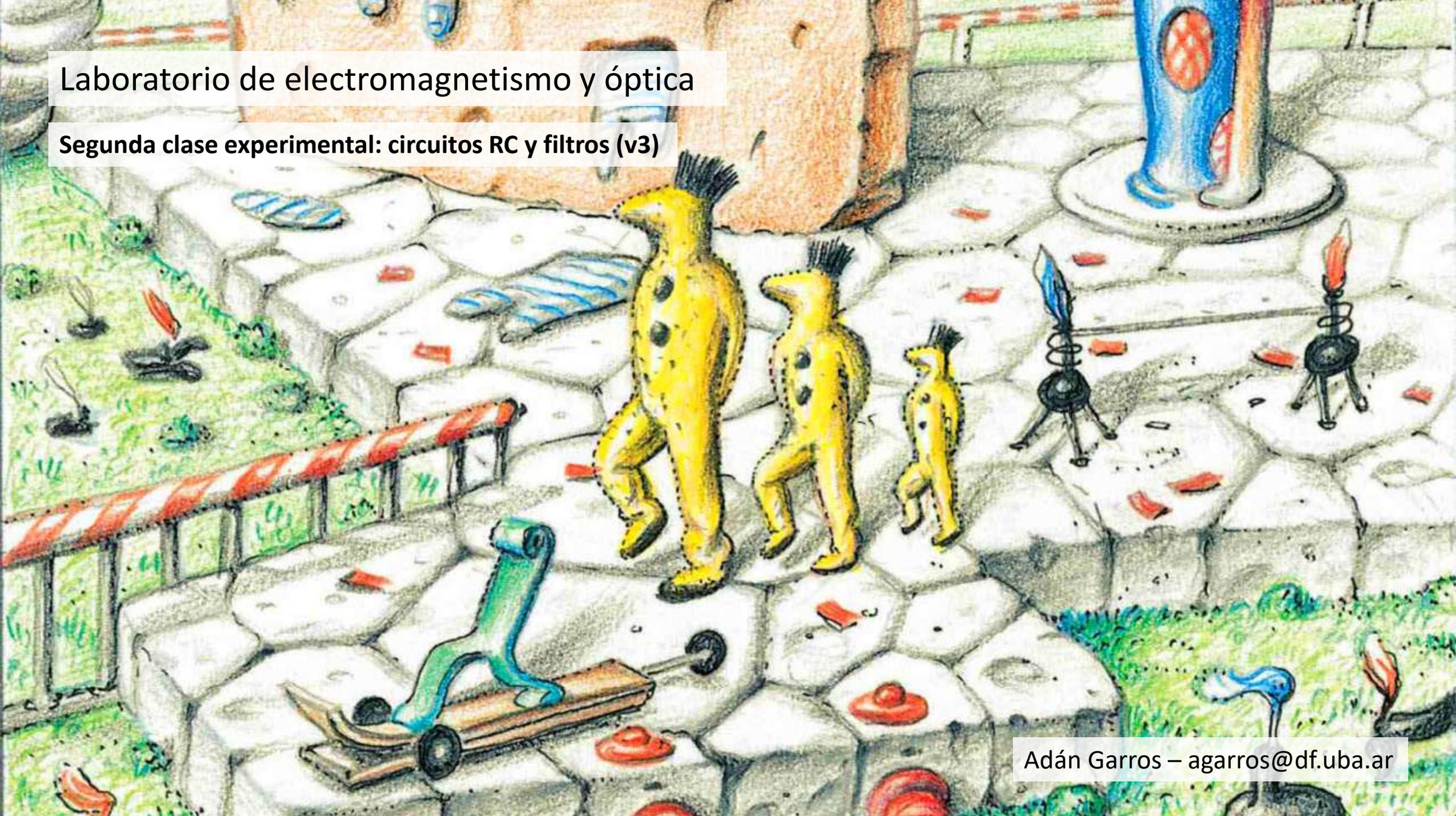
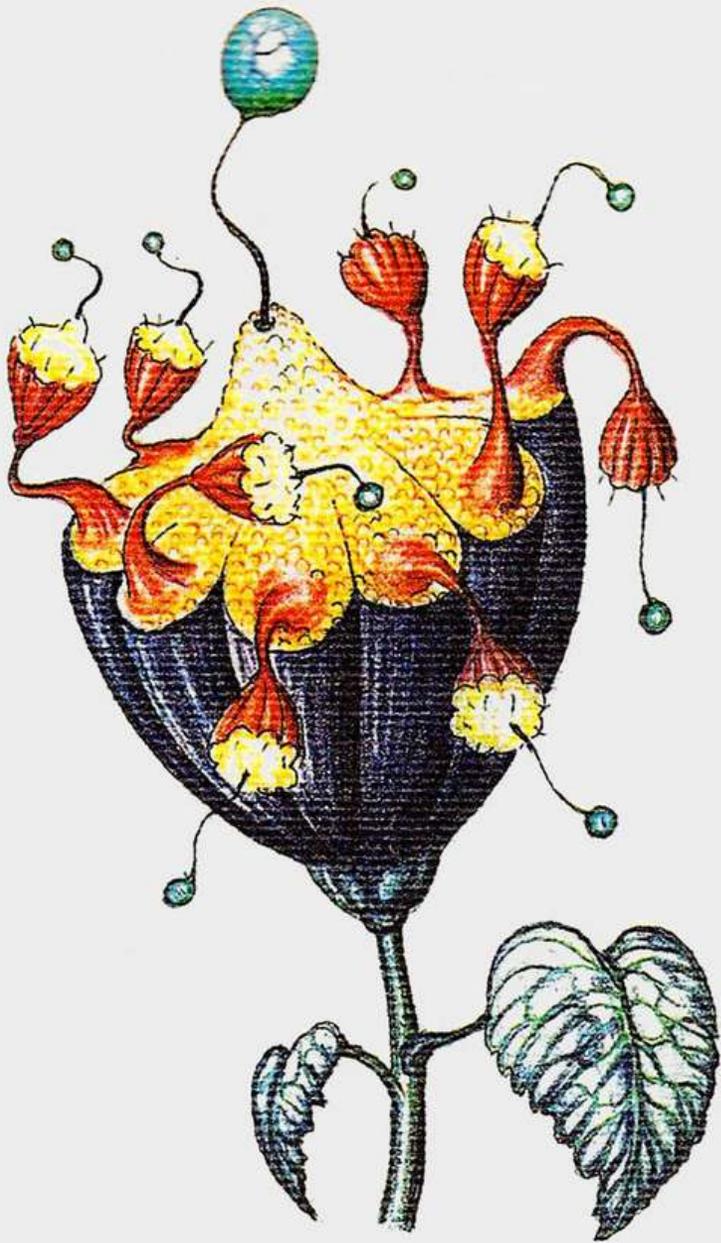


Laboratorio de electromagnetismo y óptica

Segunda clase experimental: circuitos RC y filtros (v3)



Adán Garros – agarros@df.uba.ar



CONCEPTOS BÁSICO SOBRE CIRCUITOS RC

¿Qué es un circuito RC?

