

Capacitores y dieléctricos



Objetivo

Estudio de las propiedades básicas de los capacitores, la dependencia de la capacitancia con la geometría y los dieléctricos. Análisis de las características de circuitos RC.

Actividad 1

Carga y descarga de un capacitor

Usando el circuito descrito esquemáticamente en la Figura 1, estudie las características básicas del proceso de carga y descarga de un capacitor usando un sistema de adquisición de datos asociado a una PC. Para este experimento, use un capacitor C y una resistencia $R1$ tal que su producto sea del orden de 10 segundos. Elija para $R2$ un valor de aproximadamente el doble que $R1$. Conecte los terminales de sistema de toma de datos en los bornes del capacitor C como muestra la Figura 1. También es útil disponer de un pulsador y asegúrese que la fuente de tensión V_0 tenga un valor inferior a 10 Volt de modo de no dañar el sistema de toma de datos. Elija una frecuencia de muestreo (cuentas por segundo) del orden de $RC/100$. Use el pulsador para cargar el capacitor. Antes de conectar, asegúrese que un instructor revise su circuito. Grafique la dependencia de V_c como función del tiempo en escala lineal y semilogarítmica y obtenga el mejor ajuste de la curva que describe la dependencia de V_c como función del tiempo. También construya un gráfico de $d V_c(t)/dt$ versus $V_c(t)$. A partir de estos gráficos, determine la constante de tiempo τ_1 característica de la descarga del circuito $R1$ - C . Usando este mismo procedimiento, determine la constante de tiempo

de tiempo τ_2 de la carga del capacitor. En cada caso, mida los valores de C , R_1 y R_2 usando un multímetro. Repita este análisis para otro conjunto de valores R_1 , R_2 y C . Usando sus datos y los de sus compañeros de clase, construya un gráfico de los valores de τ medidos experimentalmente en función de los correspondientes valores de $R \cdot C$. ¿Qué concluye de este estudio respecto de valor de tiempo característicos de carga y descarga de un capacitor?

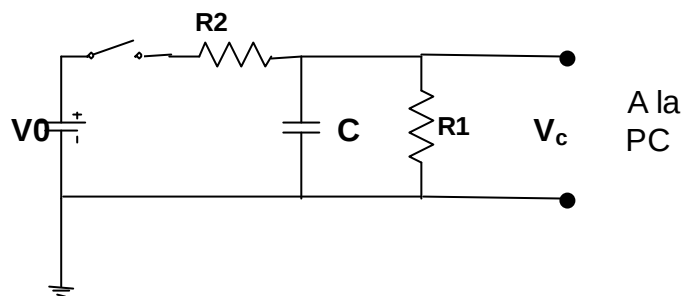


Figura 1.

Actividad 2

Variación de la capacidad con la geometría.

Usando dos placas metálicas de aproximadamente 300 a 1000 cm² de área y distancias variables entre ellas, utilizando un multímetro con facilidad para medir capacidad, estudie la variación de la capacidad con la distancia entre las placas. Un modo de realizar este estudio es disponer de una hoja de papel de espesor conocido. Lo cual puede realizarse midiendo el espesor de un centenar de estas hojas. Luego se procede a cortar cuadraditos de aproximadamente 1 cm². Estos cuadraditos se apilan en las esquinas de las placas metálicas y se mantienen en su lugar usando broches de plástico que mantengan las placas en posición ejerciendo una presión moderada sobre las mismas pero preservando la aislación eléctrica entre las mismas. Variando el número de papelitos en las esquinas se puede variar la distancia entre las placas. Para este experimento las placas deben de ser suficientemente rígidas para evitar la deformación

de las mismas durante el experimento. Placas de aluminio o bronce de 1 a 2 mm de espesor son adecuadas, aunque se pueden usar otros metales. Determine el valor de la capacidad del sistema para a) por lo menos cinco espesores diferentes. b) Distintos valores de áreas de las placas conductoras. Un modo de variar el área es colocar las placas en paralelo usando igual espesores de papel entre ellas. Realice esta parte del experimento en aire y grafique i) C versus d (distancia entre placas), ii) C versus A (área de las placas) y iii) C versus A/d para todos los datos (puede combinar el este último gráfico datos tomados por sus compañeros). ¿Qué puede concluir a partir de estos gráficos acerca de la variación de la capacidad con la geometría?



Actividad 3

Variación de la capacidad el medio dieléctrico

Usando medios aislantes que ocupen todo el volumen entre las placas, estudiar la variación de la capacidad con las características del medio aislante, dieléctrico. Como dieléctrico puede usar papel, vidrio, acrílico o papel impregnado de aceite o alcohol. El cociente de la capacidad con y sin dieléctrico, para una misma geometría de los capacitores planos (igual área y distancia entre las placas) determina el valor de la constante dieléctrica, k , del medio. Para el caso del papel, realice el mismo análisis que en el punto anterior pero usando el papel como medio dieléctrico y separador al mismo tiempo. Del gráfico de C versus d , determine la constante dieléctrica de estas sustancias. Estime el error de sus determinaciones. Para todas las sustancias dieléctricas usadas, determine el valor de K y compare con los valores tabulados.



Actividad 4

Circuito RC

Usando el circuito de la Figura 2, usando un generador de funciones y un osciloscopio, estudiar experimentalmente la variación de la tensión en R y C , cuando se

aplica una tensión cuadrada $V(t)$. Para esta parte del experimento, pruebe con un capacitor C y una resistencia R tales que el producto RC sea del orden de 10 ms y la frecuencia fundamental de la onda cuadrada del orden de 100 Hz. Conecte V_R y V_C alternativamente a la entrada del osciloscopio. Compare la forma de la señal de salida del generador de funciones con las señales que se observan para V_R y V_C .

