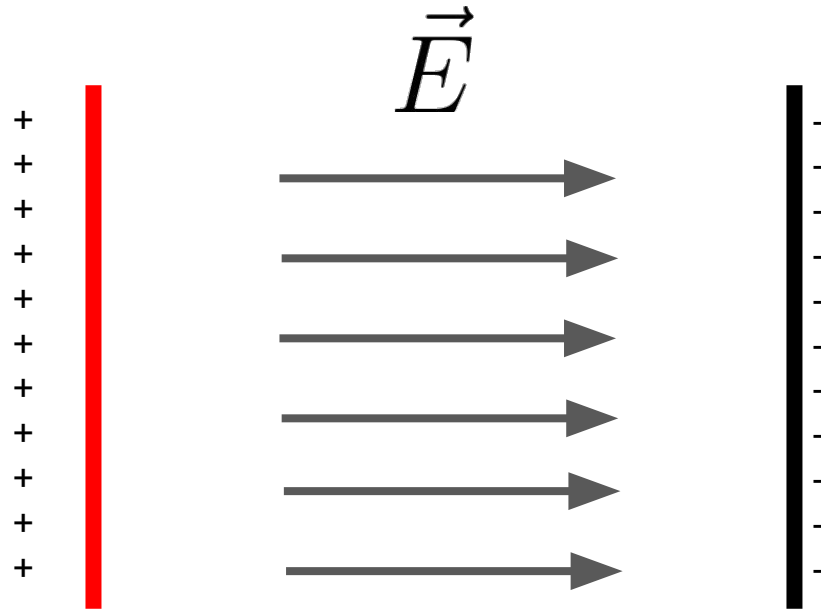


Laboratorio de
Electromagnetismo y Óptica
Verano 2023

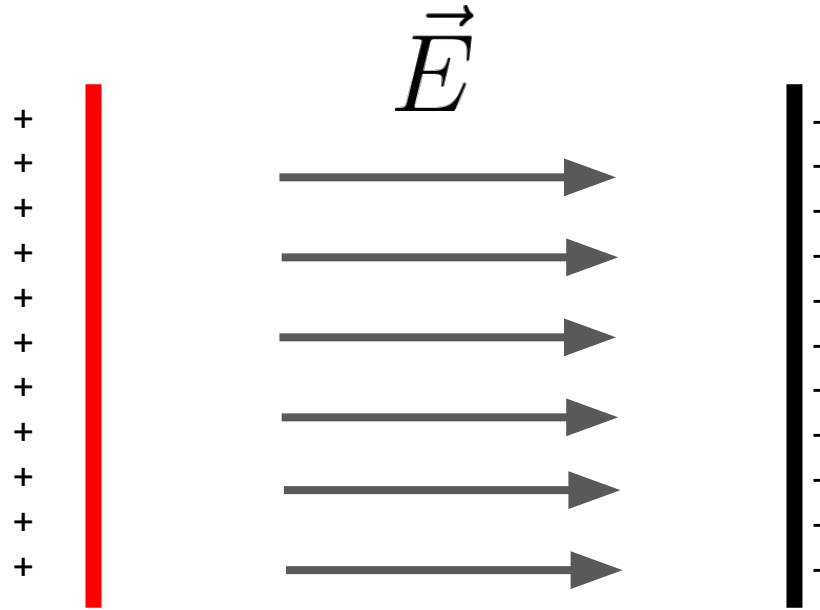
TP 3: Circuitos RC

Nicolás Nuñez Barreto