Un circuito RC es un circuito eléctrico compuesto por una **resistencia (R)** y un **capacitor (C)** conectados en serie o en paralelo, utilizado para filtrar señales, generar retardos temporales y controlar la frecuencia en aplicaciones electrónicas.

¿Qué es capacitor?

Un capacitor es un dispositivo electrónico que **almacena y libera energía en forma de carga eléctrica**, formado por dos placas conductoras separadas por un material dieléctrico, utilizado para filtrar, estabilizar voltajes y bloquear señales de corriente continua en circuitos.

Ejemplo de un circuito RC en biología:

- **Sinápsis neuronal:** La **membrana celular** de las neuronas se comporta como un **capacitor** (almacena carga), mientras que las **proteínas** de los canales iónicos actúan como **resistencias**, regulando la velocidad de descarga y la propagación de impulsos eléctricos en el sistema nervioso.

¿Qué interés tiene aprender todo esto en biología, geología, paleontología...?

- Elaboremos en conjunto la respuesta.

TIPOS DE CAPACITORES

Papel



Poliestireno



Bipolar



Electrolítico



Policarbonato



Poliéster



Mylar



Mica plateada



Cerámico



Tántalo



Paso de alimentación



Ajustable



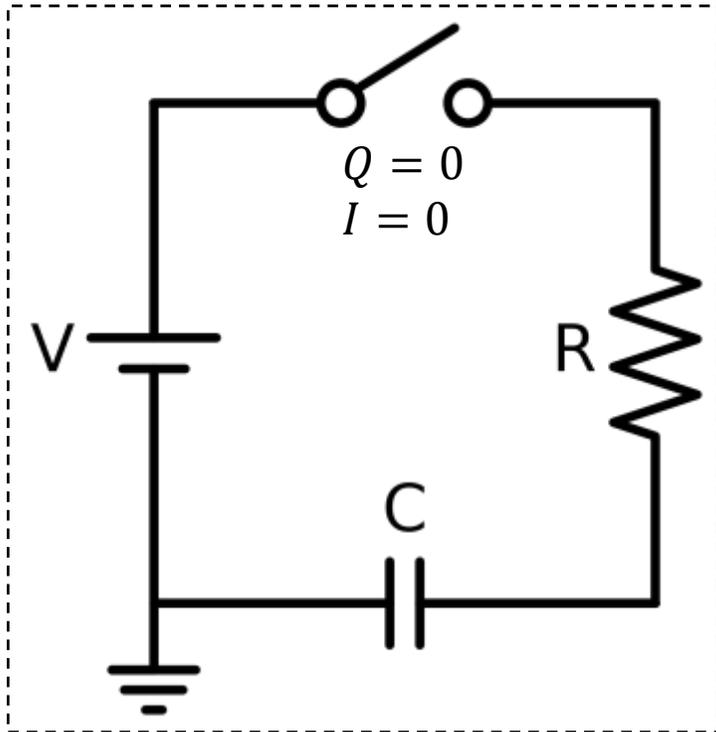
Variable



RESPUESTA DE UN CIRCUITO RC

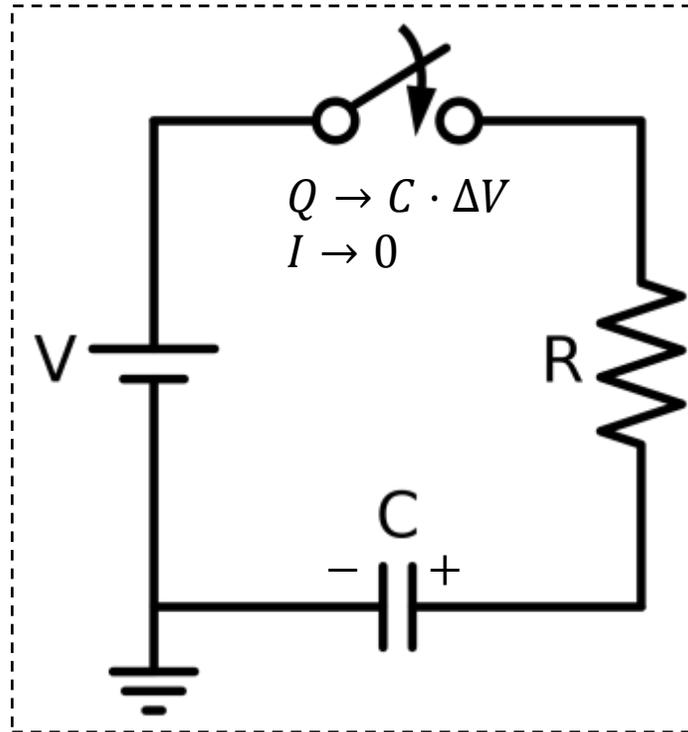
INICIAL: CIRCUITO RC ABIERTO

- Capacitor está descargado
- No circula corriente



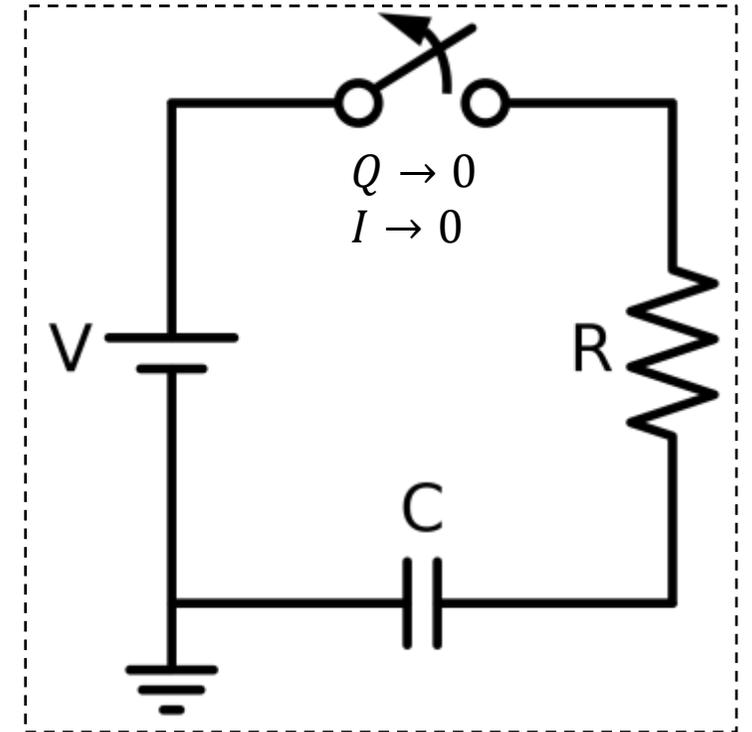
ACCIÓN: SE CIERRA EL CIRCUITO

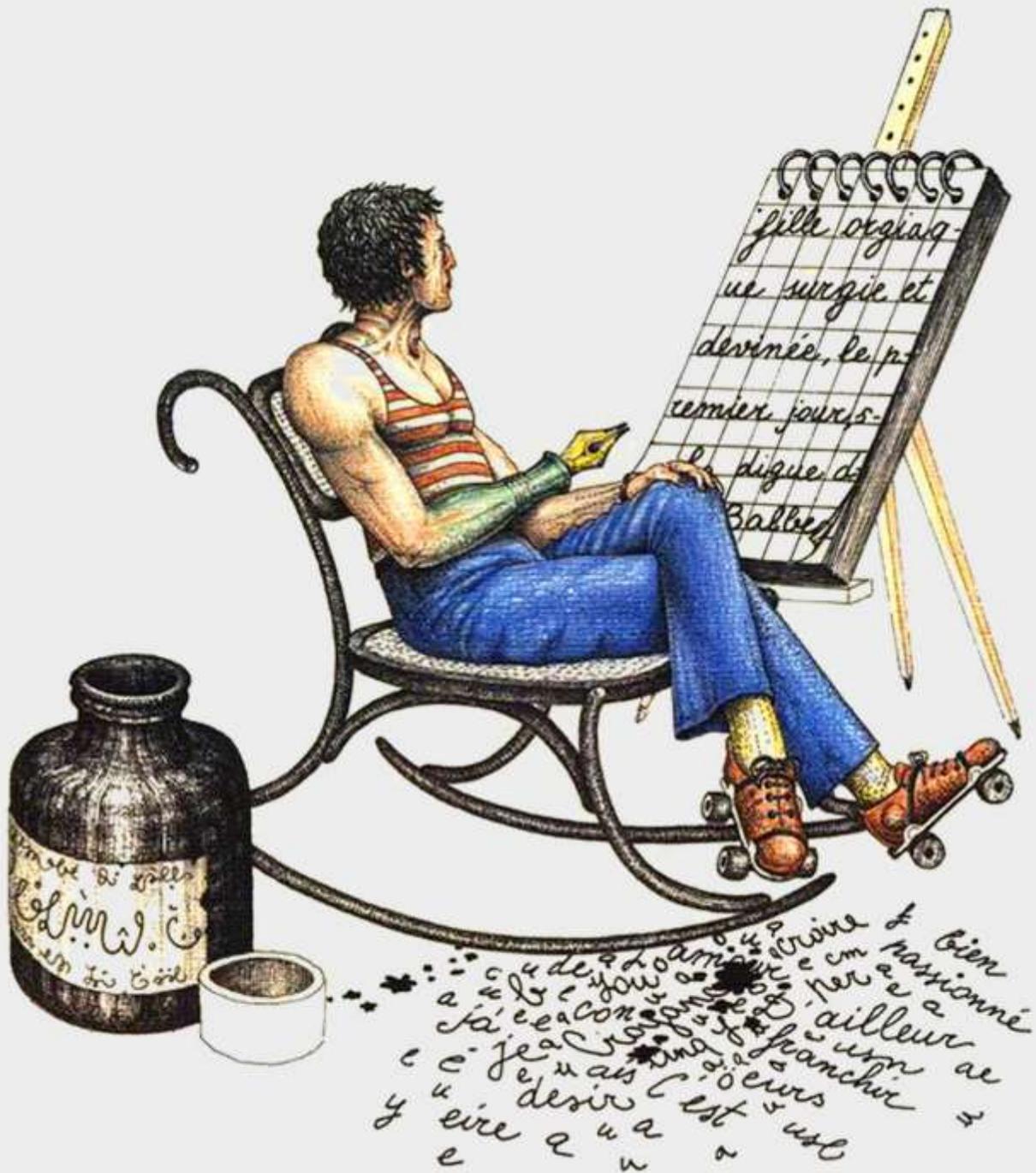
- El capacitor acumula carga (estado transitorio)
- La resistencia, junto al capacitor, permite mediar el tiempo característico del estado transitorio
- Eventualmente, se llega a un estado estacionario en el que el capacitor está completamente cargado



ACCIÓN: SE ABRE EL CIRCUITO

- El capacitor libera la carga acumulada
- Circula una corriente (aun con circuito abierto)
- En el estacionario no circula más corriente.



