cargamos un cuerpo metálico con una carga positiva y otra negativa? Y luego los conectamos con una varilla metálica. Los cuerpos se descargaban haciendo circular electrones desde el cuerpo negativo al positivo hasta que ambos estuvieran al mismo potencial eléctrico (a la misma tensión).

CARGA DE UN CAPACITOR

La construcción interna del capacitor nos recuerda a esa experiencia. En la figura 1 se pueden observar dos bolitas metálicas que forman un capacitor elemental.

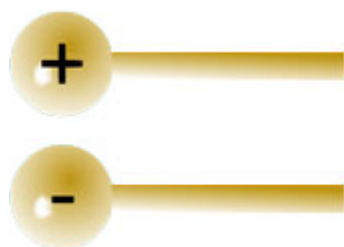


Fig.1 Capacitor elemental

Con este dispositivo tan simple vamos a establecer algunos conceptos muy precisos. Para cargar el capacitor elemental solo se requiere un cuerpo cargado por frotamiento, una pila o un generador mecánico de tensión continua (dinamo). Para cargar nuestro dispositivo podemos apoyar su barra superior al terminal positivo de la pila y su terminal inferior a la negativa. Inmediatamente se produce una circulación de electrones desde la pila a la bolilla inferior y desde la bolilla superior a la pila.

Esta circulación solo es momentánea al apoyar las barras; un tiempo después la circulación cesa porque se produjo un equilibrio de cargas. Si pudiéramos medir la tensión entre las dos barras con un instrumento de medición de resistencia interna infinita (que no afecte al circuito) observaríamos que las bolillas metálicas tienen una diferencia de potencial igual a la tensión de la pila.

Lo más interesante es que esa tensión a la que fue cargado el capacitor elemental no se pierde nunca inclusive desconectando el dispositivo de la pila. Si el capacitor formado es ideal y el medidor tiene resistencia infinita puede medir la misma tensión hora tras hora.

Como Ud. sabe en nuestra especialidad todos tienen una representación a través de un circuito. En la figura 2 se puede observar la representación de nuestro capacitor elemental con una forma muy característica formando un circuito que nos permitirá cargar y descargar al capacitor. El elemento que transforma el circuito de carga en circuito de descarga se llama llave inversora y posee una lámina metálica que hace contacto físico con una u otra sección del circuito.

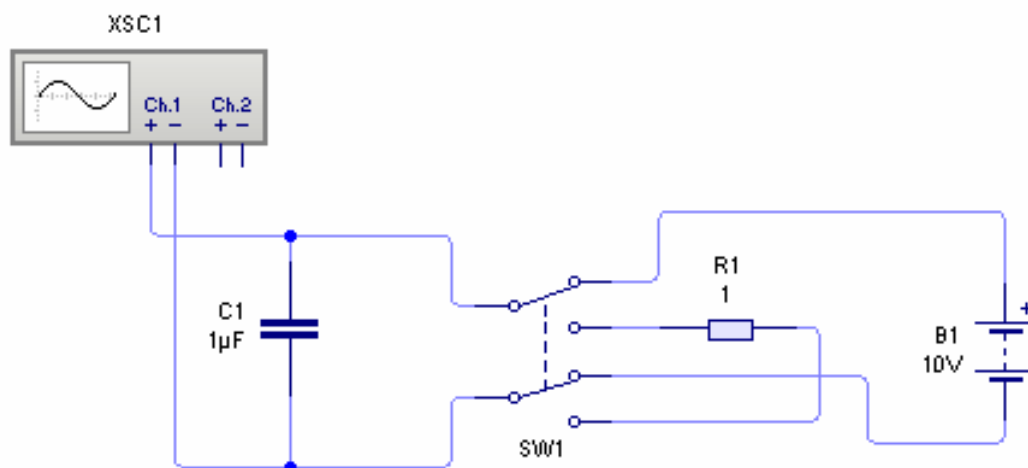


Fig.2 Circuito de carga y descarga de un capacitor

Este es un circuito complejo para un principiante; así que vamos a explicarlo en detalle. La llave SW1 posee dos láminas metálicas conductoras. Esas láminas pivotean sobre los dos terminales de la izquierda y una alternativamente los contactos superiores o inferiores de la derecha. El mejor modo de entender este circuito es realizando realmente la simulación y observando como se mueve la llave SW1 al señalar con el mouse sobre ella y pulsar el botón de la izquierda. En la figura 3 se puede observar el detalle de la llave SW1 en sus dos posiciones.

