

Carga y descarga de un condensador mediante una gran resistencia

Material

Voltímetro digital
Resistencia de $R_R=240000 \Omega$ (2)
Pila de petaca de 4,5 V
Cables de conexión
Cronómetro

1.-Introducción

La carga y descarga de un condensador es una práctica que aparece en esta web. La novedad que se muestra aquí es que el alumno puede montar el circuito en su casa. Además al ser la carga y la descarga a través de una gran resistencia ($R_R=220 \text{ k}\Omega$) los tiempos de las medidas son grandes y, por tanto, existe cierta comodidad en leer el voltímetro y el cronómetro. Por otra parte se pone de manifiesto que en el ajuste de las ecuaciones experimentales es preciso tener en cuenta la propia resistencia interna del voltímetro.

Un alumno habilidoso puede realizar el sólo el experimento, sin embargo recomendamos que sean dos alumnos los que lo lleven a cabo, uno controlando el cronómetro y el otro el voltímetro.

2.-Circuito eléctrico

Se monta el circuito de la figura 1.

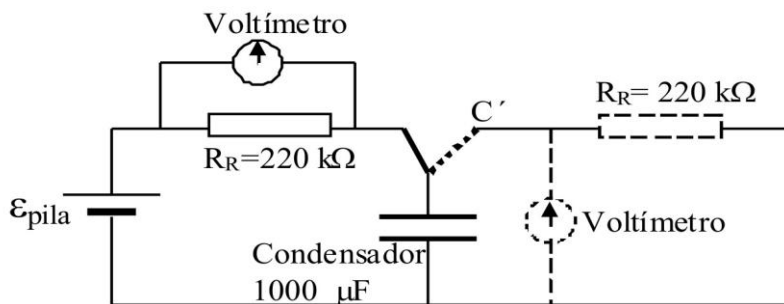


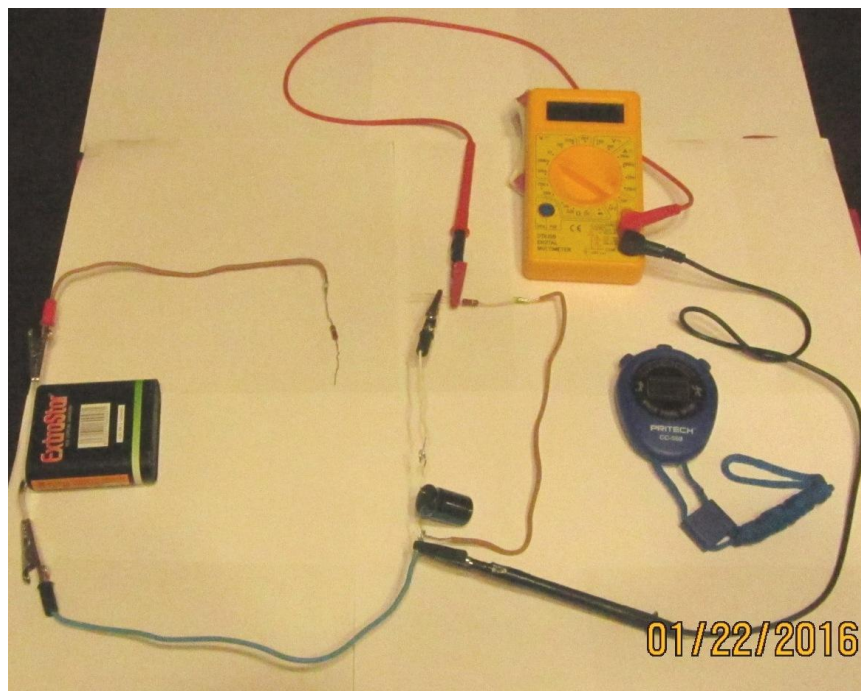
Fig.1

La malla de la izquierda es el circuito de carga del condensador. Una vez cargado el condensador el voltímetro se cambia de posición y el conmutador C se pasa a la posición C' y es la malla de la derecha el circuito de descarga. La fotografía 1 corresponde al circuito de carga del condensador y la fotografía 2 a su descarga.

Aviso muy importante. El condensador es electrolítico y es imprescindible respetar su polaridad, por tanto, el polo positivo de la pila se une al terminal positivo del condensador y el negativo de la pila al negativo del condensador. El condensador lleva una banda impresa al lado del borne negativo y dentro de ella el signo menos repetido.



Fotografía 1.- Esta fotografía se corresponde con el circuito de la izquierda de la figura 1. El condensador se está cargando y el voltímetro mide la caída de tensión entre los bornes de la resistencia de $220\text{ k}\Omega$. El cronómetro mide el tiempo. El circuito de la derecha está desconectado.



Fotografía 2.- Esta fotografía se corresponde con el circuito de la derecha de la figura 1. El condensador se está descargando a través de la resistencia de $220\text{ k}\Omega$. El voltaje y el tiempo se registran mediante el voltímetro y el cronómetro. El circuito de la izquierda está desconectado.

