



## **FUNCIONAMIENTO DE CAPACITORES con software**

- Estudio y visualización del comportamiento del voltaje en un capacitor en función del tiempo
- Relación de la constante de tiempo de un capacitor con la resistencia
- Manejo de software para recolección automática de datos

### **OBJETIVOS [1.1]**

- Construir un circuito DC que permita observar y medir el comportamiento del voltaje durante la descarga de un capacitor.
- Estudiar y determinar gráfica y analíticamente como es la dependencia temporal del potencial eléctrico en relación con el valor de la capacitancia o de la resistencia empleada.
- Calcular a partir del análisis la capacitancia experimentalmente y compararla con el valor esperado.
- Calcular a partir del análisis el valor de la constante de tiempo del capacitor y determinar su relación en función de la resistencia.

### **MARCO TEORICO [1.2]**

Un elemento de un circuito en el cual se almacena una carga  $Q$  cuando se aplica una diferencia de potencial  $V$ , tendrá una capacitancia  $C$ , definida como la relación entre la carga almacenada por el elemento y el potencial aplicado entre sus bornes.

$$C = \frac{Q}{V}.$$

La unidad de capacitancia es el *farad* ( $F$ ) y es igual a  $\frac{\text{coulomb}}{\text{volt}}$ . Un *farad*, sin embargo, es una unidad demasiado grande para las aplicaciones cotidianas, y se usa comúnmente el *microfarad*, igual a  $10^{-6}$  *farad*, el cual se abrevia como  $\mu F$ , y el *picofarad* ( $10^{-12}$  *farad*), abreviado como  $pF$ .

Los elementos de un circuito que tienen valores específicos de capacitancia se conocen como condensadores. La mayoría de los condensadores constan de dos placas conductoras separadas por un aislante, como papel, mica, aire, etc. También existen condensadores de cerámica y de plástico en los cuales se han depositado películas metálicas sobre las superficies. Estos últimos condensadores tienen una alta resistividad.

Los condensadores de cerámica y los plásticos, los de placas paralelas separados por aire o papel, etc., pueden usarse para corriente alterna o directa. Es decir, en este tipo de condensador no existe una polaridad preferencial. Su funcionamiento será el mismo si se invierte la polaridad de las placas.

Existe otro tipo de condensador en el cual la resistividad no es muy alta, pero con el cual se pueden alcanzar altos valores de la capacitancia. En estos condensadores, una película delgada de óxido sirve de dieléctrico (separador) entre una lámina metálica y una solución o mezcla conductora. Estos condensadores se conocen como **electrolíticos** y pueden usarse sólo si la lámina metálica nunca será negativa con respecto a la solución. Si la placa metálica es negativa, la película de óxido se destruye y el condensador no podrá usarse de nuevo.

Todo condensador electrolítico tendrá marcados los bornes positivo y negativo y hay que tener cuidado de usarlos adecuadamente.

Cuando un condensador con capacitancia  $C$  se descarga a través de una resistencia  $R$  en serie con él, es conveniente considerar tres cantidades, variables con el tiempo, que intervienen en el proceso:

- $Q(t)$  que es la carga en una de las placas del condensador (la otra placa necesariamente tiene una carga  $-Q(t)$ )

- $I(t)$  que es la corriente que circula a través del circuito;
- $V(t)$  que es la diferencia de potencial entre la placa positiva y la negativa del condensador y equivale para esta práctica de laboratorio a la *fem*  $E$  que suministra la fuente (por lo tanto será la diferencia de potencial a través de la resistencia que completa el circuito).

a. Es posible establecer la siguiente relación entre la carga y la corriente

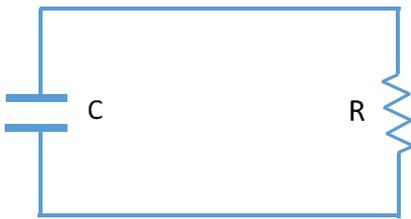
$$I = \pm \frac{dQ}{dt}, \quad (1)$$

donde la escogencia del signo depende de la dirección de la corriente con respecto a la placa que contiene la carga  $Q$ .