Repaso: capacitores

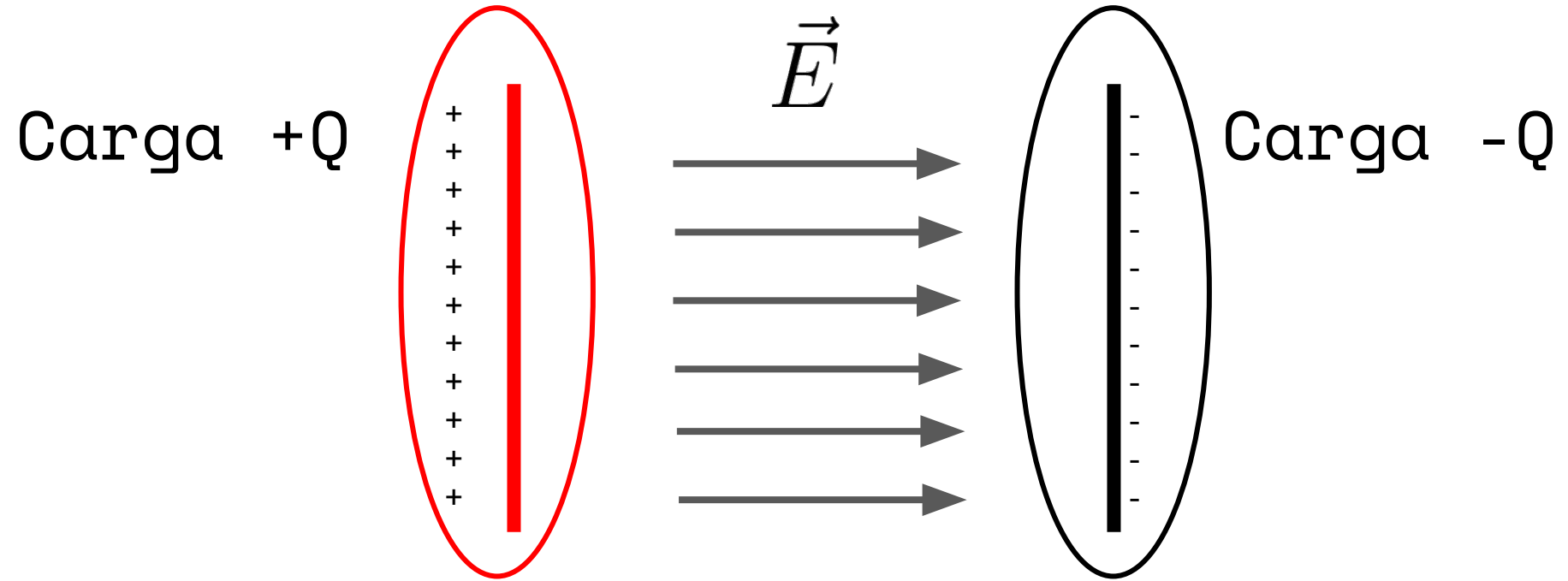


Repaso: capacitores



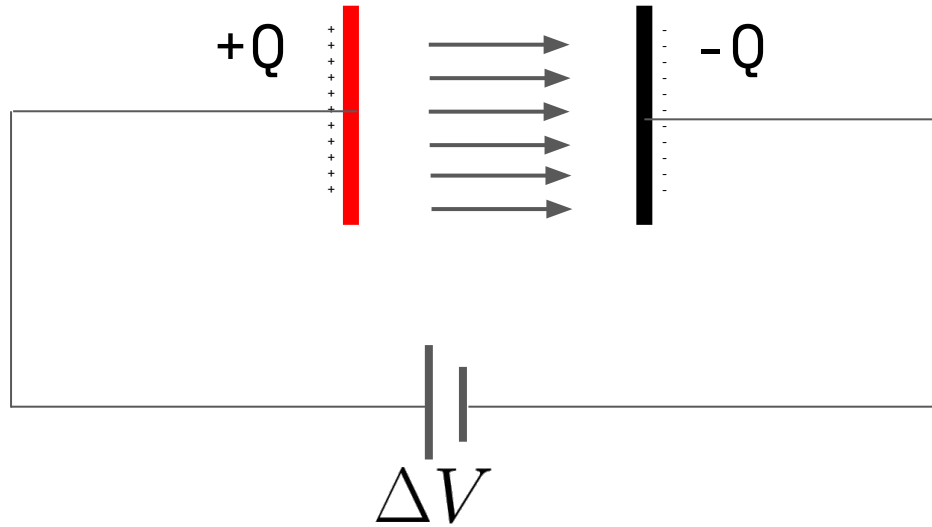
Esto es un **capacitor de placas paralelas**

