

FÍSICA EXPERIMENTAL III

Trabajo de Laboratorio N° 3: Respuesta transitoria en un circuito RC

Objetivos: Estudiar la respuesta en un circuito RC serie frente a una señal de alimentación cuadrada. Medir la constante de tiempo característico del circuito. Instruirse en el manejo de un osciloscopio y de un generador de funciones.

Introducción:

En este práctico estudiaremos la respuesta de un circuito RC serie ante la perturbación producida por una señal de tensión con forma de escalón. Dicha respuesta posee una forma característica en función del tiempo que se la conoce como respuesta transitoria del circuito.

La respuesta transitoria puede observarse por medio de un osciloscopio¹, el cual puede configurarse en modo de disparo único o continuo. El modo de disparo único se utiliza para visualizar transitorios lentos (por ejemplo, con tiempos característicos mayores a 100ms) y debe detenerse la visualización en forma manual para que no se borre la medición mostrada en la pantalla. Por otro lado, para transitorios rápidos (por ejemplo, con tiempos característicos menores que 100ms) se puede utilizar al osciloscopio en modo continuo, de esta forma se puede realizar la medición de la respuesta transitoria tomando un promedio sobre varias mediciones del transitorio.

Si se tiene un circuito cuya respuesta transitoria puede medirse con el osciloscopio en modo continuo, la perturbación debe ser periódica, debido a que el osciloscopio, en este modo, mide señales que se repiten en el tiempo. Si se aplica una señal cuadrada positiva periódica, es decir una señal que toma el valor de 0V en medio período y un valor V_0 en el otro medio período, es posible obtener la misma respuesta que con una señal de tipo escalón si se tiene la precaución de que medio período ($T/2$) de la señal cuadrada sea mucho mayor que el tiempo característico de la respuesta transitoria del circuito (τ). Al cumplirse dicha condición ($T/2 \gg \tau$) se garantiza que, en cada ciclo de la señal cuadrada, el capacitor se carga y se descarga completamente.

Parte I: Introducción al uso del osciloscopio y del generador de funciones

La primera parte de este práctico de laboratorio consiste en una serie de prácticas sencillas con el fin de proporcionar una introducción en el manejo de un osciloscopio digital y de un generador de funciones, lo que formará parte de la etapa de preparación para estudiar luego la respuesta transitoria en un circuito RC.

Actividades:

Sin encenderlos, conecte todos los instrumentos a la línea de tensión de 220V.
IMPORTANTE: para conectar el osciloscopio use un cable de alimentación sin conexión de

¹ Ver Anexo: Osciloscopio y Generador de Funciones

tierra. El osciloscopio (OSC) debe quedar con tierra flotante. Usaremos como tierra la de la fuente de alimentación y/o generador de funciones (GF).

Conecte el GF al canal 1 del osciloscopio por medio de un cable BNC.

Asegúrese de llevar la amplitud del GF a su mínimo valor (botón AMPL del GF totalmente en sentido antihorario).

Encienda el GF y el osciloscopio. Seleccione la escala de voltaje del canal 1 del OSC (botón VOLT/DIV) en 1V/div.

Seleccione la frecuencia del GF en 1kHz, aproximadamente. Seleccione función de onda sinusoidal.

Seleccione la escala de tiempo del OSC (botón SEC/DIV) a un valor adecuado para observar entre tres y cuatro ciclos de 1kHz. Seleccione el modo de disparo (botón TRIG. MENU) para el canal 1 en modo Normal y acoplamiento CA. Ubique el nivel de disparo a la mitad de pantalla del OSC. Aumente la amplitud de la señal del GF (botón AMPL) hasta observar una señal adecuada en el OSC.

Mida la frecuencia y la amplitud pico-a-pico con el osciloscopio, usando los cursores (botón CURSORES) y en forma automática (botón MEDIDAS).