**Asegúrese de comprender cuál signo corresponde en cada caso.**

b. En un circuito que contiene una resistencia y un capacitor, al utilizar la conservación de la energía aplicando la ley de Kirchhoff de las mallas y la definición de capacitancia  $C = \frac{Q}{V}$ , cualquiera que sea el signo (**¿por qué?**) que se escoja en la ecuación (1), se obtiene la siguiente ecuación:



$$\sum V = 0 \quad \rightarrow \quad V_R + V_C = 0$$

$$RI + \frac{Q}{C} = 0$$

$$RI + \frac{Q}{C} = 0 \quad (2)$$

Al reemplazar (1) en (2) se llega a la **ecuación diferencial**

$$\frac{dQ}{dt} = -\frac{1}{RC}Q \quad (3)$$

c. Verifique, que la solución de la ecuación (3) tiene la forma

$$Q = Q_0 e^{-\frac{t}{RC}} \quad (4)$$

- d. Demuestre que la constante  $Q_0$  puede tener cualquier valor para satisfacer la ecuación (3). Pero para satisfacer las condiciones físicas concretas,  $Q_0$  debe ser la carga que tiene el condensador en  $t = 0$ . Compruébelo.
- e. Demuestre que para el proceso de carga del condensador por medio de una fuente DC con una fem  $E$  o su forma equivalente, como quiera que al considerar para este caso  $E = V_0$ , donde  $V_0$  es la diferencia de potencial entre las placas del condensador, surge la ecuación diferencial (3) y asume la forma

$$\frac{dQ}{dt} = -\frac{1}{RC}Q + V_0. \quad (5)$$

- f. La solución de la ecuación (5), después de aplicar la condición de que la carga inicial es cero, tiene la siguiente forma que **usted debe verificar**:

$$Q = CV_0(1 - e^{-\frac{t}{RC}}) \quad (6)$$

- g. Al descargarse el condensador, para que la carga de una de las placas sea  $\frac{Q_0}{e} = 0,3679 Q_0$ , es decir, cerca del 37% de su valor inicial, se tendrá la constante de tiempo  $RC$ . Deduzca este hecho de la ecuación (4).

### MATERIALES Y EQUIPO [1.3]

	<b>Cantidad</b>
Xplorer GLX (Datalogger, Cable de alimentación y cable USB )	1
Cables de tensión de diferentes colores (2 amarillos, 2 verdes, 2 rojos y 1 negro)	7
Tarjeta de carga y descarga EM-8678	1
Resistencias adicionales ( 22 y 47 $\Omega$ )	2
Sensor Voltaje/Corriente PS-2115 (Voltage-Current sensor)	1
Fuente de Voltaje LEYBOLD	1
Cables de conexión para la fuente	2
Computador	1

### PROCEDIMIENTO [1.4]

## 1. Configuración del Xplorer GLX

**ADVERTENCIA:** Sea paciente con los tiempos de espera para que el programa cargue e identifique los dispositivos externos, por lo tanto **NO insista en conectar y desconectar los cables repetidas veces.**

*Inicialmente identifique cada uno de los componentes mencionados en la sección anterior.*

Para comenzar encienda el computador, espere 3 minutos y verifique el correcto funcionamiento del computador. En este momento conecte el cable USB mini de transmisión de datos en la entrada ubicada en la parte lateral superior derecha del sensor Explorer GLX (datalogger) y el otro extremo a la entrada USB del computador. Ahora conecte un extremo del cable de alimentación del sensor a la conexión de 15 V ubicada en la parte lateral derecha del equipo y el otro extremo a la red eléctrica de 110V. Note que al conectar a la red eléctrica el dispositivo datalogger Explorer GLX se enciende automáticamente, y cerciórese de que en la pantalla del computador aparece una ventana identificando el sensor conectado que corresponde al portal del software identificado como PASPortal como se muestra en la Figura