Repaso: capacitores



Esto es un **capacitor de placas paralelas**

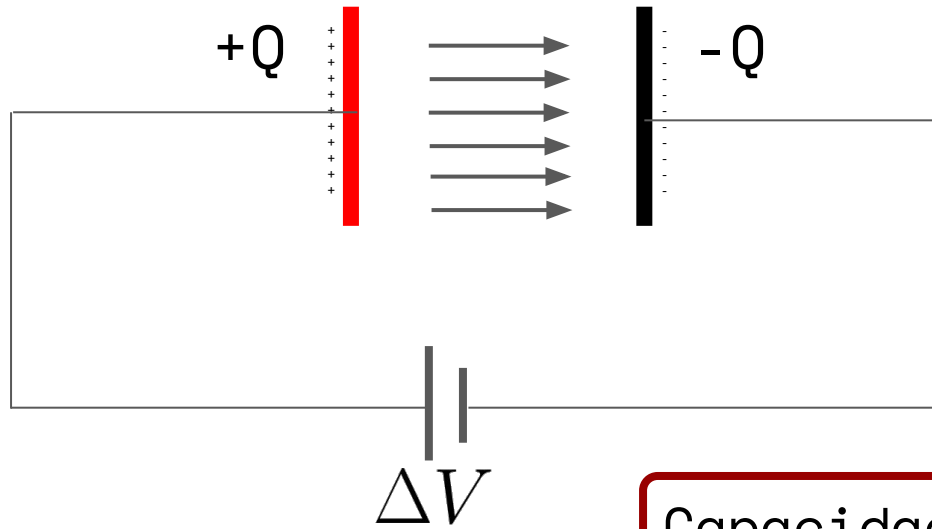
Repaso: capacitores



Al aplicarle un voltaje a un capacitor, se induce una carga Q en cada placa

$$Q = C \cdot \Delta V$$

Repaso: capacitores



Capacidad/capacitancia

$$Q = C \cdot \Delta V$$

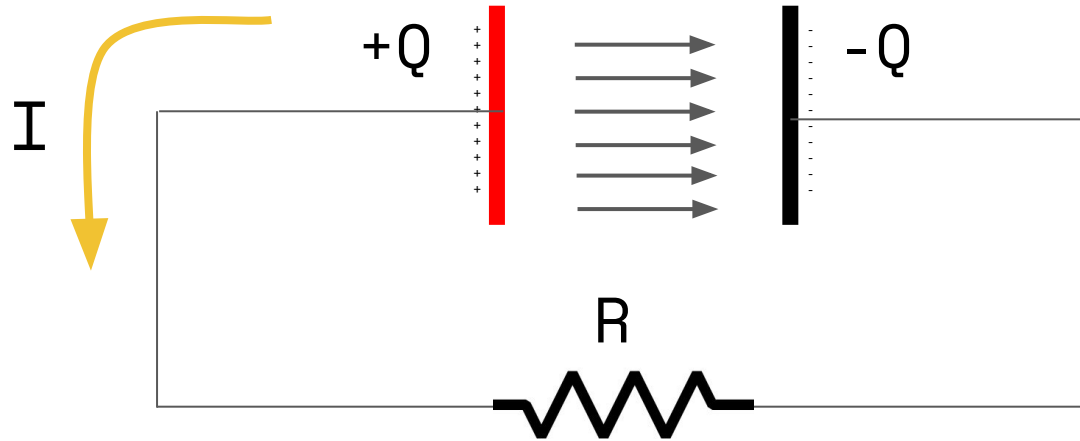
Repaso: capacitores

Capacidad/capacitancia: me dice cuánto se carga un capacitor según el voltaje aplicado

$$[C] = \frac{[Q]}{[\Delta V]} = \frac{C}{V} = F \quad \text{Faradios}$$

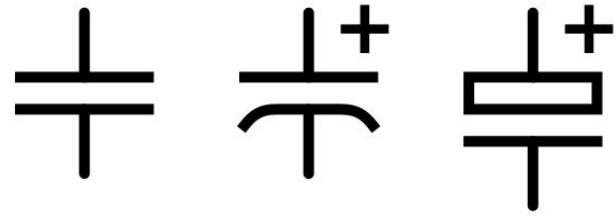
1 Faradio es **mucho**, valores típicos rondan los nF y uF