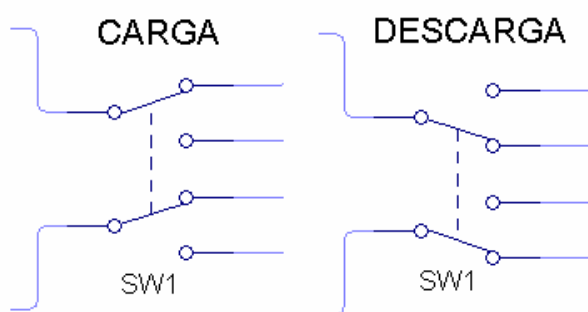


Fig.3 Llave inversora

A la izquierda se observa la posición de carga cuando el capacitor está conectado a la batería B1. A la derecha la descarga cuando el capacitor está conectado al resistor de descarga R1.

XSC1 es un instrumento de medición llamado osciloscopio que permite observar la tensión presente sobre el capacitor. El alumno no debe confundirlo con el instrumento clásico de aguja o digital que se utiliza para medir tensión y que fue tratado en yoreparo.com por el Sr. Luis Dávila con el nombre "Utilizando el Multímetro". En efecto un osciloscopio permite observar

como varía la tensión sobre el capacitor a medida que transcurre el tiempo. Podemos decir que es un graficador de tensiones equivalente a realizar una medición con el multímetro cada segundo y graficar el resultado.

Sabemos que es muy improbable que un principiante tenga disponible un osciloscopio; por eso le recomendamos utilizar el LiveWire para realizar una simulación de la experiencia y para ello le explicaremos como armar el circuito simulado.

Explicar el procedimiento con palabras es sumamente tedioso, por eso empleamos un procedimiento resumido en forma simbólica.

^ M significa abrir la caja de materiales indicada en la extrema derecha de la barra superior señalando y picando con el botón de la izquierda del mouse. Luego » power supplies » battery significa abrir la cortina de selección pulsando en power supplies y luego seleccionar battery. Y por último pulsar con el botón de la izquierda del mouse sobre battery trasladar y soltar sobre la mesa de trabajo donde se desee ubicar la batería.

Simbólicamente decimos: ^M » power supplies » battery o Gallery » power supplies » battery » C ; » R ; » SW con lo cual tenemos indicado que sobre la mesa de trabajo se ubicó un capacitor, un resistor y una llave inversora doble. Luego se procede a trazar el circuito según indicáramos en la lección 3.

Una vez armado el circuito o en el momento en que se pega cada componente, se debe dar un valor al mismo. Pulse dos veces sobre el componente elegido y aparecerá un cuadro de dialogo como el indicado en la figura 4.

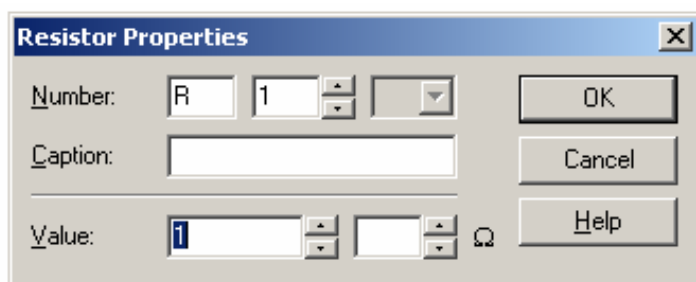


Fig.4 Selección del valor de la resistencia

En nuestro caso elegimos la unidad Ohms y el valor 1. Del mismo modo picamos dos veces sobre el capacitor y aparecerá el cuadro de dialogo de la figura 4. con las unidades de capacidad. La unidad de capacidad es el F o faradio pero resulta ser un valor demasiado grande así que por lo común se trabaja con mF milifaradio, μ F microfaradio y pF pico faradio que corresponden a la milésima, millonésima, nanonésima y billonésima ava parte del Farad o en potencia de diez a 10^{-3} 10^{-6} 10^{-9} y 10^{-12} F.