1. Dé click en el icono DATASTUDIO

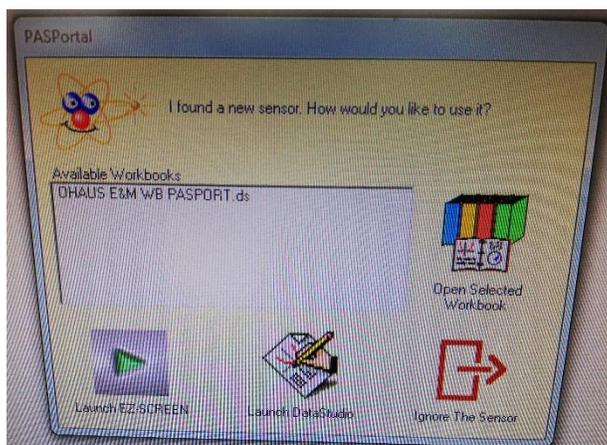


Figura 1. Imagen de visualización de la ventana inicial del software PASPortal que aparece cuando se identifica el sensor en el sistema.

## 2. Montaje de la tarjeta EM-8678

En términos prácticos el objetivo es montar un circuito en paralelo entre la fuente LEYBOLD, un capacitor redondo de 1 F (máximo 3.5V) y una de las resistencias escogidas,

tal como se muestra en la figura 2. Por defecto la tarjeta incluye tres resistencias de 10, 33 y 100  $\Omega$ ; e incluye un punto intercambiable de resistencias.

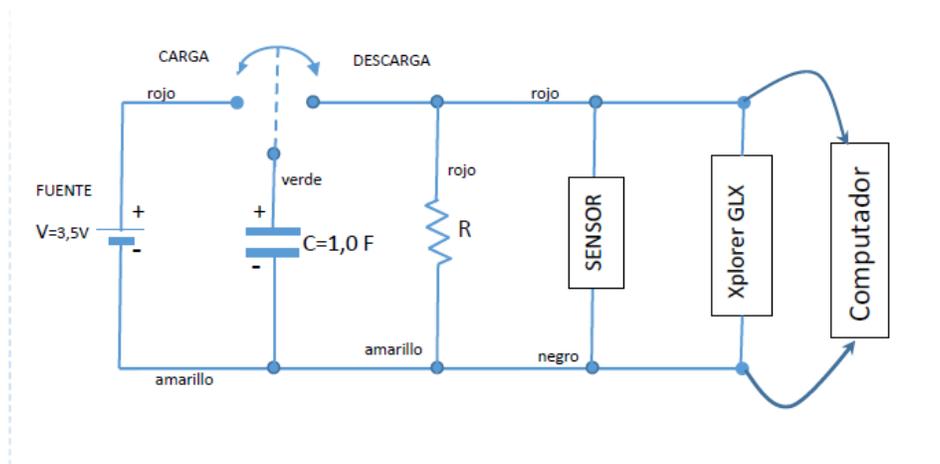


Figura 2. Circuito esquemático del montaje realizado con la tarjeta EM-8678.

Anote los valores de capacitancia, resistencia para un voltaje de entrada máximo de 3,5 V en la fuente:

C = \_\_\_\_\_ R = \_\_\_\_\_ V = \_\_\_\_\_

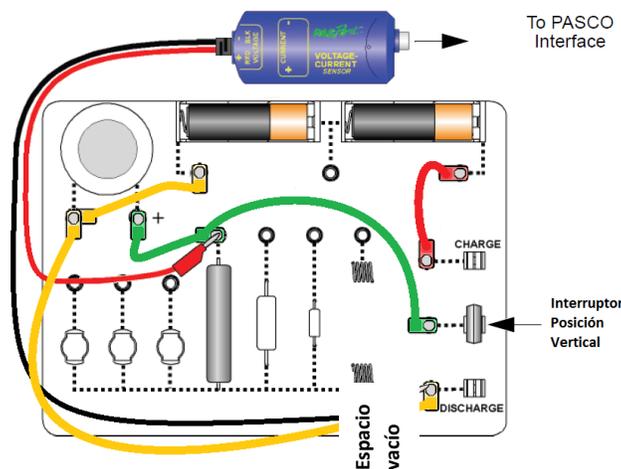


Figura 3. Representación de las conexiones necesarias para acoplar los diferentes elementos del circuito de la tarjeta. Sea cuidadoso empleando los cables de acuerdo con el color asignado a cada conexión.

En la figura 3, se muestra una representación esquemática de las conexiones necesarias entre los elementos del circuito de acuerdo con los colores identificados en los conductores. Realice el montaje de las diferentes conexiones teniendo en cuenta que el interruptor en la

parte derecha de la tarjeta esté en posición vertical. Los conectores amarillos corresponden a las conexiones a tierra entre el negativo de la fuente, el capacitor y la resistencia. Los cables verdes corresponden al nodo positivo del capacitor conectado con cada resistencia unida a su vez a la posición intermedia del interruptor. El cable rojo (positivo) conecta la fuente al interruptor en la posición superior (borne positivo) que permite cargar el capacitor. El sensor de corriente voltaje PASPORT PS-2115 (voltaje-current sensor) queda conectado entre los extremos de la resistencia de  $10\ \Omega$ , de tal modo que el borne positivo (cable rojo) inicialmente se conecta al extremo de la resistencia a través del interruptor y el borne negativo de la fuente (cable negro) se conecta a la posición inferior del interruptor (borne negativo). En la figura 4 se muestra una fotografía del diagrama de conexiones esperado en la tarjeta para lo anteriormente descrito.

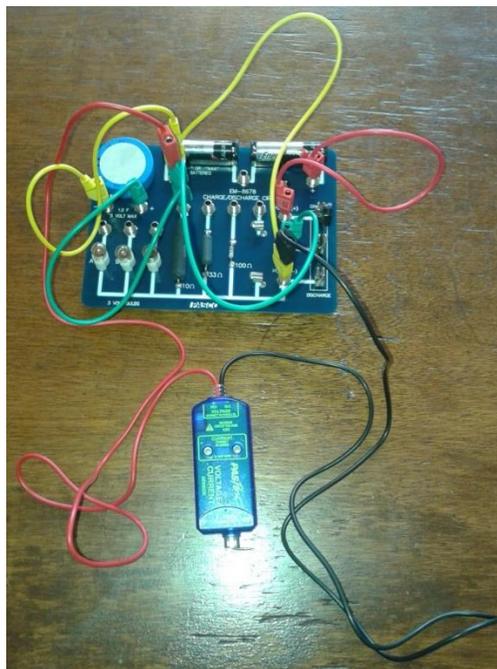
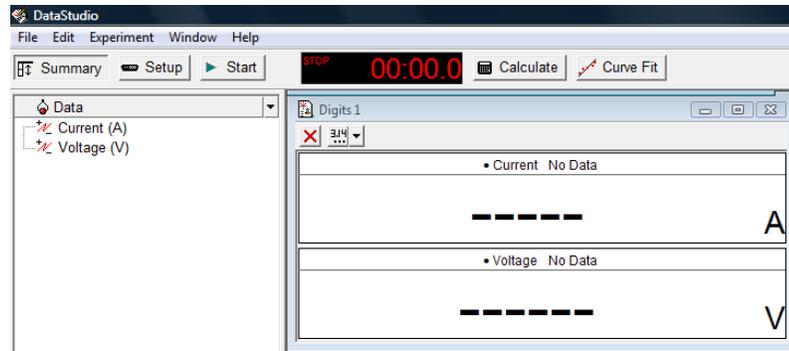


Figura 4. Fotografía del montaje donde se muestra la tarjeta EM 8678 conectada al sensor PASPORT.



a)



b)

Figura 5. a) Conexión del sensor de voltaje al Xplorer GLX. b) Ventana de reconocimiento del sensor de voltaje al conectarse en el programa DATAESTUDIO.

