

# Comportamiento transitorio de un circuito $RC$

Laboratorio de Electromagnetismo y Óptica, Departamento de Física - FCEyN - UBA

**Objetivo:** Estudiar el comportamiento transitorio de un circuito compuesto por un capacitor y una resistencia. Tiempo característico - Determinación del tiempo de carga y descarga de un capacitor. Medición de capacidad. Determinación de la resistencia equivalente de un voltímetro.

## I. INTRODUCCIÓN

Un capacitor está formado por dos placas conductoras separadas por una distancia pequeña, generalmente, por un medio aislante dieléctrico. Si se conecta el capacitor a una fuente, las cargas se distribuyen en las superficies, llegando a un equilibrio como se muestra en la Fig. 1. En cada placa, hay igual cantidad de carga pero de signo contrario. La diferencia de potencial  $V$  que existe entre las dos placas conductoras es proporcional a la carga  $Q$  que hay en cada placa, según:

$$Q = CV, \quad (1)$$

donde  $C$  es la constante de proporcionalidad llamada capacitancia. Esta constante depende de las características del capacitor (superficie de placas y distancia de separación, material entre placas). Las unidades de la capacitancia son los Faradios,  $F = C/V$ .

Para estudiar las propiedades de un capacitor, podemos analizar el circuito que se presenta en la Fig. 2(a). El mismo está compuesto por una fuente  $V$ , una resistencia  $R$  y un capacitor  $C$  conectados en serie. Inicialmente, consideremos que el capacitor se encuentra descargado, esto es,  $Q(t=0) = 0$  C. La ecuación de caídas de tensión del circuito es:

$$V = V_R + V_C, \quad (2)$$

donde  $V_R = IR$  y  $V_C = Q/C$  son las caídas de tensión sobre la resistencia y el capacitor, respectivamente. Recordando que  $I = \frac{dQ}{dt}$ , podemos reescribir a la Ec. (2) como la siguiente ecuación diferencial de primer orden para la carga:

$$V = R \frac{dQ}{dt} + \frac{Q}{C}, \quad (3)$$

cuya solución, considerando  $Q(t=0) = 0$  C, es:

$$Q(t) = VC \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right), \quad (4)$$

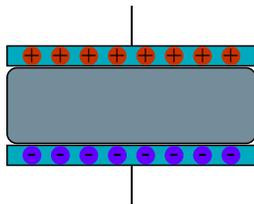


Figura 1. Estructura de un capacitor de capas paralelas metal-aislante-metal.

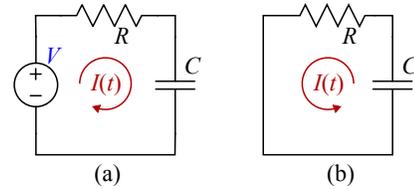


Figura 2. Circuito  $RC$  (a) conectado a una fuente, (b) sin fuente. Las flechas indican la dirección de la corriente que circula transitoriamente.

con  $\tau$  definido como el tiempo característico de carga y se calcula según:

$$\tau = RC. \quad (5)$$

Combinando la Ecs. (1) y (4), podemos obtener la evolución temporal de la caída de potencial sobre el capacitor:

$$V_C(t) = V \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right). \quad (6)$$

Usando la Ec. (2) podemos obtener la caída de tensión en la resistencia:

$$V_R = V e^{-\frac{t}{\tau}}. \quad (7)$$

Estas expresiones muestran que el circuito presenta un comportamiento temporal transitorio caracterizado por  $\tau$ . Para tiempos muchos mayores al característico, el circuito llega a un régimen estacionario.

## II. PARA TRABAJAR ANTES DE LA CLASE

- ¿Cuál es el valor de la corriente en el régimen estacionario?
- ¿Qué sucede con  $V_C$  en el estacionario?
- ¿Cómo es la evolución temporal de la tensión  $V_C$  del circuito mostrado en la Fig. 2(b)? Considerar que el capacitor inicialmente tienen una carga  $Q$ .
- ¿Cuál es el tiempo característico de la descarga?

## III. CARACTERIZACION DE LA RESISTENCIA INTERNA DEL VOLTÍMETRO

Para estimar la resistencia interna de un voltímetro armaremos un circuito  $RC$  como se muestra en la Fig. 3(a).

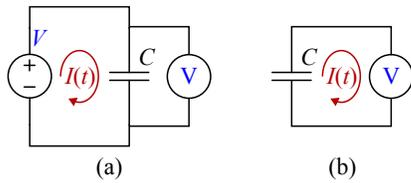


Figura 3. Circuito propuesto para medir la resistencia interna del voltímetro. (a) Carga inicial del capacitor (b) Descarga. Las flechas indican la dirección de las corrientes transitorias durante ambos procesos.

Una vez que el capacitor haya llegado a su máximo valor de tensión, desconectaremos la fuente del circuito [Fig. 3(b)] y registraremos la tensión del voltímetro como función del tiempo. Para esto, realizaremos un video de la pantalla del instrumento. Se recomienda utilizar un capacitor cuyo valor esté dentro del rango  $[1 - 10] \mu\text{F}$ .

- Describir cuál es el circuito de descarga del capacitor
- Graficar varios puntos de tensión *vs.* tiempo
- Usando la ecuación de descarga calculada en la Sec. II, determinar el valor del tiempo característico
- Tomando como dato el valor nominal  $C$  del capacitor utilizado, estimar el valor de la resistencia interna del voltímetro

#### IV. CARACTERIZACIÓN DE UN CAPACITOR

Armar el circuito mostrado en la Fig. 4 utilizando el mismo capacitor que en la actividad anterior. En esta experiencia estudiaremos la respuesta del sistema al variar el valor de  $R$ . Utilizaremos como fuente de tensión un generador de funciones. La característica principal de este instrumento es que nos permite aplicar al circuito una señal periódica de forma, amplitud y frecuencia variable. Para medir la caída de potencial sobre el capacitor utilizaremos una placa de adquisición que permite elegir

el número de muestras que colecta por unidad de tiempo y la longitud de la medición. Tanto el generador de funciones como la placa de adquisición tienen sus entradas y salidas referidas a tierra.

- Antes de comenzar la experiencia, conectaremos el generador de funciones directamente con la placa de adquisición para familiarizarnos con el instrumental
- Observar la respuesta de la placa al cambiar las distintas funciones del generador, frecuencia y amplitud. A partir de una frecuencia fija ¿cómo debemos elegir la frecuencia de muestreo y el largo de la medición?
- Tener en cuenta la conexión eléctrica de las tierras del circuito. Recordar que tienen que estar todas en el mismo punto
- ¿Cómo elegiría la frecuencia del generador de funciones?
- Medir la respuesta transitoria de la tensión sobre el capacitor para distintos valores de  $R$
- ¿Cuál es la ecuación que describe el comportamiento observado? Determinar el valor de  $\tau$  para cada caso
- Utilizar la Ec. (5) para verificar si se cumple dicha relación y obtener el valor de  $C$
- Con este nuevo valor de  $C$ , recalculamos la resistencia interna del multímetro y discutimos los resultados

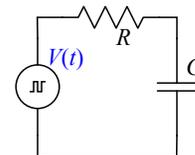


Figura 4. Diagrama propuesto para medir el fenómeno transitorio de un circuito RC. Utilizaremos un generador de funciones para alimentar al circuito con una onda cuadrada y mediremos la respuesta del capacitor con una placa de adquisición.