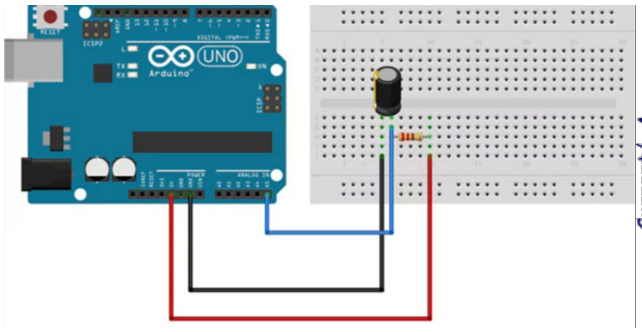
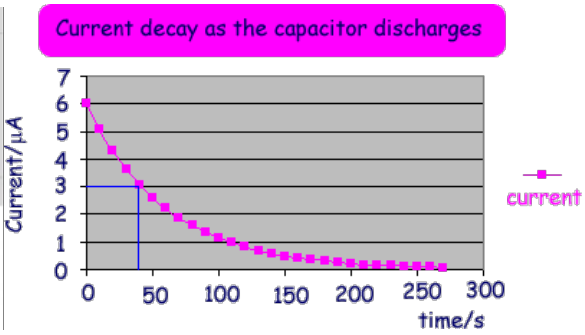
DEMO 199 Constante de tiempo de un Circuito RC



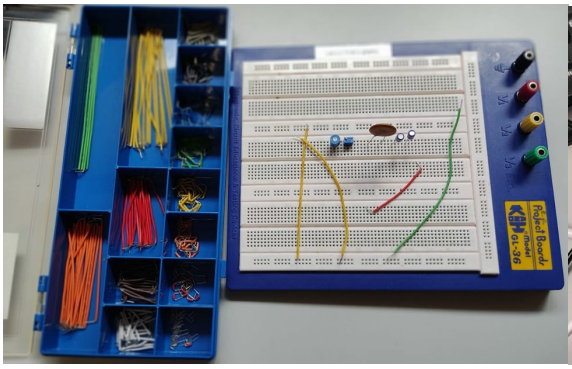


Autor/a de la ficha	Nadia Yahlali Haddou
Palabras clave	Circuito RC, Constante de tiempo, Arduino
Objetivo	Realizar un sencillo montaje de un circuito RC con un juego de capacitancias y resistencias. Tomar datos de corriente versus tiempo. Determinar la constante de tiempo del circuito RC
Material	Juego de capacitancias, batería de 12 V, juego de resistencias, placa de proyecto de tipo Protoboard y cables, un controlador Arduino Uno y cables USB de conexión, una Raspberry Pi y cable USB y su cable de conexión USB (facultativo si se tiene un ordenador portátil o de aula), ordenador del aula o un ordenador portátil. **IMPORTANTE**: Esta demostración es portátil, no necesita carro de transporte, se conecta mediante cable USB desde el Arduino Uno al ordenador del aula o, en su defecto, a una unidad Raspberry Pi (ordenador portátil) conectado a una pantalla.
Tiempo de Montaje	Tiempo de carga de las capacitancias (pocos minutos)

Descripción: Un circuito que contiene una capacitancia y una resistencia es denominado circuito RC. El objetivo de la demo es medir de manera sencilla y rápida la corriente de descarga de una capacitancia de un circuito RC en función del tiempo y determinar a partir de ello la constante de tiempo $\tau = R \cdot C$ del circuito.

El estudio del circuito RC es importante porque tiene numerosos usos: para cronometrar circuitos, para filtrar frecuencias no deseadas en un circuito en fuentes de alimentación, o para ayudar a convertir el voltaje de CA en voltaje de CC.

Montaje de la Demo: El circuito RC de la demo se monta usando juegos de capacitancias y resistencias (para variar los valores de la constante de tiempo) conectadas en serie a una placa de proyectos (Project board o protoboard) como se muestra en la **Figura 2**. Se carga la capacitancia mediante una batería de 9 o 12V y se conecta el circuito a una de las 16 entradas analógicas del Arduino Uno [2], que se programa para registrar carga o corriente con una frecuencia de muestreo de 16 MHz. Se conecta el Arduino mediante cable USB al ordenador portátil del aula o en su defecto, a un PC o a una Rasberry Pi [3], que es un ordenador portátil que se puede conectar a una pantalla.



CC BY NC

En la **Figura 3** se muestra una imagen del Arduino conectado a un Rasberry Pi. El software para programar el Arduino Uno se puede encontrar en la referencia [2] y el del Raspberry Pi en la referencia [3]. Se dejarán los códigos preparados para su uso directo en el aula, conectando el Arduino al ordenador y a la pantalla del aula mediante cable USB. Se podrán almacenar los datos de corriente en el ordenador del aula para su análisis posterior por los alumnos para la determinación de la constante de tiempo del circuito, y comparación con el valor calculado para diferentes combinaciones de capacitancias y resistencias.