Mida, en forma automática, la amplitud rms (efectiva) y la amplitud media. Seleccione la escala de tiempo de modo de ver solo medio período en la pantalla del OSC. Repita las medidas de amplitud. Comente qué observa.

Seleccione la escala de tiempo de modo de ver algunos períodos de la onda. Cambie el modo de disparo del OSC (botón TRIG. MENU) entre pendiente Positiva y pendiente Negativa. Comente qué observa.

Detenga la adquisición (botón RUN/STOP). Grabe la forma de onda en una memoria portátil USB (botón GUARDAR-PRINT y botón ALM./REC.).

Con el botón OFFSET del GF aplique una tensión de continua a la señal. Cambie el modo de acoplamiento del canal de entrada del OSC de CA a CC. Comente qué observa. Cancele el nivel de continua en la señal del GF. Cambie al modo de acoplamiento CA.

Cambie la frecuencia del GF. Seleccione una frecuencia de 100Hz, aproximadamente. Seleccione la escala de tiempo del OSC a un valor adecuado para observar entre tres y cuatro ciclos. Mida la frecuencia. Repita los pasos anteriores para una frecuencia de 10kHz, aproximadamente.

Seleccione en el GF formas de onda triangular y cuadrada de 1kHz de frecuencia, aproximadamente. Mida la frecuencia y la amplitud pico-a-pico con el osciloscopio usando los cursores y en forma automática.

Seleccione en el GF la forma de onda cuadrada. Con el osciloscopio observe el detalle del flanco de la onda cuadrada. Seleccionado adecuadamente la tensión por división y la escala de tiempo del OSC mida el tiempo que tarda en elevarse el pulso.

Con el osciloscopio observe el detalle de la región constante de la onda cuadrada.

Seleccionado adecuadamente la tensión por división y la escala de tiempo del OSC mida la frecuencia de la señal amortiguada que aparece una vez que el flanco del pulso alcanzó su máximo valor.

Cambie el modo de adquisición del OSC (botón ADQUISICIÓN) de muestreo Normal a Promedio. Seleccione distintos números de promedios. Adquiera la señal. Compare con el modo de adquisición de muestreo normal.

Apague el GF y desconecte el cable BNC que lo une al OSC.

Parte II: Respuesta transitoria en un circuito RC serie

En la Figura 1 se muestra el esquema de conexionado para la medición de la respuesta transitoria en un circuito RC serie.

La señal cuadrada positiva es suministrada por el generador de funciones, que se encuentra conectado a un amplificador (salida máxima 10V pico-a-pico, rango de frecuencias 0-100kHz) el cual alimenta al circuito RC. El generador de funciones y el amplificador están representados en la Figura 1 por la fuente de tensión $v(t)$, siendo sus terminales, positivo y el negativo, los correspondientes terminales de la salida del amplificador.

Como se ve en la Figura 1, la resistencia (R) y el capacitor (C) se encuentran conectados en serie a la fuente $v(t)$. Las conexiones para la medición con el osciloscopio están indicadas por medio de los símbolos rectangulares CH1 y CH2. Cada uno de estos rectángulos representa la entrada al osciloscopio de las puntas o cables de medición, donde se indica la polaridad positiva (+) o negativa (-) de cada par de cables. El osciloscopio posee una impedancia de entrada extremadamente alta, por lo tanto la corriente consumida por el osciloscopio puede despreciarse y no perturba de manera apreciable al circuito.

Se puede observar en la Figura 1 que el terminal positivo del canal 1 (CH1) está conectado a la unión de un extremo de la resistencia con el terminal positivo de la fuente (o el amplificador) y el terminal negativo a la unión de la resistencia y el capacitor. De esta manera, el canal 1 mide directamente la diferencia de potencial en la resistencia ($v_R(t)$). Por otro lado, el terminal positivo del canal 2 (CH2) está conectado a la unión de un extremo del capacitor con el terminal negativo de la fuente (o el amplificador), mientras el terminal negativo está conectado a la unión de la resistencia y el capacitor. De esta manera, el canal 2 mide inversamente la diferencia de potencial en el capacitor ($v_C(t)$), por lo que en el osciloscopio se puede invertir la señal de este canal para medir $v_C(t)$ en forma directa.