3.-Fundamento teórico

Carga de un condensador.- La diferencia de potencial entre los bornes de un condensador cuando se carga a través de una resistencia R_D , viene dada por la ecuación

$$V = V_P \left(1 - e^{-\frac{t}{R_D C}} \right)$$

V es la caída de tensión en cada instante entre los bornes del condensador, V_P la diferencia de potencial entre los bornes de la pila, t es la variable tiempo, C es la capacidad del condensador que en nuestro experimente su valor nominal es $C = 1000 \mu\text{F}$ y R_D es la resistencia de carga del condensador.

Operando en la ecuación anterior resulta

$$\ln \frac{V_P - V}{V_P} = -\frac{t}{R_D C} \quad (1)$$

La ecuación (1) nos indica que al representar el $\ln \frac{V_P - V}{V_P}$ frente a t se obtiene una línea recta a partir de la cual y sabiendo el valor de C se calcula el de R_D mediante el valor de la pendiente.

Descarga de un condensador.- La diferencia de potencial entre los bornes de un condensador inicialmente cargado, cuando se descarga a través de una resistencia R_D , viene dada por la ecuación

$$V = V_o e^{-\frac{t}{R_D C}} \Rightarrow \ln \frac{V}{V_o} = -\frac{t}{R_D C} \quad (2)$$

V es la caída de tensión entre los bornes del condensador, t es la variable tiempo, V_o es la caída de tensión inicial ($t=0$) entre los bornes del condensador, C es la capacidad del condensador que en nuestro experimente vale $C = 1000 \mu\text{F}$ y R_D es la resistencia de descarga del condensador.

La ecuación (2) nos indica que al representar el $\ln \frac{V}{V_o}$ frente a t se obtiene una línea recta y a partir de su pendiente y sabiendo el valor de C se calcula el de R_D .

Nota. En este experimento la resistencia R_D es diferente de R_R , tal como se comprueba al realizar las medidas.

4.-Modo de operar

1. Carga del condensador

a) Simultáneamente se pone en marcha el cronómetro y el cierre del circuito en la posición C y se comienza a leer ambos, el cronómetro y el voltímetro, el cronómetro de diez segundos en diez segundos durante minuto y medio y después de treinta en treinta segundos hasta aproximadamente un tiempo total de 9 minutos.

b) Los valores obtenidos en ambas medidas se disponen en la tabla I, siendo V_R el voltaje a través de la resistencia y V_C el voltaje a través del condensador. El voltaje inicial de la pila se mide

$$V_P =$$

Dado que V_P se mantiene constante durante el experimento, la caída de tensión en el condensador es

$$V_C = V_P - V_R$$

Tabla I

Tiempo/s									
V_R ; Voltaje en V									
V_C en V									
Tiempo/s									
V_R ; Voltaje en V									
V_C en V									
Tiempo/s									
V_R ; Voltaje en V									
V_C en V									

c) Represente en el eje de abscisas los tiempos de la tabla I y en ordenadas los voltajes. Así se obtiene la curva de carga del condensador.

d) Construya con los valores de la tabla I la II

Tabla II

Tiempo/s									
V _C , Voltaje en el condensador en voltios									
ln((V_P-V_C)/V_P)									
Tiempo/s									
V _C , Voltaje en el condensador en voltios									
ln((V_P-V_C)/V_P)									
Tiempo/s									
V _C , Voltaje en el condensador en voltios									
ln((V_P-V_C)/V_P)									

e) Represente en el eje de abscisas el tiempo y en el eje de ordenadas $\ln[(V_p - V_c)/V_p]$. Deduzca el valor de la resistencia de carga del condensador R_D ¿Por qué es diferente de R_R= 220 kΩ? Calcule la resistencia interna del voltímetro.

1 . Descarga del condensador

e) Cargue el condensador. El voltímetro colocado como se indica en la figura 1. El cierre se coloca en la posición C'. y simultáneamente se pone en funcionamiento el cronómetro. Las lecturas se hacen de diez en diez segundos hasta un tiempo de aproximadamente dos minutos, luego de treinta en treinta segundos hasta un tiempo total de unos nueve minutos. Todos los datos se recogen en la tabla III

Tabla III

Tiempo/s									
V_R ; Voltaje en V									
Tiempo/s									
V_R ; Voltaje en V									
Tiempo/s									
V_R ; Voltaje en V									

f) Represente en el eje de abscisas los tiempos de la tabla III y en ordenadas los voltajes. Así se obtiene la curva de descarga del condensador.

g) A partir de los datos de la tabla III construya la tabla IV. Ahora V_R es igual a V_C

Tabla IV

Tiempo/s									
$\ln V_C$									
Tiempo/s									
$\ln V_C$									
Tiempo/s									
$\ln V_C$									

h) Represente en el eje de abscisas el tiempo y en el eje de ordenadas $\ln V_C$. Deduzca el valor de la resistencia de carga del condensador R_D ¿Por qué es diferente de $R_R = 220 \text{ k}\Omega$?
Calcule la resistencia interna del voltímetro.