

Situación Problema:

Determine la energía almacenada en un capacitor, instalado en un arreglo RC serie, a partir del oscilograma desplegado en un osciloscopio. Dentro del arreglo RC, el valor nominal del capacitor se encuentra borrado, por lo cual no se cuenta con el dato de la capacitancia de dicho arreglo. ¿Qué mediciones se deberían hacer para calcular la energía almacenada en el capacitor al momento de obtener el 63% de su voltaje máximo.



¡DEFINICIÓN! RC Serie

Es un circuito compuesto por elementos resistivos y capacitivos, alimentados a su vez por una fuente de voltaje.

COMPETENCIA

- C1. Manipula las funciones básicas de un osciloscopio para obtener parámetros de interés en el análisis de un circuito RC.
- C3. Determina de manera experimental el valor de la constante de tiempo capacitiva del capacitor.
- C4. Determina la energía potencial almacenada o liberada en el capacitor, en momentos específicos en el proceso de carga y descarga.

INDICADOR DE LOGRO

- I1. Conoce y manipula las perías del generador de funciones para obtener una señal con características específicas.
- I2. Opera cómodamente los comandos del osciloscopio “measure” y “cursor” para tomar los datos de voltajes, frecuencia y el período de una señal.
- I3. Mide la constante de tiempo capacitiva de un arreglo serie RC, utilizando el voltaje almacenado del 63%Vmax en el proceso de carga o el voltaje que está almacenado en el capacitor cuando ha transcurrido una constante de tiempo en el proceso de descarga.
- I4. Aplica la fórmula adecuada para calcular la energía almacenada en un capacitor, en función de los parámetros medidos con el osciloscopio.

FUNDAMENTO TEÓRICO

Durante las prácticas iniciales se trabajó con circuitos puramente resistivos, familiarizándonos con la medición del voltaje y la corriente. Posteriormente realizamos mediciones de voltajes alternos con circuitos puramente capacitivos. En esta ocasión experimentaremos con un circuito sencillo que contiene una combinación de elementos resistivos como capacitivos, tal arreglo se denomina **Circuito RC**.

Los circuitos RC son comunes en la vida cotidiana, por ejemplo se usan para controlar la rapidez de los limpia parabrisas de un automóvil y el tiempo de cambio de las luces de un semáforo. Se emplean también en los “flashes” de las cámaras fotográficas, en los marcapasos cardíacos y en muchos otros dispositivos electrónicos.

El circuito a implementar será un RC en serie como el mostrado en la figura 1, donde pondremos especial cuidado no sólo en el voltaje y en la carga que almacena el capacitor, sino más bien en cómo cambian estas variables en el tiempo; para ello será necesario el uso de otro instrumento de medición, capaz de representar visualmente el comportamiento del voltaje como función del tiempo, este instrumento es el **Osciloscopio** que explicaremos en breve.

El **Osciloscopio** es un instrumento de medición de alta precisión, que se usa para medir voltajes en función del tiempo. Su principio de funcionamiento se basa en la emisión de electrones altamente acelerados para que impacten en una pantalla recubierta con un material fosforescente. El lugar donde se genera la emisión de electrones se denomina **Cátodo**, y consiste en un filamento de alta temperatura que forma una nube de electrones. Para acelerar estos electrones y disponerlos en un haz de luz se utiliza un alto voltaje positivo aplicado a una de las placas denominadas **Ánodos**. Los electrones al chocar en la pantalla fosforescente producen puntos brillantes denominados píxeles. El haz de electrones es desviado horizontalmente y verticalmente por un campo magnético variable distribuyéndose así los píxeles en la pantalla y produciendo una gráfica de acuerdo a las características de la señal de entrada al osciloscopio. El osciloscopio es un instrumento muy utilizado en electrónica, en equipos de calibración eléctrica, equipos de uso biomédico, etc.