El LW realiza automáticamente los gráficos de la variación de la tensión en función del tiempo pero antes de generar el gráfico vamos a realiza el calculo de la llamada “constante de tiempo” de un circuito RC (es decir resistor y capacitor). En nuestro caso el capacitor se cargará con una tensión de 10V cuando la llave se encuentre hacia arriba cuando se la baja el capacitor de 1μ F se descargará sobre el resistor de 1Ω . El tiempo transcurrido para que la tensión llegue al 36,8% de la original se llama constante de tiempo del circuito y se calcula como el producto de R por C. En nuestro caso 1μ F x $1\Omega = 1\mu$ S (1 microsegundo o la millonésimava parte de un segundo).

Ahora podemos elegir la escala de nuestro grafico como de 2μ S por división en horizontal y 1V por división en vertical para que se puedan observar la descarga prácticamente completa del capacitor. Para eso seleccione el icono con barras de colores (graf) y luego abra un grafico

debajo del circuito. Picando sobre el grafico aparece una pantalla que permite seleccionar las escalas. Predispóngala según la figura 5.

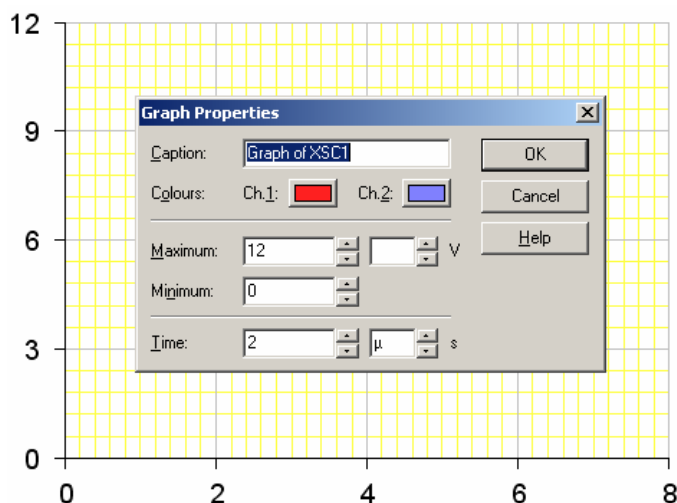


Fig.5 Predisponiendo el gráfico

Antes de realizar la simulación hay que preparar al LW predisponiéndolo para trabajar en esta escala de tiempo ya que por defecto trabaja en el orden de los segundos.

Haga TOOLS » SIMULATION » TIMING CONTROL y seleccione en la pantalla tal como en la figura 6.

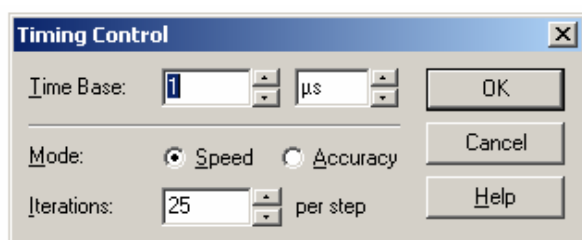


Fig.6 Predisponiendo la simulación

Ahora ya está todo preparado. Simplemente pulse F9 del teclado y comenzará a generarse un línea negra en 10V si la llave SW1 está hacia arriba, en caso contrario pique sobre la llave con el mouse y cuando la tensión esta en 10V por un microsegundo vuelva a picar para que la llave cambie de posición y comience la descarga. En la figura 7 se puede observar el gráfico deseado.