Conecte el sensor de voltaje-corriente PASPort al puerto de tensión del lado derecho del Xplorer GLX (entrada 1), como se muestra en la figura 5a. Ubíquese en la pantalla del programa DATASTUDIO y note que automáticamente el programa reconoce el sensor y aparece una nueva ventana, como se muestra en la figura 5b.

### 3. Toma de datos

Configure el gráfico para que represente la tensión con respecto al tiempo. Para ello, de doble click en el icono GRAPH el cual se encuentra ubicado en el Menu DISPLAYS en la parte inferior izquierda del programa. Automáticamente aparecerá una nueva ventana llamada “Choose a data source” y escoja la opción VOLTAGE (V), y luego presione OK. Aparecerá una ventana de gráfico donde en el eje X tendremos tiempo en segundos y en el eje Y tendremos voltaje en voltios, como se muestra en la figura 5. Maximice la ventana de gráfico para una mejor observación de los datos. Encienda la fuente de voltaje y seleccione con cuidado 3,5 V con el multímetro digital.

Cargue el condensador cambiando la posición vertical a horizontal del interruptor ubicado en el lado derecho de la tarjeta, de modo que quede conectado a la parte superior del mismo (borne positivo). Mantener la conexión durante unos 5 segundos antes de ir al siguiente paso.

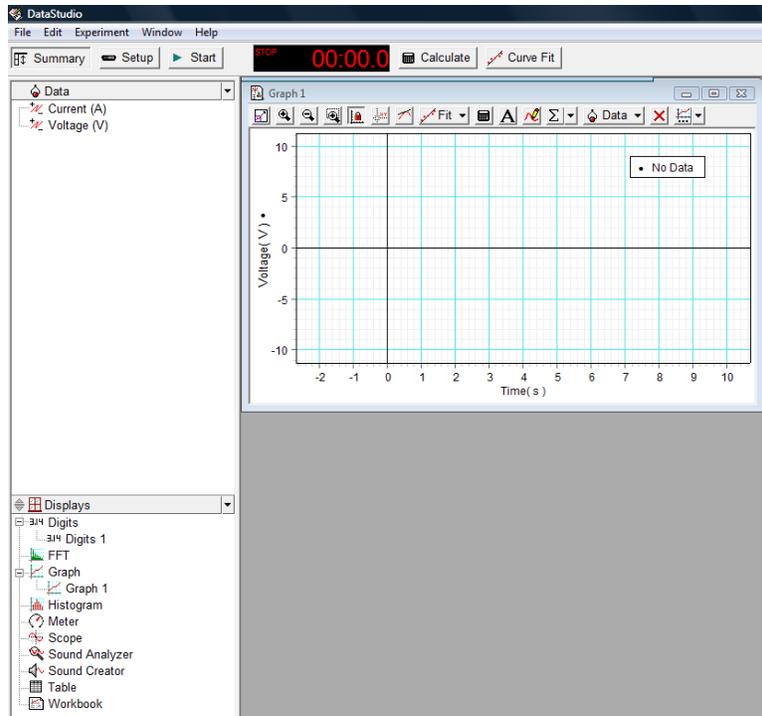


Figura 6. Visualización de la ventana de gráfico de voltaje en función del tiempo del programa Xplorer GLX.

Desconecte el borne positivo de la fuente colocando nuevamente el interruptor en posición vertical e inmediatamente pulsar **Start** para iniciar la recopilación de datos. Note como en tiempo real va apareciendo en el gráfico de su pantalla la variación de los valores del voltaje en función del tiempo. Para una mejor visualización de los datos presione el icono resaltado en color rojo de la figura 6. Cuando la tensión haya caído por debajo de 0,1 V, y pulsar **Stop** para detener la recolección de los datos.