Repaso: capacitores

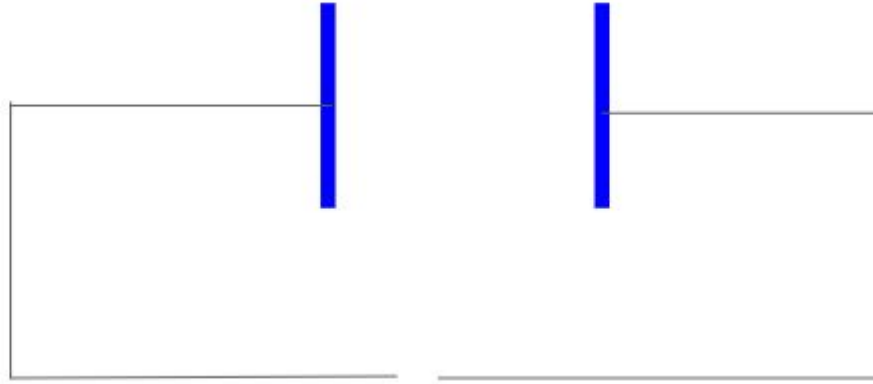


Luego, si el capacitor se conecta a una resistencia, se puede descargar mediante corriente: almacena energía eléctrica

Tipos de capacitores

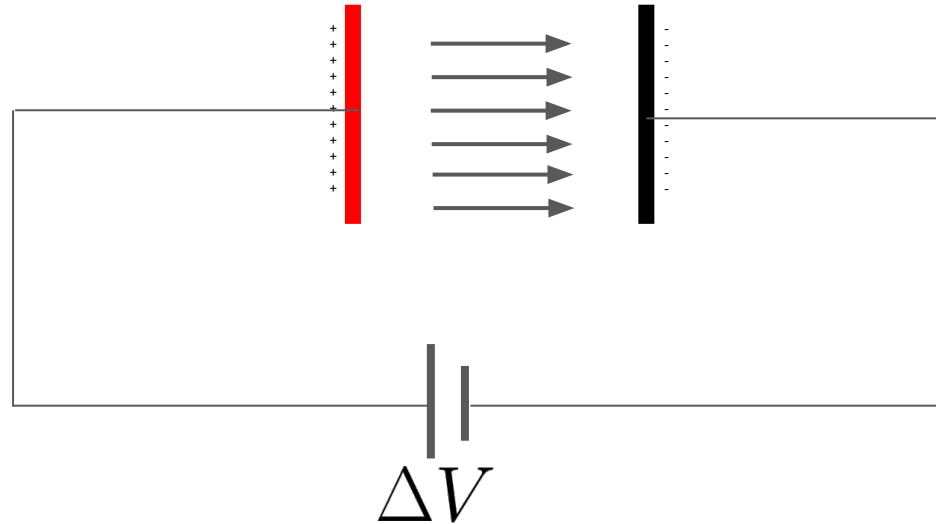


Carga de un capacitor



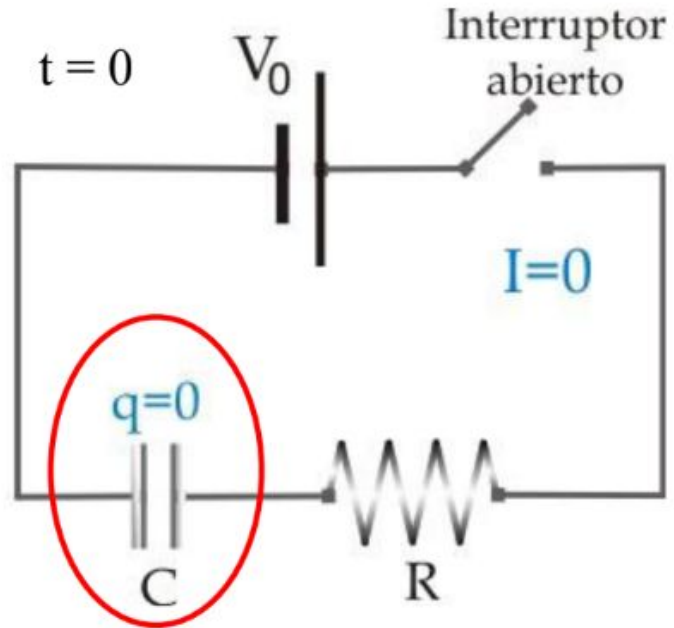
Primero tenemos un capacitor descargado

Carga de un capacitor



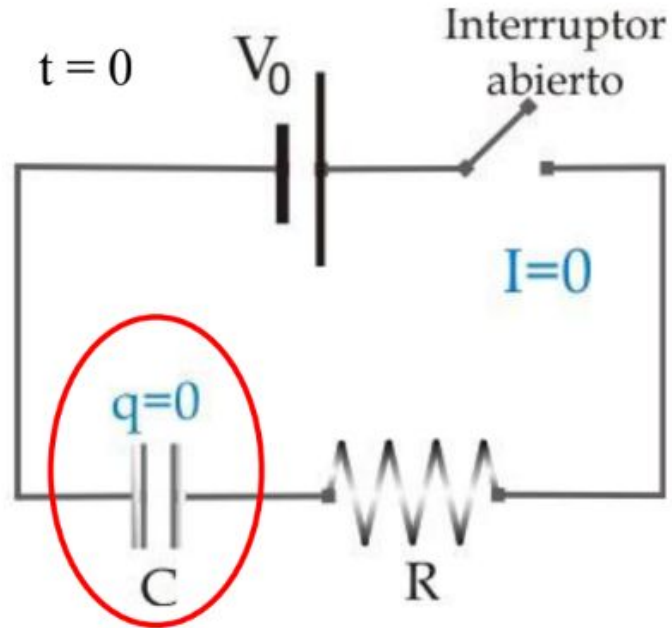