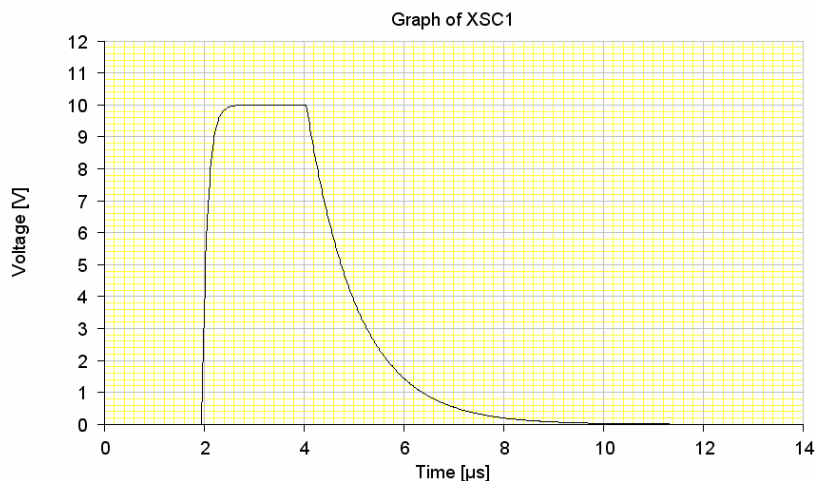


Fig.7 Curva de descarga de un capacitor

Observe que a los $4\mu\text{s}$ se desconecta la batería y se conecta el resistor de carga. Y que a los $5\mu\text{s}$ la tensión es de 3,8V. A los dos segundos la tensión no es nula sino que es del 14% y a los $8\mu\text{s}$ es de 0,2 V etc.. En realidad el capacitor no se descarga jamás siempre sigue cargado con un valor que decae la 38,4 % del valor que tenía $1\mu\text{s}$ antes. Este tipo de curva se llama exponencial y siempre se presenta cuando se combina un componente reactivo con un componente resistivo.

Nota: en nuestro circuito de carga y descarga utilizamos una llave doble para desconectar los dos terminales de nuestro capacitor. En realidad tanto el terminal negativo de la batería como el terminal inferior del resistor y el terminal inferior del capacitor pueden estar permanentemente conectados a masa ya que basta con interrumpir en un solo punto del circuito para que deje de fluir la corriente.

En la figura 8 se puede observar el circuito modificado que el alumno deberá probar con el LW.

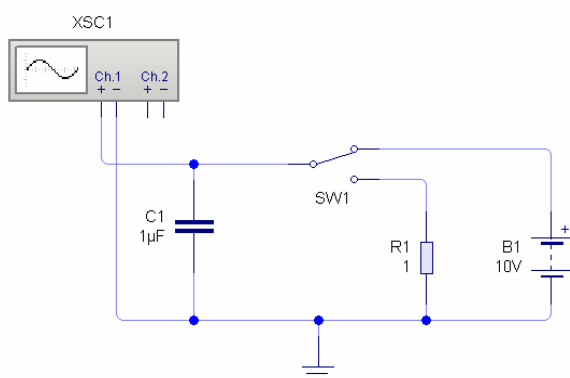


Fig.8 Circuito de una llave inversora simple

CURVA DE CARGA DE UN CAPACITOR

Así como un capacitor se descarga exponencialmente también se carga exponencialmente cuando entre la batería y el capacitor existe un resistor de valor conocido. En la figura 2 se puede observar un circuito en donde un capacitor se carga desde una fuente de 10V o se descarga a masa al mover una llave.