Es muy importante remarcar que la tierra (o masa) del osciloscopio, la cual se indica con el símbolo de un triángulo (tierra osc.) en Figura 1, no es la misma que la tierra de la fuente de alimentación o señal, la cual se indica con un símbolo con líneas paralelas (tierra fuente).

Importante: Para lograr que estas tierras no estén al mismo potencial es necesario que el osciloscopio se conecte a la red eléctrica con un cable de dos patas (es decir, sin conexión a tierra). De esta manera, la tierra del osciloscopio queda flotante con respecto a la de la

fuelle. Con esta forma de conexionado el osciloscopio puede ser utilizado para medir potenciales en forma diferencial.

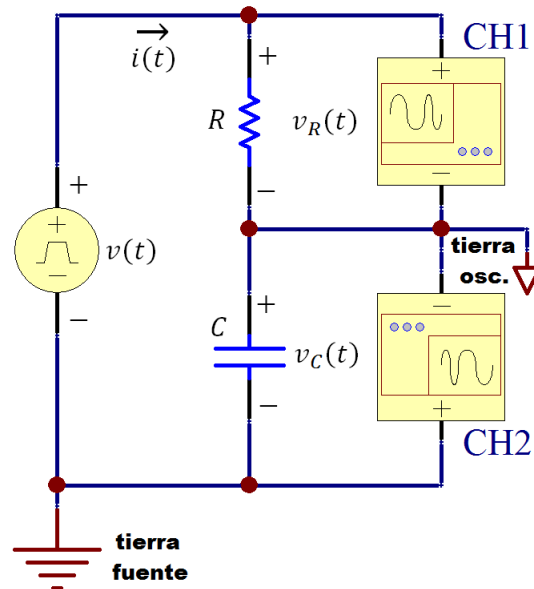


Figura 1: Esquema de un circuito RC serie y conexionado de los dos canales de un osciloscopio para medir la diferencia de potencial en la resistencia (R) y en el capacitor (C).

Consideramos el caso en que la señal de alimentación tiene una forma cuadrada positiva con un valor mínimo de 0 y un valor máximo de V_0 , la cual se repite en un período de tiempo T , con un ciclo de trabajo del 50% (es decir, medio período $V=0V$ y medio período $V=V_0$), como muestra el gráfico de $v(t)$ en la Figura 2. Dicho período T será considerado como suficientemente largo para que el capacitor prácticamente se descargue por completo cuando la fuente pasa de V_0 a $0V$ y se cargue por completo cuando pasa de $0V$ a V_0 . Para esta configuración el comportamiento de las tensiones en la resistencia y en el capacitor se muestra en la Figura 2, haciendo la asignación $v_C(t) \equiv v_1(t)$ y $v_R(t) \equiv v_2(t)$

Actividades:

Seleccione elementos con los valores apropiados de modo que el tiempo característico τ del circuito RC sea del orden de decenas o cientos de μs .

Configure el generador de funciones para obtener una señal cuadrada cuya frecuencia cumpla que medio período sea mucho mayor que el tiempo característico del circuito ($T/2 \gg \tau$) y con una amplitud de $\pm 1,5V$, aproximadamente. Luego agréguele un valor de tensión continua (*offset*) hasta obtener una señal cuadrada positiva entre $0V$ y $3V$.