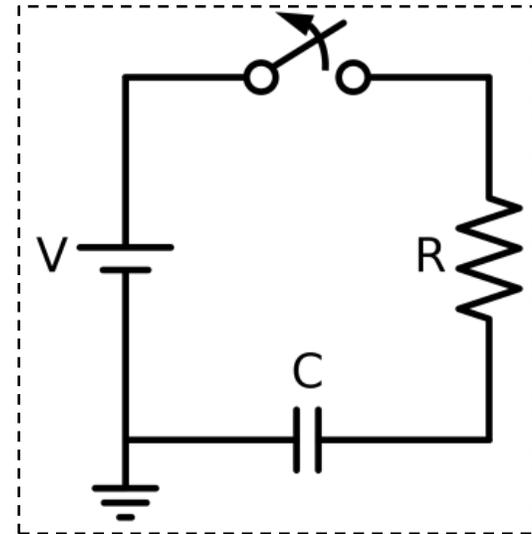


Tip para graficar circuitos en Python/Colab

```
pip install schemdraw
```

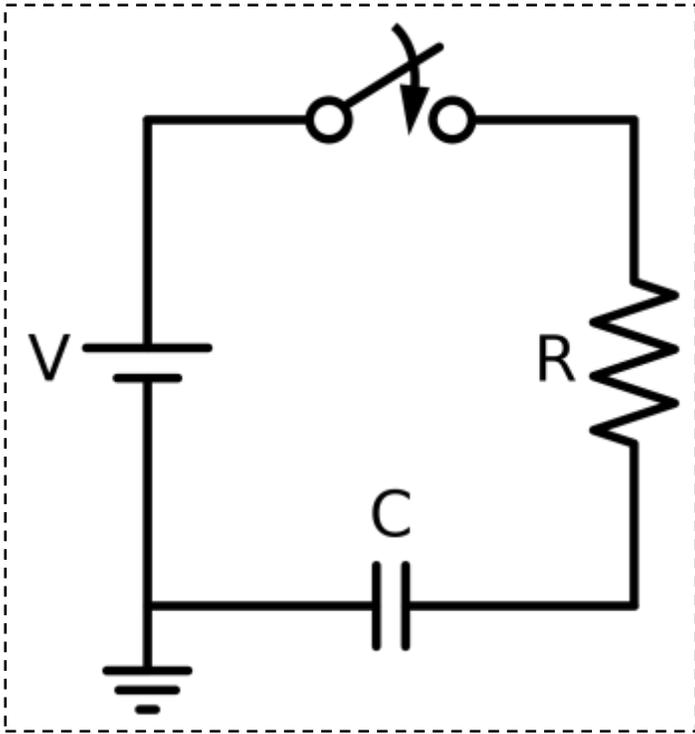
```
import schemdraw  
import schemdraw.elements as elm
```

```
with schemdraw.Drawing() as d:  
    d.config(unit=3)  
    d += elm.BatteryCell(reverse=True).up().label('V')  
    d += elm.Switch(sw='open').right()  
    d += elm.Resistor().down().label('R')  
    d += elm.Capacitor().left().label('C')  
    d += elm.Line().left().tox(0)  
    d += elm.Ground()  
    d.draw()
```



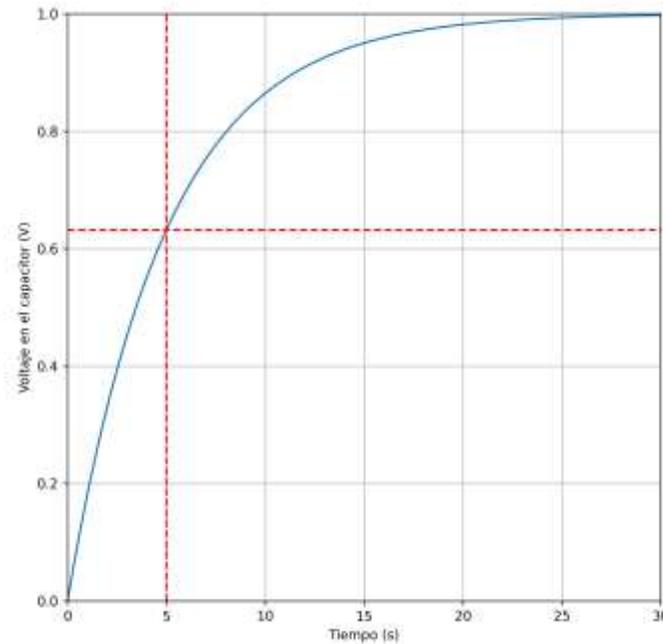
RESPUESTA DE UN CIRCUITO RC: ESTADO TRANSITORIO

Ejemplo: carga del capacitor



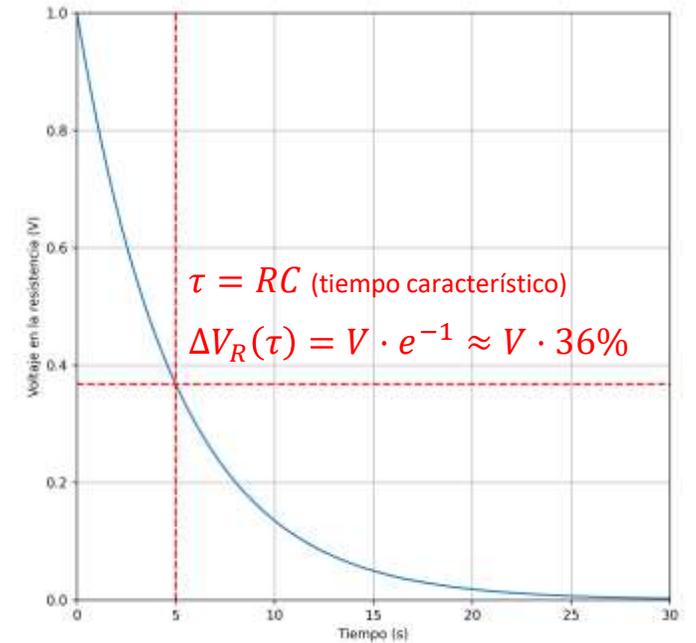
Voltaje en el capacitor

$$\Delta V_C = V \cdot (1 - e^{-t/\tau})$$



Voltaje en la resistencia

$$\Delta V_R = V \cdot e^{-t/\tau}$$



- En el caso de una descarga se tiene que $\Delta V_R = -\Delta V_C$ (resuelvan este caso)

- Es importante **estimar los tiempos característicos**. Por ejemplo, consideremos

$$\tau = R \cdot C = 1 \text{ k}\Omega \cdot 2 \text{ }\mu\text{F} = 1 \cdot 10^3 \cdot \Omega \cdot 2 \cdot 10^{-6} \cdot \text{F} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ s} = 2 \text{ ms}$$

GENERADOR DE FUNCIONES – Tektronix CFG253



Amplitud

Offset "hay que sacar hacia afuera"

Rango de medición de frecuencias

Función de onda

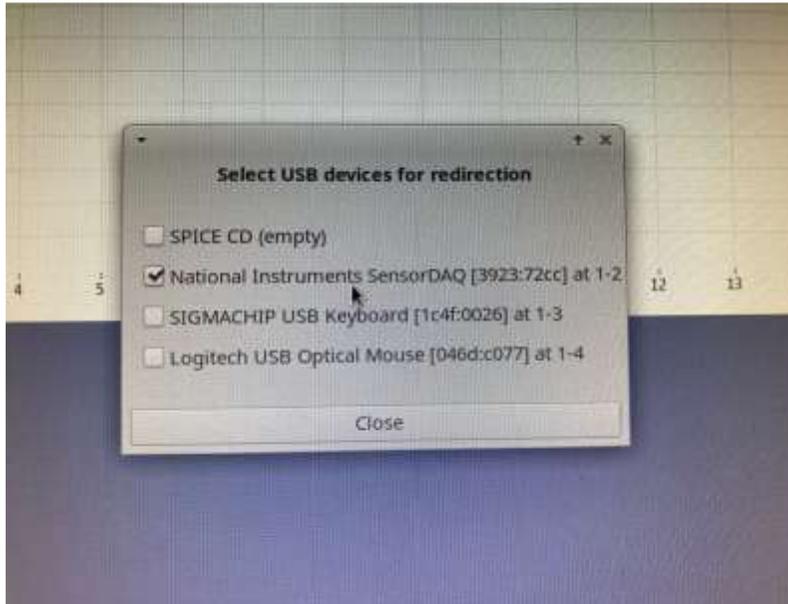


Salida de la señal (conector BNC)
Núcleo (interior) es positivo
Malla (exterior) a tierra (GND 0 V)
IMPORTANTE: ¡siempre a tierra!