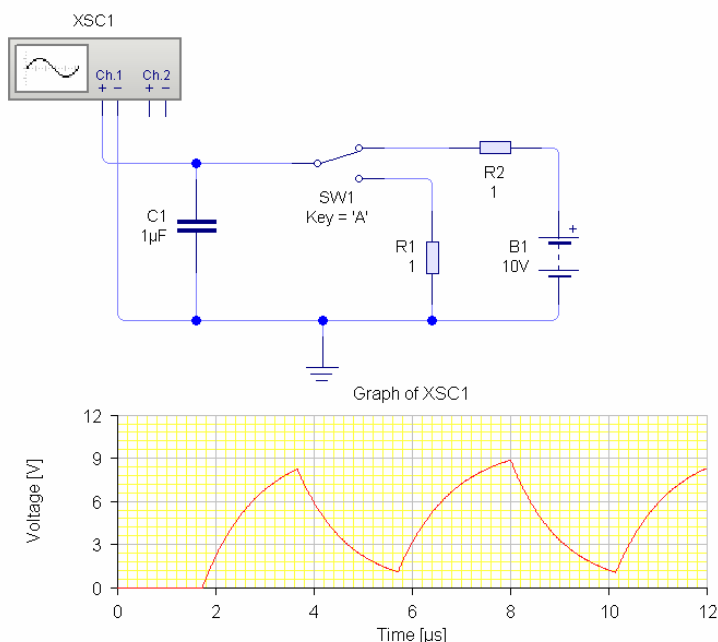


Fig.9 Curva de carga y descarga de un capacitor

El gráfico se genera moviendo la llave cada 2μs aproximadamente. Cuando la llave está hacia arriba el capacitor se carga y la tensión sube cuando está hacia abajo se conecta el resistor y la tensión baja. Aquí debemos explicar dos cosas muy importantes con referencia a la simulación. Lo primero es que en este último circuito al lado de la llave dice Key = "A". Esto significa que la llave se puede comandar con la tecla "A" del teclado de la PC. En realidad Ud. puede seleccionar la tecla deseada porque picando dos veces sobre la llave aparece un cuadro de diálogo que le pregunta con que tecla desea controlar a la misma. Lo segundo es que es imposible que estemos abriendo y cerrando la llave en dos millonésimas de segundo (2μs). Seguramente estamos tardando segundos entre pulsado y pulsado. Lo que ocurre es que la simulación no se realiza en tiempo real. En realidad el circuito no se arma realmente sino que se resuelven ecuaciones pero a tal velocidad que se pueden representar en una gráfica; aunque no en tiempo real. En nuestro ejemplo se demora aproximadamente 1s por cada μs transcurrido. El tiempo simulado se puede leer en la parte inferior de la pantalla donde dice "time".

CURVA EXPONENCIAL

¿Se puede explicar fácilmente la razón de que la tensión cambie en forma exponencial al descargarse un capacitor? Habría que utilizar matemáticas para demostrarlo pero es preferible intuir el motivo antes de realizar una demostración puramente académica. Analizando nuestro ejemplo podemos decir que cuando el capacitor está cargado con 10V y sobre él se conecta un resistor de 1Ω, la corriente que circula por el resistor es de 10A y por lo tanto la caída de tensión en el resistor es igual a la tensión de fuente. Cuando el capacitor se descarga sobre el resistor hay menos tensión y por lo tanto cada vez toma menos corriente y entonces es lógico que tarde más en descargar al capacitor. Por ejemplo cuando pasó un microsegundo la tensión es de 3,8V y solo circulan 3,8 A por el resistor.

¿Se puede conseguir que un capacitor se cargue linealmente? Por supuesto pero se lo debe cargar con una fuente de corriente constante y no con una fuente de tensión constante como por ejemplo una batería.

¿Y que es una fuente de corriente constante? Una fuente de tensión constante es aquella cuya tensión de salida no cambia con la corriente de carga. En cambio una fuente de corriente constante es toda aquella fuente que entrega una corriente constante de salida independientemente de la resistencia de carga. Por ejemplo, una fuente de corriente constante de 1A va a entregar esa corriente tanto si se la carga con 1Ω como si la carga con 10Ω

En la figura 9 se puede observar que el LW tiene un símbolo para las fuentes de corriente constante y otro para las fuentes de tensión constante. Obtenido de Gallery » Power supplies » DC Voltage sources o DC Current sources y ajustando luego el valor de tensión o de corriente.

