



Física Experimental 2



Práctica 3 - Circuitos RC en régimen transitorio: actividad de experimento remoto

1. Objetivos

- Actividad a realizar de forma individual.
- Estudiar el comportamiento de un circuito RC serie en régimen transitorio.
- Realizar un experimento remoto con el circuito.
- Comenzar a entender los principios básicos de funcionamiento de un osciloscopio.

2. Introducción

Antes de realizarla es necesario leer el repartido sobre el funcionamiento básico del osciloscopio y mirar con atención el video sobre el osciloscopio.

Haciendo uso de la plataforma online VISIR, que permite realizar experimentos en modalidad remota, se estudiará el comportamiento de un circuito RC serie en régimen transitorio.

Link a la plataforma VISIR: <https://onlinelabs.cuas.at/client/visir>

Tienen a disposición un video que explica el funcionamiento de esta plataforma que permite realizar experimentos remotos.

Tendrán que realizar y entregar individualmente en la plataforma una breve reporte de la actividad que se describe a continuación, en formato pdf.

3. Fundamento teórico: circuitos RC

Consideramos un circuito RC serie como el mostrado en la Fig. 1 compuesto por una fuente de voltaje ideal $v(t)$, una resistencia R y un

capacitor C . Las caídas de potencial en cada elemento y la corriente por el circuito se pueden escribir como:

- $v_R(t) = Ri(t)$
- $v_C(t) = \frac{q(t)}{C}$
- $i(t) = \frac{dq(t)}{dt}$

Aplicando la segunda ley de Kirchoff en el circuito con la llave en 1 obtenemos:

$$v(t) - Ri(t) - \frac{q(t)}{C} = 0 \quad (1)$$

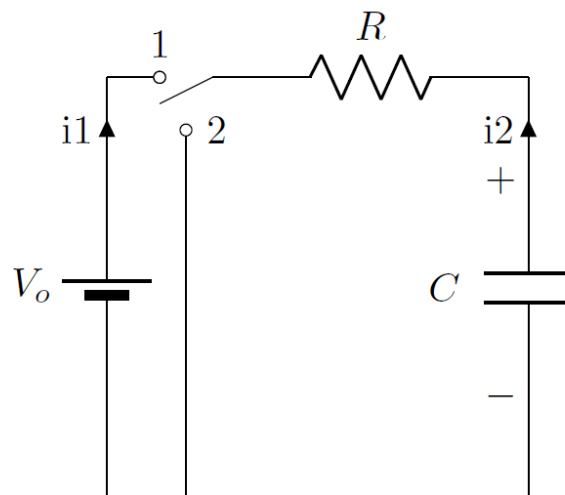


Figura 1: Circuito RC

3.1. Circuito RC en Régimen Transitorio.

Supongamos que el circuito de la figura 1 sea alimentado por una fuente de tensión constante ($v(t) = V_0$). Dado que la llave se encuentra en la posición 1, el condensador se empieza a cargar y circula una corriente i_1 . Si la llave se coloca en la posición 2, el condensador comenzará a descargarse y circulará una corriente i_2 . Para estudiar el comportamiento transitorio del circuito tomamos como instante inicial ($t = 0$) aquel donde la llave hace contacto con la posición 1 y obtenemos las expresiones para la corriente en función del tiempo durante la carga del condensador. Una vez cargado el

condensador, se colocará la llave en la posición 2 y se estudiará la descarga del mismo.

3.1.1. Carga del Condensador

Durante la carga del condensador (llave en la posición 1), la ecuación 1 se vuelve $V_0 = Ri_1 + \frac{q}{C}$ con $i_1 = \frac{dq}{dt}$ siendo q la carga del condensador. Por lo tanto, la carga en el condensador satisface la ecuación diferencial inhomogénea:

$$V_0 = Ri_1(t) + \frac{q(t)}{C} \quad \text{con} \quad q(0) = 0 \quad (2)$$

La solución de esta ecuación para $q(t)$ será la suma de la solución de la ecuación homogénea ($q_h(t)$) y la solución particular ($q_p(t)$), es decir $q(t) = q_h(t) + q_p(t)$. La solución de la ecuación homogénea es una exponencial de la forma $q_h(t) = Ae^{-\frac{t}{\tau}}$ donde A y τ son constantes (verifique que $\tau = RC$). La solución particular (en este caso verifica que $\dot{q}_p(t) = 0$) es $q_p(t) = V_0C$. Por lo tanto