Selector: "0-2 Vpp" o "0-20 Vpp"

Multiplicador del rango de frecuencias

DISPOSITIVO DE ADQUISICIÓN – Vernier SensorDAQ



Selección y configuración de canales en MotionDAQ

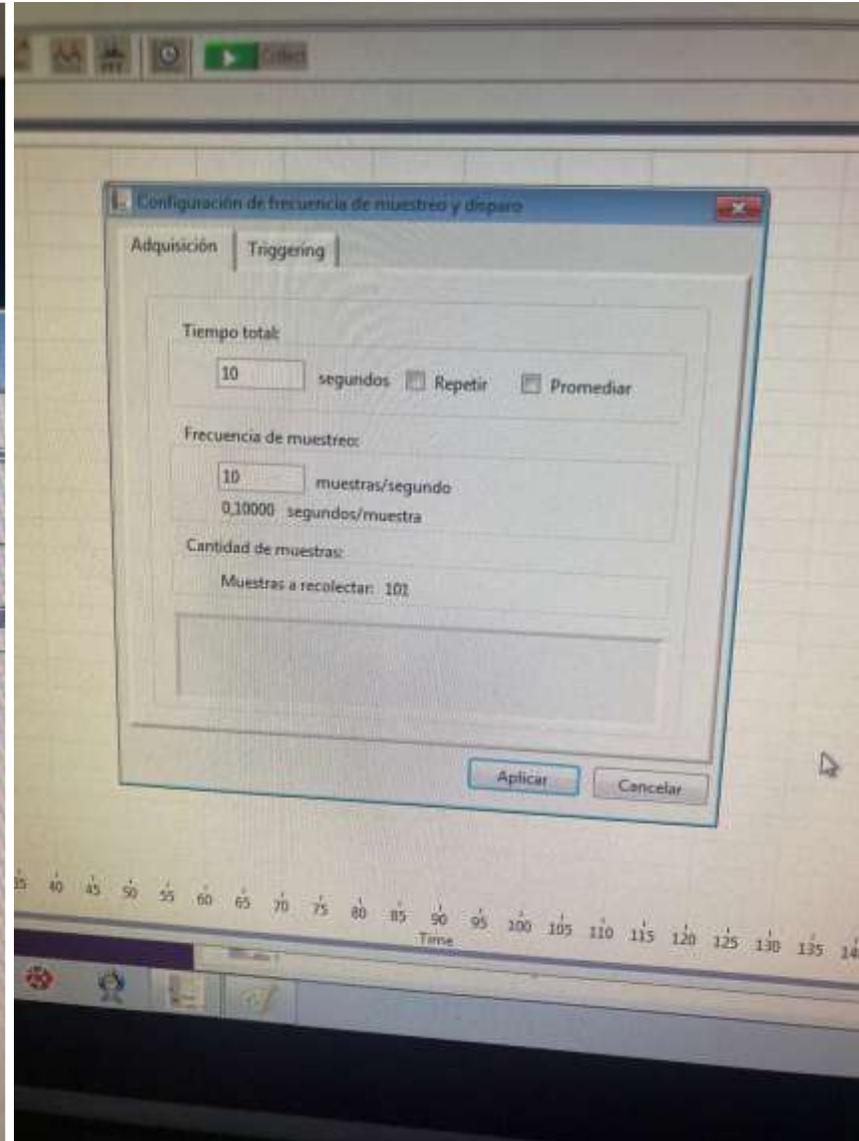
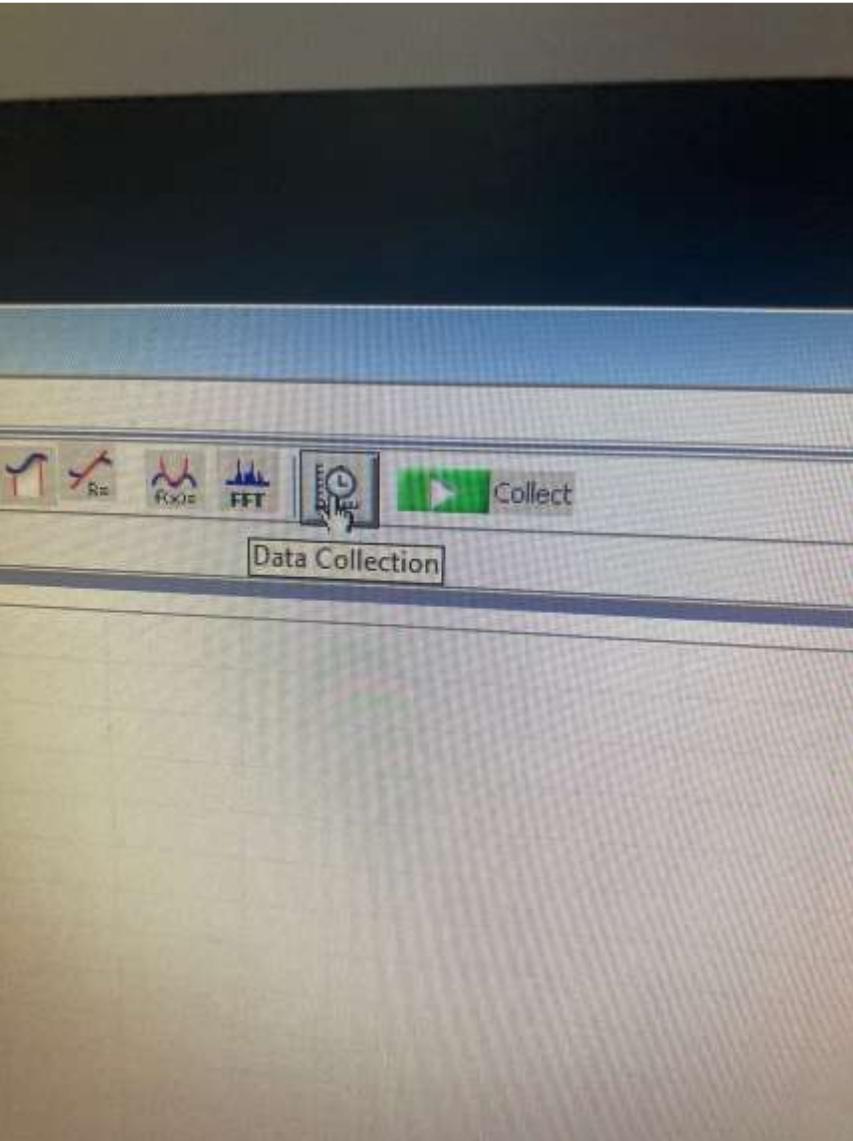
The image consists of three sequential screenshots from the MotionDAQ software interface, illustrating the steps for channel selection and configuration.