Medidas de demostración de la corriente de descarga en función del tiempo:

Los datos de corriente en función del tiempo se podrán visualizar mediante un pequeño código preparado para ello y se almacenarán en ficheros de textos a dos columnas para la corriente y el tiempo. Los alumnos podrán determinar la constante de tiempo a partir del análisis de la imagen o mediante la lectura y representación de la corriente versus tiempo, tal como se muestra en la Figura 4.

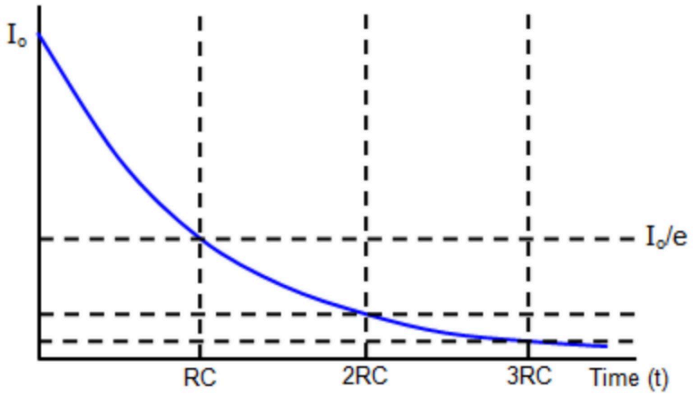


Figura 4: Imagen de los datos de corriente de descarga en función del tiempo.

Fundamento teórico:

En la Figura 1 se muestra una capacitancia C que tiene una carga inicial Q_0. La capacitancia está conectada a una resistencia R_0 y un interruptor que está inicialmente abierto. La diferencia de potencial a través de la capacitancia es inicialmente $V_0 = {}^{Q_0}/_{C}$. Se cierra el interruptor al tiempo $t = 0\ s$. El corriente de descarga en la resistencia es:

$$I_0 = \frac{V_0}{R} = \frac{Q_0}{RC}$$

La corriente que circula en el circuito es la tasa de carga positiva que circula desde la placa positiva de la capacitancia hacia la negativa a través de la resistencia. La carga de la capacitancia disminuye con el tiempo, pues la corriente es la tasa de disminución en el tiempo de esta carga y tiene como expresión:

$$I = -\frac{dQ}{dt}$$

Utilizando la regla de Kirshoff , la ecuación de la malla del circuito se escribe:

$$\frac{Q}{C} - IR = 0 \Rightarrow \frac{Q}{C} + \frac{dQ}{dt}R = 0$$

Para resolver esta ecuación, se separan las variables Q y t en los dos lados de la ecuación:

$$\frac{dQ}{dt} = -\frac{1}{RC}Q \Rightarrow \frac{dQ}{Q} = -\frac{1}{RC}dt$$

Luego se integra de Q_0 para $t = 0$ a $Q(t)$ a t

$$\int_{Q_0}^{Q}\frac{dQ}{Q} = -\frac{1}{RC}\int_0^t dt \Rightarrow \ln\frac{Q}{Q_0} = -\frac{1}{RC}t \Rightarrow Q = Q_0 e^{-t/RC}$$

Dónde τ es la contante de tiempo del circuito, representando el tiempo en el que la carga de la capacitancia se habrá reducido de un factor e respecto a su valor inicial.

CC BY NC

$$\tau = RC$$

Se calcula la expresión de la corriente derivando la carga en el tiempo

$$I = -\frac{dQ}{dt} = \frac{1}{RC} Q_0 e^{-t/\tau} = I_0 e^{-t/\tau}$$

$$\text{Si } t=\tau, \quad I = I_0 e^{-1} = 0{,}37 I_0$$

$$\text{Si } t=2\tau, \quad I = I_0 e^{-2} = 0{,}135 I_0$$

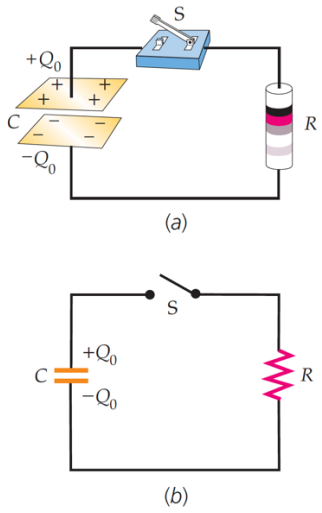


Figura 1: (a) Dibujo de un circuito RC con la capacitancia de carga Q_0, la resistencia R y el interruptor S. (b) esquema electrónico del circuito RC.

Sugerencias	Se sugiere realizar la demostración con diferentes combinaciones de capacitancias y resistencias con el fin de observar cómo varía la constante de tiempo del circuito a partir de la medición y visualización de la corriente de descarga en función del tiempo. Se pueden guardar los datos de corriente en función del tiempo y proponer a los alumnos que los analicen y comparen con la constante de tiempo calculada como el producto de la capacitancia por la resistencia.
Bibliografía	1. Tipler P.A., Mosca G., Physics for scientists and Engineers. W.H. Freeman and Company. New York. 2. https://www.arduino.cc/education 3. https://www.raspberrypi.com/documentation/computers/

CC BY NC