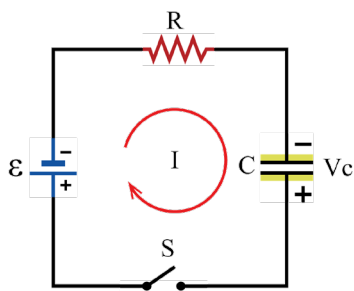


Figura 2a
Arreglo Serie

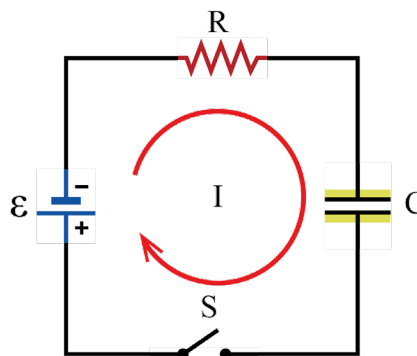


Figura 1
Circuito RC Serie

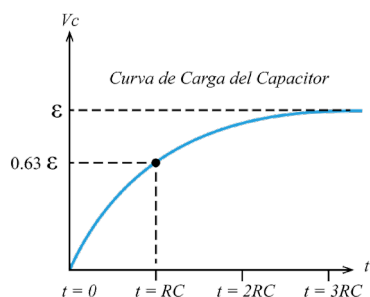


Figura 2b
Carga del Capacitor

PROCESO DE CARGA DEL CAPACITOR

Estudiemos entonces el circuito RC mostrado en la figura 2a. Cuando el interruptor S se cierra, la corriente I inmediatamente comienza a fluir a través del circuito. Los electrones fluirán desde el terminal negativo de la batería, a través del resistor R , y se acumularán en la placa superior del capacitor C . Y los electrones fluirán hacia la terminal positiva de la batería, lo que dejará una carga positiva en la otra placa del capacitor. Conforme se acumula la carga en el capacitor, aumenta la diferencia de potencial entre las placas ($V_c = Q/C$), y la corriente se reduce hasta que finalmente el voltaje a través del capacitor iguala al de la fem \mathcal{E} de la batería. Entonces ya no hay diferencia de potencial a través del resistor y no fluye más carga, en consecuencia, la diferencia de potencial V_c a través del capacitor aumenta con el tiempo desde que se cerró el interruptor. La forma matemática del voltaje en el capacitor como función del tiempo se deduce a partir de la conservación de la energía (regla de Kirchhoff de los lazos), llegándose a la expresión siguiente:

$$V_c = \mathcal{E} (1 - e^{-\frac{t}{RC}}) \quad \text{Ec. 1}$$

A partir de la ecuación 1 se ve que el voltaje V_c a través del capacitor aumenta de cero a $t = 0$ a valores máximos $V_c = \mathcal{E}$ después de un tiempo muy largo, Figura 2b. La cantidad RC que aparece en el exponente se llama **Constante de Tiempo τ** del circuito $\tau = RC$

Este representa el tiempo requerido para que el capacitor llegue a un 63% del voltaje total. Por lo tanto el producto RC es una medida de la rapidez con que se carga el capacitor.

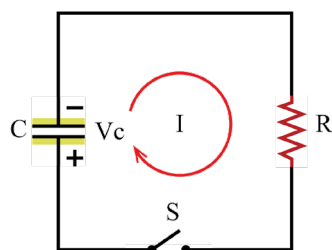


Figura 3a
Arreglo Serie

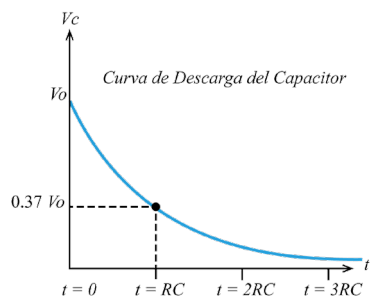


Figura 3b
Descarga del Capacitor

PROCESO DE DESCARGA DEL CAPACITOR

Ahora analizaremos otra situación, Figura 3a, un capacitor C ya cargado (digamos a un voltaje V_0), se descarga a través de una resistencia R (en este caso ya no hay una fuente de voltaje) Figura 3. Cuando se cierra el interruptor S , la carga comienza a fluir a través del resistor desde un lado del capacitor hacia el otro lado, hasta que está completamente descargado. El voltaje a través del resistor en cualquier instante es igual al que atraviesa el capacitor, $IR = Q/C$.