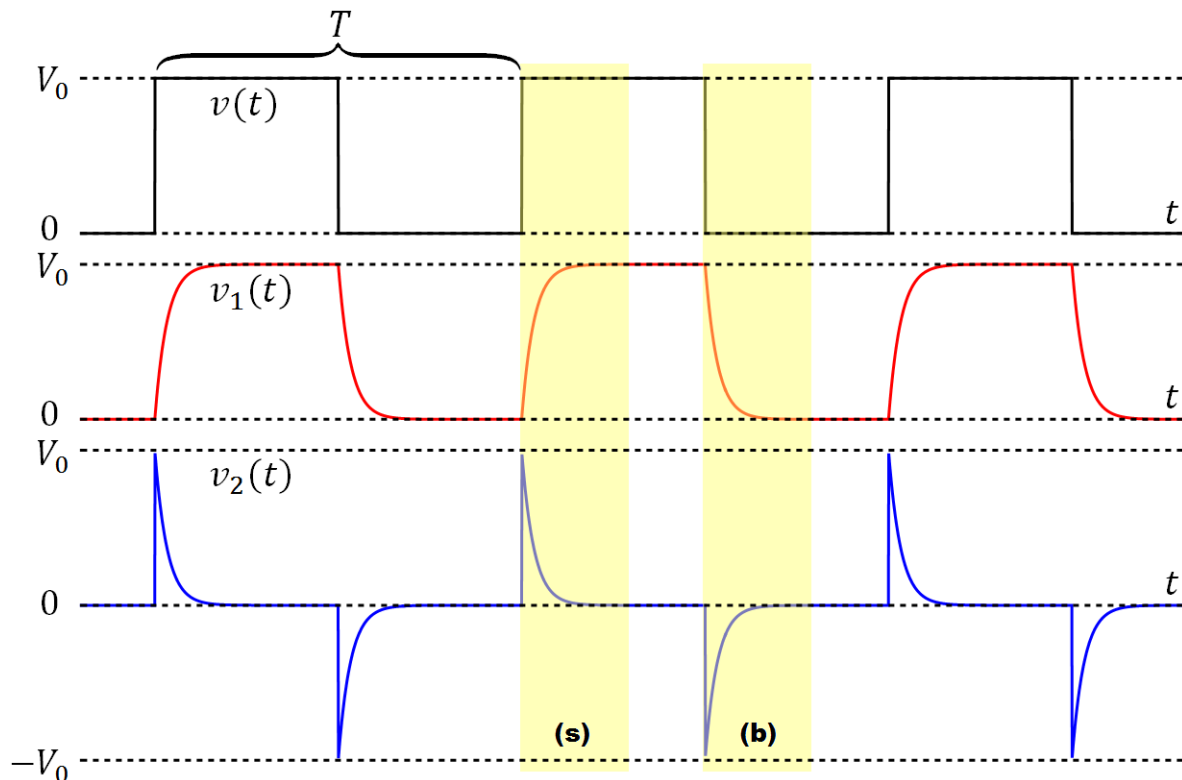


Figura 2: Señales típicas de la respuesta transitoria de un circuito RC serie a una señal de entrada cuadrada positiva $v(t)$. Las zonas resaltadas corresponden a la parte de la respuesta del circuito al flanco de subida (s) y al de bajada (b).

Arme el circuito que se muestra en la Figura 1, utilizando el generador de funciones conectado al amplificador como fuente de alimentación del circuito. Para ello utilice la salida de baja impedancia del amplificador.

Conecte el osciloscopio como se muestra en el circuito de la Figura 1, observe detenidamente cómo se debe conectar la tierra de cada canal. Configure el canal 2 en modo INV (invertir entrada). Para disminuir el ruido en la medición puede limitar el ancho de banda de cada canal. Los canales deben estar configurados en acoplamiento CC.

Realice una medición directa de la constante de tiempo característico sobre la imagen de la señal medida en la pantalla del osciloscopio, haciendo uso de los cursores.

Guarde los datos de las diferencias de potencial en la resistencia y en el capacitor en función del tiempo. Realice ajustes a los datos medidos con funciones apropiadas, tanto en la carga como en la descarga. Determine el tiempo característico del circuito a partir de los ajustes realizados.