$$q(t) = Ae^{-\frac{t}{\tau}} + V_0C \quad (3)$$

imponiendo la condición inicial (condensador descargado) llegamos a $A = V_0C$. Por lo que finalmente obtenemos las expresiones para la carga y la corriente en el condensador i_1

$$q(t) = V_0C(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \quad (4)$$

$$i_1(t) = \frac{V_0}{R}e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (5)$$

La constante $\tau = RC$ tiene unidades de tiempo y se denomina *tiempo característico* de carga (y descarga) del condensador. Cuando $t = \tau$ la carga en las placas vale $\frac{1}{e} \approx 0,632$ de la carga total V_0C .

Ejercicio 1:

- A partir de las ecuaciones 4 y 5 obtenga $v_R(t)$ y $v_C(t)$.
- Halle el tiempo ($t_{90\%}$) para el cual el condensador alcanza el 90% del valor límite calculado en la parte anterior.

3.1.2. Descarga del Condensador

Con la llave en la posición 2, el condensador se descargará a través de la resistencia. Si el condensador está totalmente cargado, $q(0) = V_0C$. La ecuación diferencial para la descarga será:

$$\frac{dq(t)}{dt} + \frac{1}{\tau}q(t) = 0 \quad \text{con} \quad q(0) = V_0C \quad (6)$$

Cuya solución para la carga $q(t)$ y la corriente $i(t)$ es

$$q(t) = V_0C e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (7)$$

$$i(t) = -\frac{dq}{dt} = -\frac{V_0}{R} e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (8)$$

Ejercicio 2:

- A partir de las ecuaciones 7 y 8 obtenga $v_R(t)$ y $v_C(t)$.
- Halle el tiempo ($t_{10\%}$) para el cual el condensador alcanza el 10% del valor límite calculado en el ejercicio anterior.

Finalmente, cuando la fuente alimenta el circuito con una onda cuadrada, el condensador pasa por sucesivos ciclos de carga y descarga con la misma periodicidad de la fuente, como se observa en la figura 2. Alimentar el circuito con una onda cuadrada es una manera de implementar el efecto de la llave de la Fig. 1 en las posiciones 1 y 2.

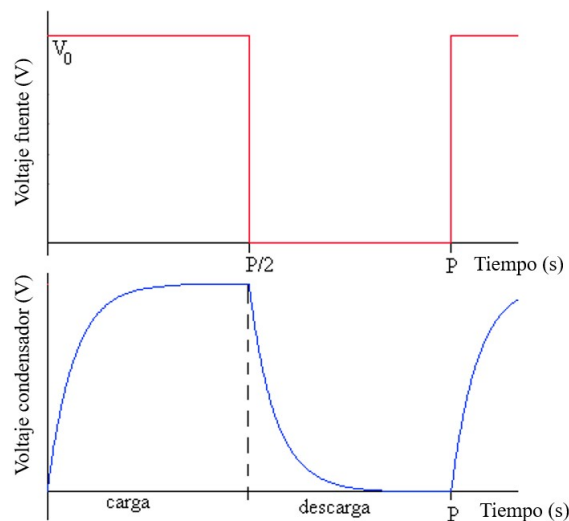


Figura 2: Ciclos de carga y descarga de un condensador (P es el periodo de la fuente).

4. Actividades a realizar

Bajar desde la página eva del curso el archivo exp.cir. Una vez dentro la plataforma visir, visualizar la protoboard (que en el visir es denominada breadboard) y cargar (load) el archivo exp.cir. Realizada esta operación, en la protoboard aparecerán los elementos pasivos que usarán en el armado del circuito: un condensador de $C = 100 \text{ nF}$ y una resistencia de $R = 470 \Omega$.

Construir un circuito RC serie alimentado por el generador de funciones.