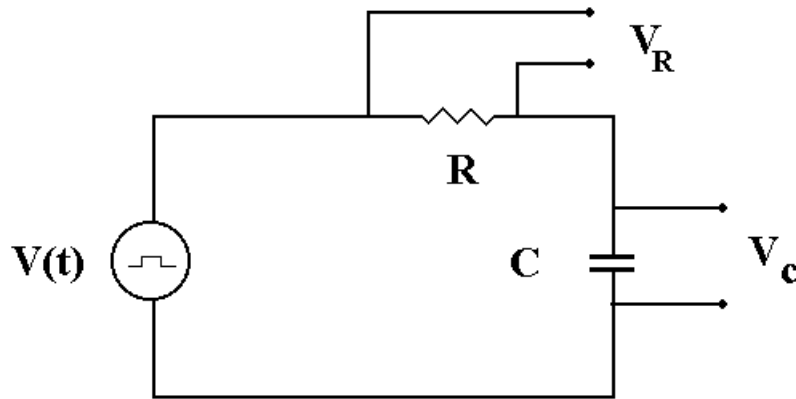


Figura 2.

Se define la constante de tiempo τ del circuito como el tiempo que tardaría el circuito el lograr su máximo (mínimo) valor si la carga (o corriente) fuese una rampa de pendiente igual a la inicial ($t=0$).

- Describa un procedimiento para medir τ con el osciloscopio.
- Estudie la dependencia de τ con R .
- Estudie la dependencia de τ con C .
- Grafique sus resultados. Grafique τ como función de R , C y del producto RC . ¿Que conclusiones obtiene de este estudio?

Nota: Recuerde que tanto el osciloscopio como la fuente de tensión tienen resistencias internas. En general los generadores de tensión puede ser considerados como una fuente de tensión ideal, en serie con una resistencia R_i ($R_i \approx 50\Omega$).

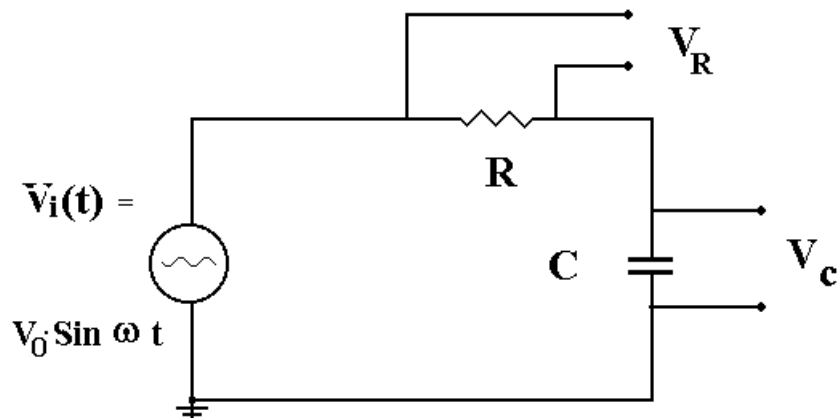


Figura 3.

Actividad 5

Circuito RC – Respuesta estacionaria

Usando el circuito de la Figura 3 con una fuente de tensión sinusoidal, estudiar la forma de V_C , V_R como función de ω ,

- Represente gráficamente $V_R(max)/V_i(max)$ en función de ω , ¿qué concluye?.
- Represente gráficamente $V_C(max)/V_i(max)$ en función de ω , ¿qué concluye.
- Estudie las fases relativas de V_R y V_C respecto de V_i , f_R y f_C respectivamente.

Represente gráficamente f_R y f_C en función de ω .

En todos estos casos, intente describir teóricamente sus resultados e incluya en los gráficos anteriores los valores teóricos predichos por su modelo.

Sugerencia: Cada estudiante puede realizar un estudio completo de los puntos 2, 3 y 4 usando uno (o dos) valores de R y C . Luego para el análisis se recomienda intercambiar los resultados, de modo que las conclusiones se realicen con todo el conjunto de datos tomados por todos los alumnos.

Apéndice

$$\epsilon_0 = 8.85 \text{ pF} / \text{m} = \text{Permitividad del vacío}$$

Capacidad de un condensador de caras planas y paralelas de área A , distancia d y constante dieléctrica del medio igual a k .

$$C = \frac{k \cdot \epsilon_0 \cdot A}{d}$$



Bibliografía

1. *Física para estudiantes de ciencias e ingeniería*, D. Halliday, R. Resnick y J. Walker, 4ta. Ed. (Trad. de Fundamentals of Physics – John Wiley & Sons, Inc. New York 1993).
2. *Física Vol.II - Campos y ondas* - M. Alonso y E. J. Finn, Fondo Educativo Interamericano Ed. Inglesa, Addison-Wesley, Reading Mass. (1967); Fondo Educativo Interamericano (1970).
3. *Berkeley physics course - Volumen 2*, Electricidad y magnetismo, E. M. Purcell, Editorial Reverté, Barcelona (1969).
4. *Trabajos prácticos de física*, J. E. Fernández y E. Galloni, Editorial Nigar, Buenos Aires (1968).
5. *Curso superior de física práctica*, B. L. Worsnop y H.T. Flint, Eudeba, Buenos Aires (1964).