Aplicando los métodos matemáticos correspondientes se llega a la deducción de la función que representa al voltaje V_c del capacitor en función del tiempo:

$$V_c = V_0 e^{-\frac{t}{RC}} \quad \text{Ec. 2}$$

Por lo tanto el voltaje en el capacitor disminuye exponencialmente con una constante de tiempo RC , Figura 3b. El voltaje en el capacitor, disminuye al 37% de su valor original en una constante de tiempo $t = \tau = RC$.



¡RECUERDE!

Los osciloscopios digitales y analógicos tienen mandos y pulsadores comunes como los siguientes:

MANDOS GIRATORIOS y MANDOS HORIZONTALES- VERTICALES

Estos servirán para mover la señal representada en el osciloscopio, hacia arriba, hacia abajo, a la izquierda o a la derecha.

MANDOS DE ESCALA

(Voltaje/División y Tiempo/División)

Estos mandos son usados para manipular los valores de voltaje y tiempo en la rejilla de la pantalla del osciloscopio.

Volt/Div define el valor por división en vertical de la rejilla de la pantalla.

Time/Div define el valor por división en la horizontal de la rejilla de la pantalla del osciloscopio

El **generador de funciones** será el análogo de la fuente de voltaje que hemos estado utilizando para energizar los circuitos. Recuerde que hay diferencias entre la corriente alterna y la corriente directa.

ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA EN CAPACITORES

Muchas de las aplicaciones más importantes de los capacitores dependen de su capacidad para almacenar energía. La energía potencial eléctrica U_e almacenada en un capacitor cargado es exactamente igual a la cantidad de trabajo requerido para cargarlo, es decir, para separar cargas opuestas y colocarlas en los diferentes conductores. Cuando el capacitor se descarga, esta energía almacenada se recupera en forma de trabajo realizado por las fuerzas eléctricas. Matemáticamente, podemos calcular la energía potencial eléctrica de las siguientes maneras:

$$U = \frac{Q^2}{2C} = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} QV \quad \text{Ec. 3}$$

>OSCILOSCOPIO DIGITAL RIGOL, MANDOS Y PULSADORES<

El instrumento a utilizar es un Osciloscopio Digital (Figura 4), que nos ofrece una visualización y medida de patrones eléctricos para las formas de onda de señales de corriente alterna. Este puede ser usado para realizar pruebas de producción, mantenimiento, diseño y desarrollo y todas las demás aplicaciones que necesiten pruebas, medidas y reparaciones de circuitos analógicos/digitales, así como en educación y entrenamiento.

Inicialmente debemos familiarizarnos con el Panel Frontal del osciloscopio, el cual contiene mandos y pulsadores. Los mandos son los que se usan más a menudo y son similares a los de otros osciloscopios. Los pulsadores permiten no sólo acceder directamente a funciones sino también mostrar menús en la pantalla, de forma que se puedan realizar medidas asociadas con funciones avanzadas, matemáticas y características de referencia o control.

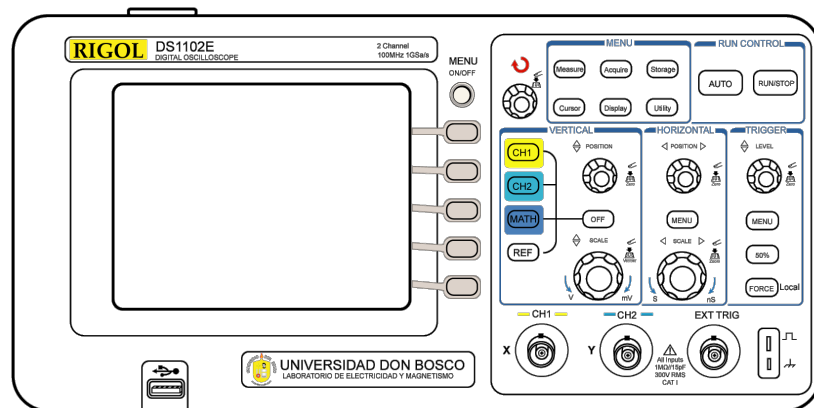


Figura 4

Vista frontal del Osciloscopio Digital RIGOL

Los osciloscopios digitales poseen una interfaz de usuario un poco más sencilla de utilizar en comparación con los demás tipos de osciloscopios, los pulsadores y mandos son las siguientes:

NOTA: Al final de ésta guía encontrará una imagen ilustrativa del osciloscopio en la que puede observar los diferentes mandos y pulsadores que se describen a continuación.