First Screenshot: Shows the 'MotionDAQ' application window with the 'Configurar canales' menu open. The option 'Cargar archivo de calibración' is highlighted with a red box.

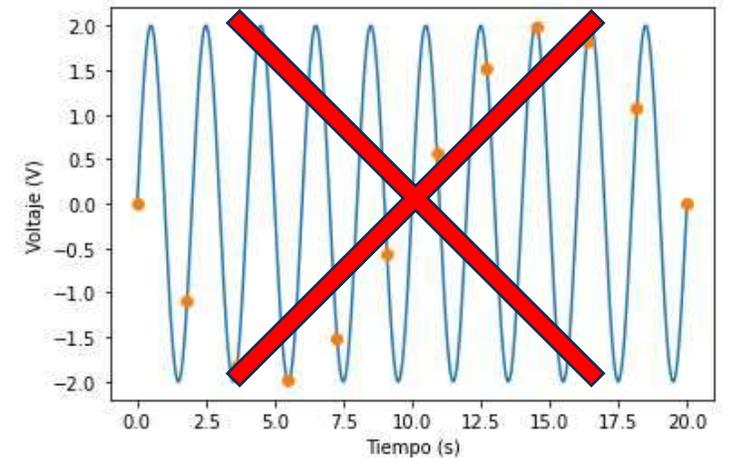
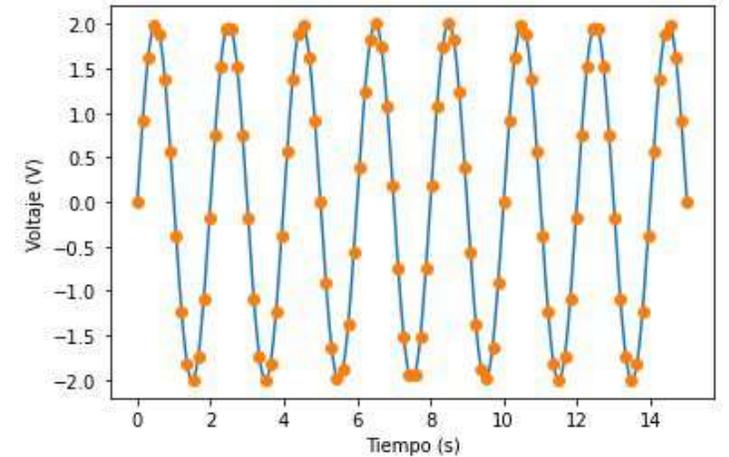
Second Screenshot: Shows a 'Choose or Enter Path of File' dialog box. The 'Look in' field is set to 'shared-labOndas (\192.168.123.12) (D:)'. A file named 'grupo 6 ff capacitor 1K' is selected. The 'OK' button is highlighted with a red box.

Third Screenshot: Shows the 'Selección y configuración de canales' dialog box. The 'Canal 1' tab is active. The 'Selección de sensor Canal 1' list has 'Capacitor 1K' selected, highlighted with a red box. The 'Aplicar' button at the bottom right is also highlighted with a red box.

Frecuencia de muestreo en MotionDAQ



Criterio de Nyquist: La frecuencia de muestreo debe ser al menos el doble que la frecuencia de la señal.



Archivos CSV (Comma-Separated Values)

1. La extensión del archivo es .csv:

2025_02_13_nombre_de_archivo_claro_y_completo.csv

2. El formato (contenido, estructura, ...) debería idealmente ser el siguiente (o similar):

tiempo, tension, corriente, ...	<i>(encabezado opcional)</i>
0.00, 1.00, 2.00, ...	<i>(primera línea de datos)</i>
0.01, 1.10, 2.20, ...	<i>(segunda línea de datos)</i>
⋮	
0.25, 3.50, 7.00, ...	<i>(n-ésima línea de datos)</i>
	<i>(fin de archivo: línea en blanco)</i>

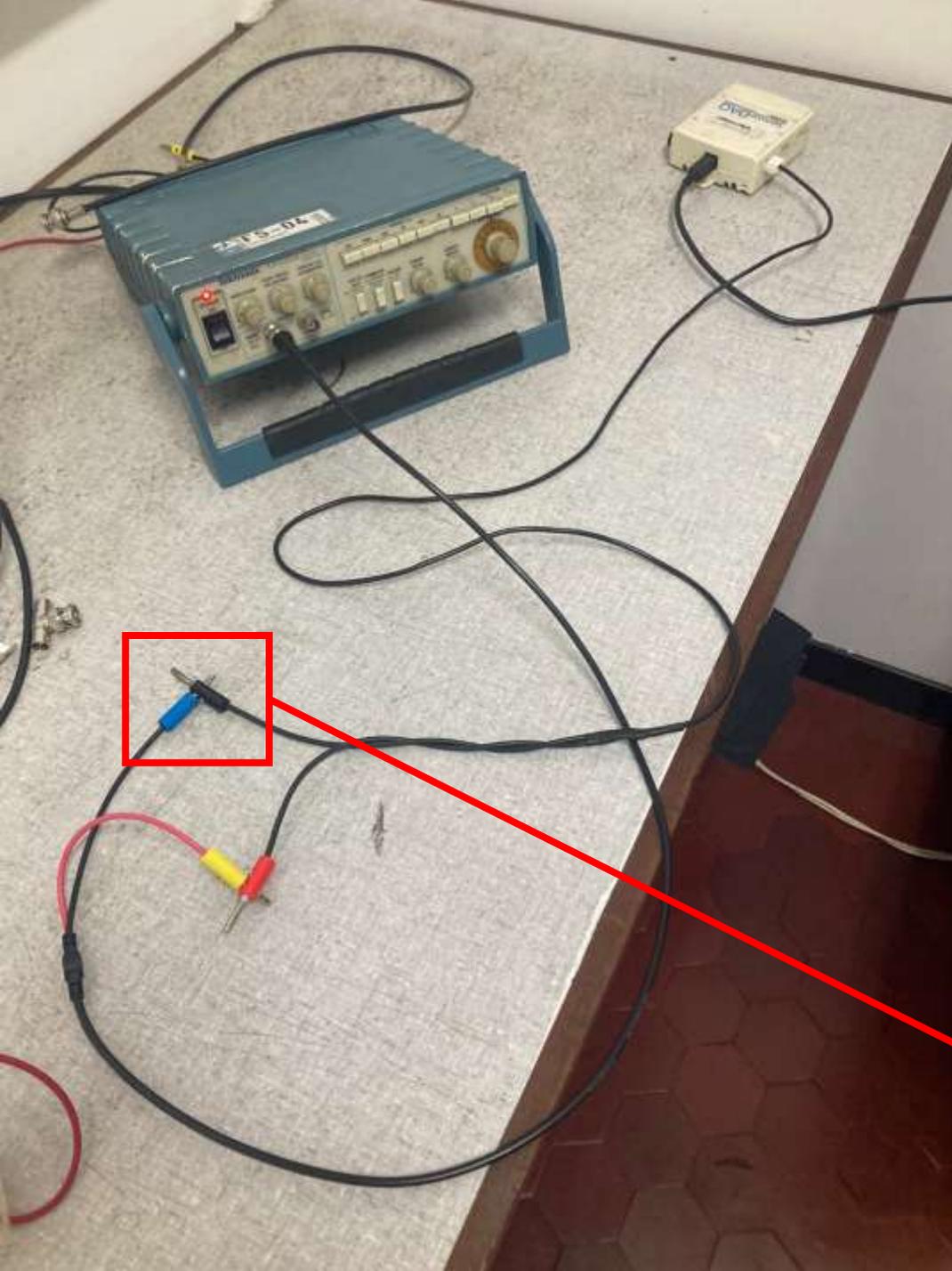
3. Hay distintos programas que pueden abrir y editar el CSV:

VSCode, **Bloc de notas**, **Python**, **Excel**, ...

Nota: diferenciar la extensión (.csv), el contenido (formato) y el programa vinculado que abre automáticamente el archivo.

Tarea para los archivos CSV exportados desde el MotionDAQ

- Corregir el archivo CSV con un editor de texto (no con planillas de cálculo) respetando el formato propuesto
- Las funciones de buscar y reemplazar permiten modificar separadores decimales y tabulaciones (no son espacios) entre datos
- Importar los datos del CSV en el software de análisis que estén utilizando (ver guías de python/colab en página de la materia).



ACTIVIDAD 1 - GENERADOR DE FUNCIONES

Adquirir directamente tres señales distintas del generador de funciones:

- Señal sinusoidal centrada en cero.
- Señal cuadrada con mínimo en 0 V y máximo en 5V
- Señal a elección

Exportar los datos en un CSV y graficar la tensión como función del tiempo. En particular, identificar que **la señal cuadrada va a permitir replicar la apertura y cierre** en un circuito RC para estudiar el transitorio.

PRECAUCIÓN: DESCARGAR el capacitor antes de manipularlo (unir ambas patas). Por ejemplo, si se carga un capacitor y se desconecta el circuito, entonces el capacitor queda cargado y puede descargar corriente en el usuario o bien en otro circuito o instrumentos.

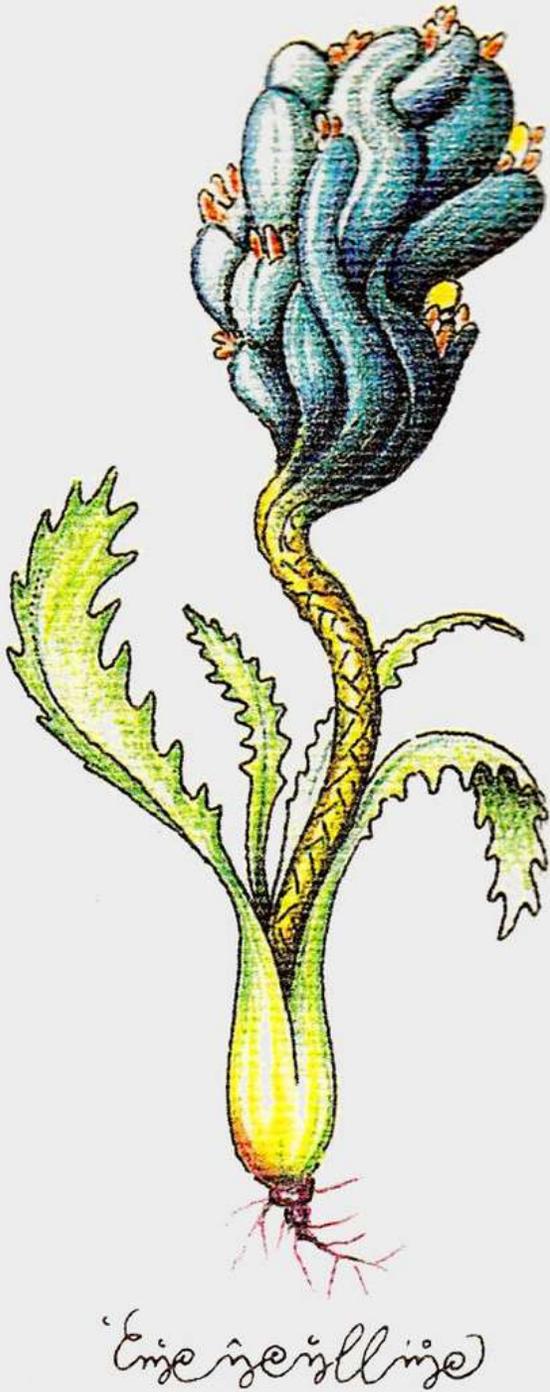
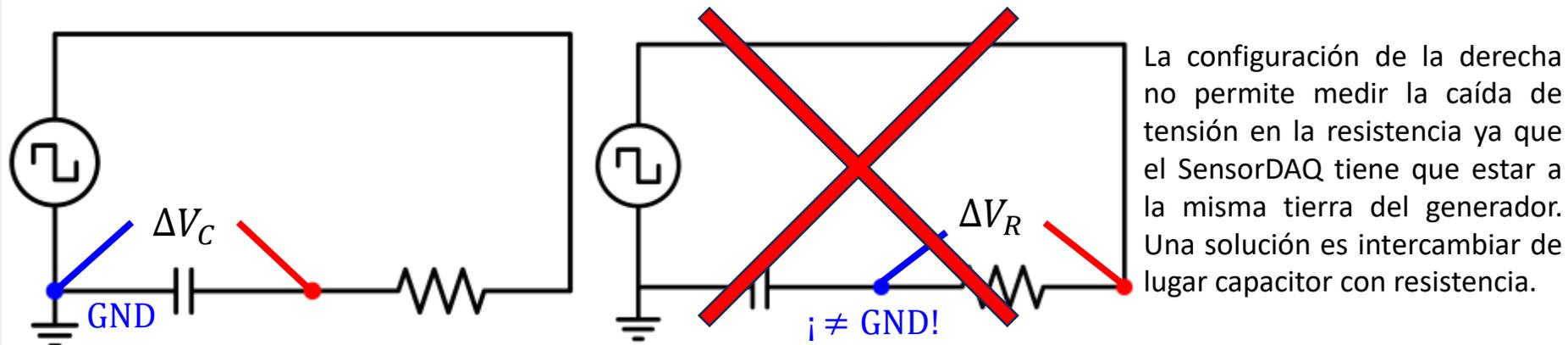
IMPORTANTE: La malla (negativo) de la salida del generador de funciones siempre está a tierra (0 V). Por ende, debe conectarse **SIEMPRE con otras tierras** y no con otros puntos de distinto voltaje. En este caso, se deben conectar los cables negros y fichas negras/azules.