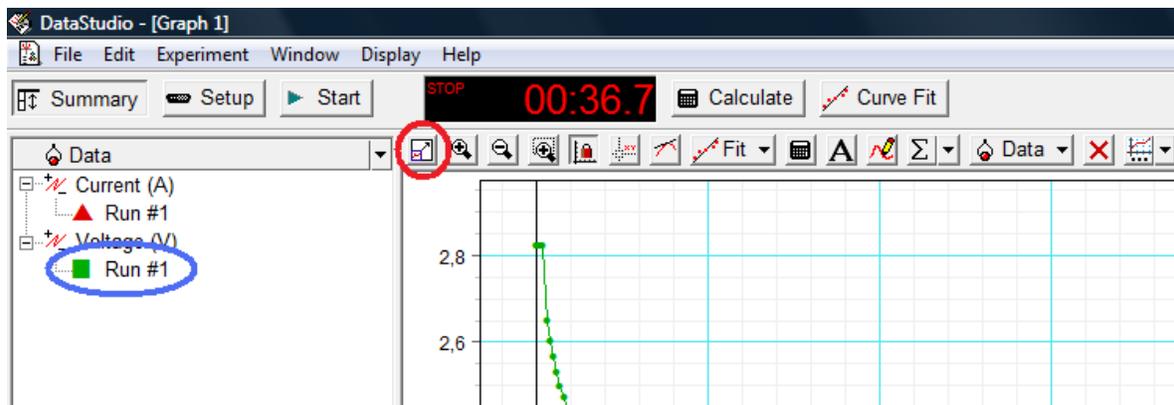


Figura 6. Visualización del panel de control de gráfico mostrando el icono que ajusta el gráfico a la pantalla del computador.

Si por alguna circunstancia desea realizar nuevamente los datos ó necesita empezar una nueva medida con otra resistencia, dé click en el icono resaltado en color azul mostrado en la figura 6 y oprima la tecla SUPR (suprimir) y dé OK en la ventana emergente.

Para salvar los datos localice en la parte superior del programa, en la barra del menú, la opción DISPLAY y en la lista desplegable aparece la opción EXPORT DATA.

Finalmente, repita el procedimiento desde el punto 2 de este procedimiento para obtener datos de voltaje en función del tiempo para las resistencias de 33 y 100  $\Omega$  (presentes en la placa). Para las resistencias de 22 y 47  $\Omega$ , tenga en cuenta que debe colocarlas en el ESPACIO VACIO dispuesto en la tarjeta, como se muestra en la figura 2.

Al final, cierre el programa, desconecte todos los cables en la tarjeta y el cable de alimentación del Xplorer GLX, pero NO TOQUE NI MANIPULE en ningún momento el cable USB mini ubicado en la parte lateral superior derecha del equipo. No olvide apagar el Xplorer, guardar la tarjeta en su empaque y DEJAR TODO ORGANIZADO tal como lo encontró.

## **ANALISIS Y PREGUNTAS [1.5]**

1. Para cada valor de resistencia realice una gráfica en Excel de las variaciones de voltaje en función del tiempo. En la ecuación 2, se ve que, en un gráfico de  $\ln(V/V_0)$  con respecto a  $t$ , la pendiente igualaría  $-1/\tau$ . En este análisis se averiguará el valor de la constante  $V_0$ , se calculará  $\ln(V/V_0)$  para cada valor registrado de  $V$ , se creará un gráfico de  $\ln(V/V_0)$  con respecto al tiempo y se determinará su pendiente para calcular la constante característica.

El comportamiento obtenido en sus gráficas es el esperado? Explique detalladamente.

Calcule el porcentaje de error con respecto al valor esperado para la constante de tiempo y para el voltaje inicial.

2. Con los valores obtenidos de cada constante característica realice una gráfica en función de la resistencia y calcule el valor de la capacitancia, a partir de la pendiente de la gráfica. Explique el gráfico obtenido y calcule el porcentaje de error en la capacitancia.