1. *BOTÓN DE ENCENDIDO
2. *PANTALLA LCD (Rejilla, Estados, Indicadores y Etiquetas de Parámetros)
3. *MANDO MULTIFUNCIÓN
4. *PULSADORES DE MENÚ (Asociados con Medida, Cursor, Adquisición, Pantalla, Almacenamiento, y Sistema)
5. *PULSADORES DE ACCIÓN (Incluyen pulsadores de control de ejecución para AUTO y ARRANQUE/PARADA (RUN/STOP))
6. PULSADORES DE DISPARO (Asociados con el MENÚ de disparo, Selecciona la acción instantánea de 50% del nivel de disparo y FUERZA el disparo)
7. *PULSADORES HORIZONTALES (Asociados con el MENÚ horizontal)



¡CUIDADO!

Siga al pie de la letra las indicaciones que su instructor le explique en cuanto al uso del equipo.

Manipule con cuidado las perillas y demás botones del osciloscopio.

No toque el equipo sin previa autorización de su instructor.

Aplique las normas de seguridad que su instructor le comente.

Si tiene dudas, siempre pregunte a su instructor.



¡BIBLIOGRAFÍA SUGERIDA!

“Física para Ciencias e Ingeniería” 7a Edición. Raymond A. Serway

“Fundamentos de Física” 4a Edición. Robert Resnick

“Física Universitaria” 12a Edición. Sears Zemansky

8. *PULSADORES VERTICALES (Asociados con CH1, CH2, MATH, REF y menús LA, el pulsador de OFF permite apagar la forma de onda o el menú activo en ese momento)
9. COMPENSADOR DE PRUEBA (Señal patrón de referencia y ajuste)
10. ENTRADA DE DISPARADOR EXTERNO
11. *CANALES PARA SEÑAL ENTRADA (CH1 y CH2)
12. *PULSADORES DE FUNCIÓN (Son cinco pulsadores grises situados desde la parte superior hasta la parte inferior de la derecha de la pantalla LCD, que seleccionan las distintas opciones del menú activo en ese momento)
13. ALMACENAMIENTO USB
14. *MANDOS GIRATORIOS (Son las perillas para el ajuste de la posición (POSITION) vertical u horizontal, escala (SCALE) y nivel de disparo (LEVEL))

>GENERADOR DE FUNCIONES<

Un generador de funciones (también llamado generador de señales o de formas de onda) es un dispositivo electrónico de laboratorio que genera patrones de señales periódicas o no periódicas tanto analógicas como digitales. En la figura 5 se muestra el panel frontal del generador con sus respectivos mandos y controles.