ACTIVIDAD 2 – CIRCUITOS RC

Armar un circuito RC alimentado con una señal cuadrada con mínimo de 0 V y máximo 5 V con el objetivo de estudiar la carga y descarga del capacitor en el régimen transitorio:

- Calcular analíticamente el tiempo característico del circuito. Estimar un período adecuado para la señal cuadrada que permita visualizar claramente los procesos de carga y descarga. Proponer un tiempo de medición y una frecuencia de muestreo adecuados para registrar la señal.
- Medir el voltaje del generador en un canal y el voltaje del capacitor en otro. Exportar ambas mediciones en un archivo CSV corregido y graficarlas.
- Ajustar las curvas de carga y descarga con la relación funcional correspondiente y, a partir de los ajustes, estimar el tiempo característico del sistema.

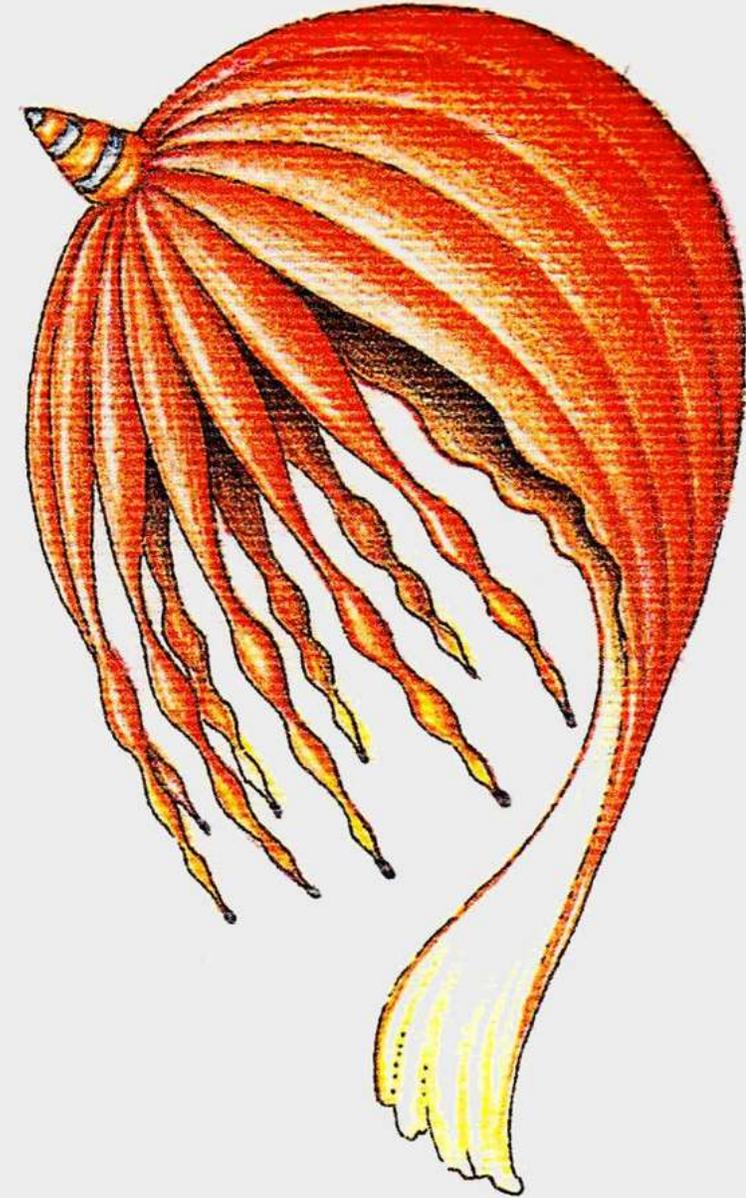
Repetir el procedimiento para otro circuito con distinto tiempo característico.



ACTIVIDAD 3 – FILTROS DE FRECUENCIA

Armar un circuito RC, alimentar el mismo con una señal sinusoidal centrada, con amplitud 5 Vpp (pico a pico) y medir con dos canales del sensorDAQ.

- Verificar para distintas frecuencias, por encima y por debajo de la frecuencia de corte $f_c = 1/(2\pi RC)$, cómo varía la amplitud de la señal de salida (A_{out}), correspondiente a la caída de tensión en el capacitor, en comparación con la amplitud de la señal de entrada (A_{in}) proveniente del generador.
- Grafique la función de transferencia A_{out}/A_{in} como función de la frecuencia de la señal.
- Repetir el procedimiento anterior pero considerando que la señal de salida (V_{out}) se estudia midiendo la caída de tensión en la resistencia. Asegúrese de que la tierra del sensor DAQ coincida con la del generador.
- Determine cuál de los circuitos actúa como filtro pasa bajos y cuál como filtro pasa altos. Explique el comportamiento observado e investigue posibles aplicaciones para cada tipo de filtro.



Eingömlinger



Propuesta

A mitad de la clase (17:30) armemos un recreo y una puesta en común de resultados. Para ello, 17:00 manden a todos los docentes por email los siguientes resultados (tal como los presentaría en un informe):

1. Por la actividad 1, el gráfico de la señal sinusoidal como función del tiempo.
2. Por la actividad 2, el gráfico de la carga (o descarga) en el capacitor con el ajuste correspondiente y la estimación experimental del tiempo característico.
3. Si tienen otro resultado de interés, o si obtuvieron resultados de filtros, pueden también subirlos.