Al armar el circuito RC serie, poner la tierra del circuito en uno de los bornes del condensador. Al revés, con la tierra puesta en el borne de la resistencia, no funciona (esto es probablemente debido a que un circuito RC con polaridad al revés no está disponible en el sistema visir que usamos). Utilizando el generador digital de funciones de la plataforma, alimentar el circuito con una onda cuadrada para obtener los ciclos de carga y descarga del condensador. Observar la señal de la fuente con el canal 1 del osciloscopio y el potencial del condensador en el canal 2. Superponer ambas señales en la pantalla del osciloscopio. Es posible exportar el archivo de datos de las señales visualizadas en el osciloscopio para utilizarlo en el SciDavis (o en programas similares).

- A partir de los valores de R y C proporcionados, determine el valor de la constante de tiempo RC y usando el generador de funciones alimente al circuito con una onda cuadrada cuyo período T verifique: $T \geq 10RC$. La amplitud en voltios de la señal del generador es arbitraria.
- En el canal 1 del osciloscopio, donde está visualizado el voltaje entregado por el generador, mida el período y la amplitud de la onda cuadrada. Realizar la medida con la menor incertidumbre posible, usando las escalas vertical y horizontal más convenientes del osciloscopio. Presente el resultado de la medida de la amplitud y del periodo con su respectiva incertidumbre, usando la cantidad de cifras significativas correcta. Discuta si los valores del periodo y de la amplitud medidos son coherentes con los valores presentes en el display digital del generador de funciones.
- Además de la señal del generador $V_0(t)$ en el canal 1 y de la señal $V_C(t)$ del condensador en el canal 2, visualice en el osciloscopio el voltaje en los bornes de la resistencia $V_R(t)$. Como $V_R(t) = V_0(t) - V_C(t)$ usar la opción del osciloscopio que permite visualizar la resta de las señales de los canales 1 y 2. Para visualizar correctamente $V_R(t)$, asegurarse que el valor de la escala vertical en los dos canales del osciloscopio sea la misma. Ajustar la escala horizontal del osciloscopio al fin de visualizar no más de un ciclo completo de carga y descarga.
- Interprete los voltajes $V_0(t)$, $V_C(t)$ y $V_R(t)$ y comente si lo observado en el osciloscopio es coherente con lo esperado teóricamente.

- Alimente el circuito con una onda cuadrada cuyo período verifique: $T \leq 10RC$ (por ejemplo $T \approx 2RC$). Visualice en el osciloscopio $V_0(t)$, $V_C(t)$ y $V_R(t)$. Qué diferencias cualitativas observa en los comportamientos del voltaje en el condensador y en la resistencia? Argumente su respuesta.

5. Resultados a presentar

- Presente tres capturas de pantalla de la computadora donde se vea:
 1. El osciloscopio con las tres señales $V_0(t)$, $V_C(t)$ y $V_R(t)$ en el caso $T \geq 10RC$.
 2. El osciloscopio con las tres señales $V_0(t)$, $V_C(t)$ y $V_R(t)$ en el caso $T \approx 2RC$.
 3. La protoboard realizada con las conexiones al osciloscopio y al generador.

Las capturas de pantallas mostrando las señales en el osciloscopio tienen que cumplir la condición de mostrar no más de un ciclo de carga y descarga completos.

- Conteste a todo lo que se les pide en la sección 4, presentando las medidas requeridas y contestando a las preguntas y discusiones planteadas.

6. Pauta para evaluar el informe individual de la práctica

Este informe no tiene el formato habitual. Es un reporte de una actividad de simulación.

- **Capturas de pantalla - max 5 pt:** Presentar las tres capturas de pantalla requeridas en el protocolo. Se valorará que no se haya visualizado más de un ciclo completo de carga y descarga.
- **Medida de la amplitud y del periodo de la onda cuadrada - max 3 pt:** Presentar resultado con incertidumbre, cifras significativas y unidades correctas. Presentar medida con menor incertidumbre posible. Comentar si la medida realizada es coherente con los valores entregados por el generador de funciones.
- **Medida con diferentes periodos T de la onda cuadrada - max 2 pt:** Discusión sobre la diferencia cualitativa en lo observado en los dos casos $T \geq 10RC$ y $T \approx 2RC$.