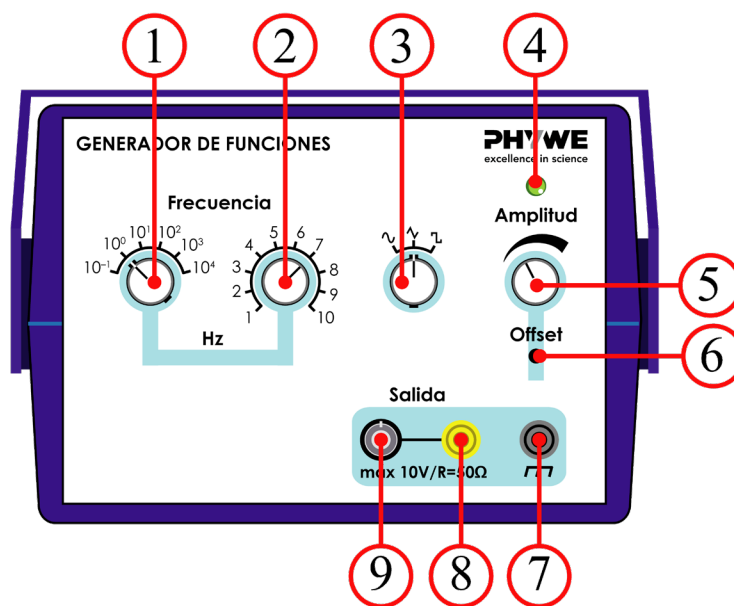


Figura 5
Vista frontal Generador de Funciones

Las partes de las que se compone el generador de funciones son las siguientes:

1. Regulador de la gama de frecuencias ($\times 10^{-1}$ a $\times 10^4$)
2. Regulador de precisión de la gama de frecuencias (1 – 10 Hz)
3. Conmutador selector de funciones (Triangular, Senoidal y Cuadrada)
4. Led Indicador de encendido y apagado
5. Regulador de la amplitud del voltaje
6. Offset. Señal de referencia (CD que se superpone a la onda en turno)
7. Borne de tierra o común
8. Salida para función seleccionada por (3)
9. Tensión de salida máxima V_{pp} a 50 Ω

El interruptor de Encendido/Apagado del generador se encuentra en la parte trasera.

TAREA PREVIA

1. ¿Qué magnitudes se relacionan en los gráficos que se obtienen en la pantalla de un osciloscopio?
2. En electrónica se suelen utilizar los siguientes términos: *Amplitud*, *Voltaje Pico*, *Voltaje Pico a Pico*, *Frecuencia*, *Periodo*, *Tren de Pulsos*. Investíguelos y defínalos.
3. ¿Qué es y para qué define la constante de tiempo tau?



¡COMENTARIO!

Para el desarrollo de este laboratorio haremos las siguientes consideraciones:

- No se usarán todas las funciones del osciloscopio.
- No se harán ajustes previos al osciloscopio.
- Los parámetros de voltajes, tiempos y frecuencias serán presentados en la pantalla del osciloscopio.
- En el caso que los datos calculados, no se logran obtener en el osciloscopio, con gran exactitud, se tomaran aquellos más próximos.



¡CUIDADO!

SI TIENE ALGUNA DUDA SOBRE EL USO DEL OSCILOSCOPIO CONSULTE PRIMERO A SU INSTRUCTOR ANTES DE REALIZAR CUALQUIER OPERACIÓN QUE PUEDA DAÑAR EL EQUIPO.

POR NINGÚN MOTIVO CONECTE LOS TERMINALES DEL OSCILOSCOPIO A LA RED ELÉCTRICA DE 110V O 220V.

RECURSOS

1	Osciloscopio
1	Generador de Funciones
1	Fuente de Tensión CD
1	Capacitor de $0.1 \mu\text{F}$
1	Tablero de Conexiones y Puentes
2	Resistencias

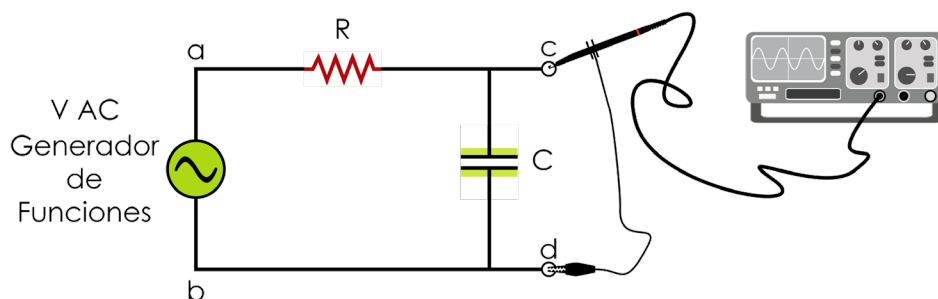
PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