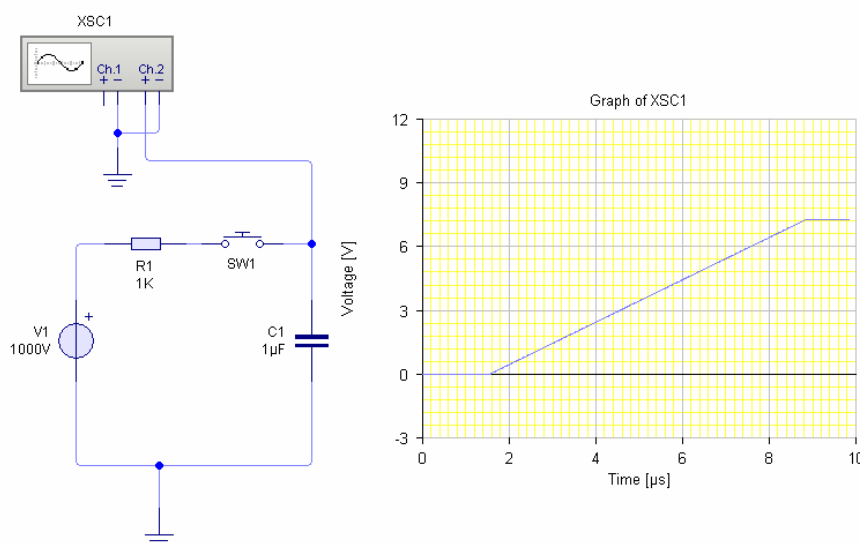


Fig. 10 Uso de las fuentes de tensión constante

V1 es el dibujo de una fuente de tensión constante de 1KV (1 kilovolt) que carga al capacitor C1 cuando se opera el pulsador SW1 (Gallery » Input Components » Push to Make). En realidad Se puede considerar que la combinación de la fuente de tensión de 1KV con el resistor R1 forman una fuente de corriente si no se permite que la tensión sobre el capacitor supere los 10V. En efecto cuanto el capacitor esta descargado ($V_{C1}=0$) y la corriente circulante por la fuente es $1KV/1Kohms = 1^a$. 6 µs después la tensión sobre el capacitor creció hasta 6V y la corriente será entonces igual a $(1.000 - 6)/ 1.000 = 0,9999A$ es decir prácticamente 1A. Es decir que la corriente circulante no depende de la carga dentro de nuestro rango de utilización entre 0 y 10V.

Observe que cuando un capacitor se carga a corriente constante la curva exponencial se transforma en una recta dando lugar a muchos circuitos útiles que iremos conociendo paulatinamente.

El mismo resultado se puede obtener utilizando el símbolo de la fuente de corriente constante. En realidad si Ud. lo desea puede considerar que las fuentes de corriente constante son solo una abstracción electrónica ya que no existe como componente real. En la figura 11 se puede observar la modificación del circuito para que funcione con una fuente de corriente constante.

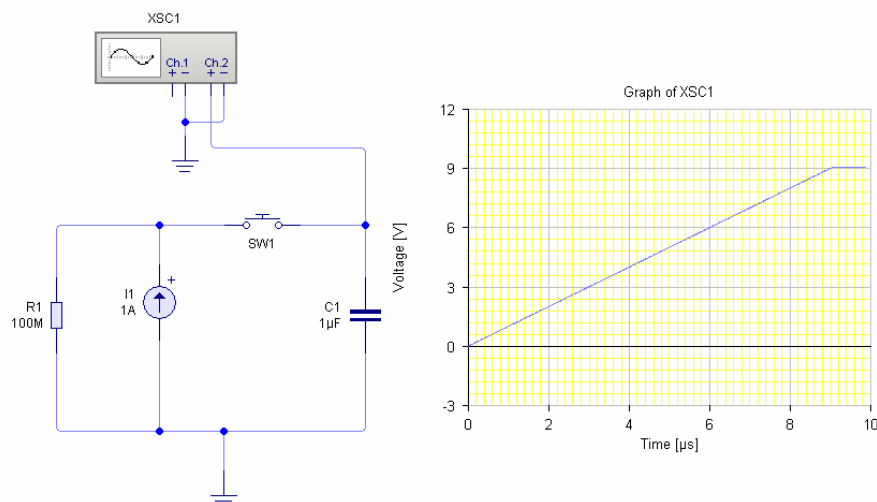


Fig. 11 Uso de una fuente de corriente

Como puede observar el alumno los circuitos generan la misma señal sobre el capacitor y son por lo tanto equivalentes. El resistor R1 agregado es a los efectos de que el laboratorio virtual pueda realizar cálculos cuando el pulsador está abierto. Si no existiera cuando el LW quiere calcular la tensión sobre la fuente de corriente debe realizar una multiplicación por infinito y eso hace que la simulación se interrumpa.

CONCLUSIONES

En esta entrega conocimos el segundo personaje más importante de la electrónica. En realidad solo lo presentamos ya que aun no explicamos como esta construido un capacitor real.

Hasta ahora nuestro capacitor son dos bolas metálicas separadas por un aislador que es el aire. Nunca indicamos el tamaño de esas bolas, necesario para lograr un capacitor de 1μF como el que utilizamos en la explicación. Ese capacitor debería tener aproximadamente varios kilómetros de diámetro. Pero por suerte la industria actual nos ofrece soluciones tan pequeñas como la de un cilindro de 3 mm de diámetro por 3 de altura.

En la próxima entrega vamos a completar el tema explicando que es un capacitor cerámico, uno de polyester y un capacitor electrolítico y sobre todo nos vamos a detener en este último por ser uno de los componentes con mayor índice de fallas y por tener la particularidad de ser un componente polarizado.