PARTE A: Uso del Generador de Funciones

1. Con el generador de funciones apagado, verifique que la perilla de amplitud se encuentre al mínimo.
2. Coloque las puntas de prueba del osciloscopio a la salida del generador de funciones (Recuerde que está trabajando con corriente alterna, por lo tanto, no importa la polaridad)
3. Coloque el selector de tipo de onda en la CUADRADA
4. Para colocar la frecuencia de trabajo (1000Hz) coloque ambas perillas en 10^3 y 1, respectivamente.
5. Encienda el osciloscopio y busque que el gráfico quede centrado en la pantalla
6. Seleccione en el osciloscopio la escala de $200 \mu\text{s}$ y 2 Volt.
7. Pulse el botón “MEASURE” DEL osciloscopio, y luego seleccione, del menú desplegado en pantalla, la opción V_{pp} .
8. Encienda el generador de funciones y aumente la amplitud hasta obtener un voltaje de 10 V Pico a Pico
9. Verifique que el periodo de la señal sea equivalente a 1000 Hz de frecuencia, de lo contrario haga los ajustes necesarios para obtener el valor requerido (manipulando las perillas de ajuste de frecuencia). Seleccione en el menú desplegado en el procedimiento desarrollado en el numeral 7, frecuencia, para poder visualizar dicho dato en pantalla.
10. Cuando tenga ajustada la señal requerida (es decir con 10 Vpp, 1000 Hz y onda cuadrada) con el generador de funciones, desconecte las puntas de prueba del osciloscopio. Ahora el generador de funciones está preparado para ser conectado al circuito RC que deberá construir a continuación.

PARTE B: Circuito RC y Curva de Carga y Descarga del Capacitor

1. Construir el circuito que se muestra en la figura siguiente



2. “a” y “b” están conectados en las terminales de salida del generador de funciones.
3. Coloque las terminales de prueba del osciloscopio entre los terminales “c” y “d” del capacitor.

4. Observe la forma de onda que se presenta en la pantalla del osciloscopio (debe ser la curva característica de carga y descarga del capacitor) y dibújela a escala en la cuadrícula proporcionada en la sección de análisis de resultados o en papel milimetrado. Identifique el valor máximo de voltaje que alcanza el capacitor y el tiempo total de duración del proceso de carga y descarga respectivamente.
5. Encuentre el valor de la constante de tiempo en la curva de carga y descarga, haciendo uso del oscilograma y siguiendo las indicaciones que el docente de laboratorio le proporcionó durante la introducción teórica. CUALQUIER DUDA EN CUANTO A LA MANIPULACIÓN DEL EQUIPO NO DUDE EN CONSULTAR INMEDIATAMENTE A SU DOCENTE.

RESULTADOS OBTENIDOS



PONGA EN PRÁCTICA LO EXPERIMENTADO

Haciendo uso del osciloscopio, mida:

1. El tiempo total para cargar el capacitor.
2. El tiempo total para descarga el capacitor.
- 3.Cuál es el voltaje “consumido” por el capacitor al haber transcurrido la primera constante de tiempo en el proceso de descarga.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

1. Dibuje en papel milimetrado, a escala, la curva de carga y descarga del capacitor que visualizó en la pantalla del osciloscopio.
2. Indique en la curva de carga el punto en el cual el capacitor obtiene el 63% de su voltaje máximo. Calcule dicho valor e indíquelo en el gráfico.
3. Indique en la curva de descarga del capacitor, el punto en el cual el capacitor únicamente tiene el 37% de su voltaje máximo. Calcule dicho valor e indíquelo en el gráfico.
4. Indique en el gráfico el primer Tau de carga y descarga.
5. Calcule el valor teórico de la constante de tiempo en el proceso de carga y descarga, determine el porcentaje de error para cada caso. Concluya y justifique en base al valor obtenido.
6. ¿Cuánta energía es capaz de almacenar el capacitor en el instante justo que ha transcurrido una constante de tiempo en la curva de descarga? Utilice el voltaje obtenido con el osciloscopio



¡OJO!

En su reporte, deje constancia de todos los cálculos realizados, por muy básicos que los considere.

Si hace algún tipo de aproximación deje los datos calculados y los datos reales con los cuales trabajó.