Le conectamos un voltaje y eventualmente se carga.
¿Cuánto tarda? ¿Cómo es ese **transitorio**?

Midiendo la carga y descarga



Capacitor inicialmente descargado

Midiendo la carga y descarga

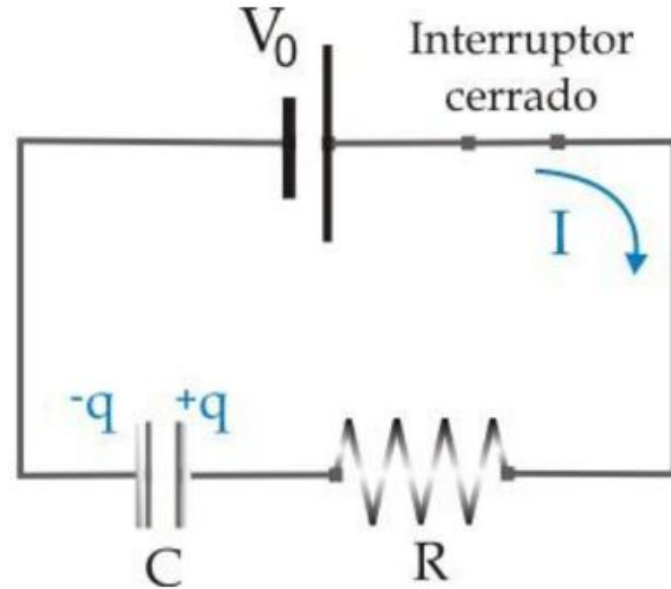
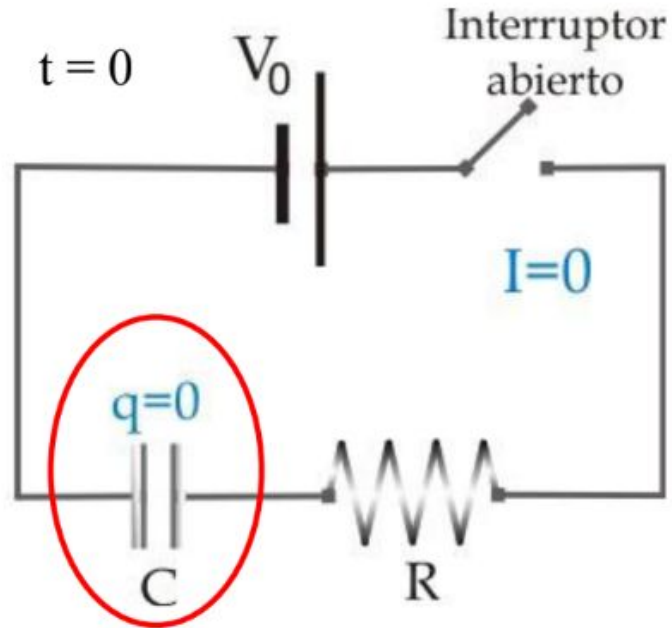


Capacitor inicialmente descargado

Luego, a $t=0$, cerramos el interruptor y empieza a pasar corriente y cargarse el capacitor

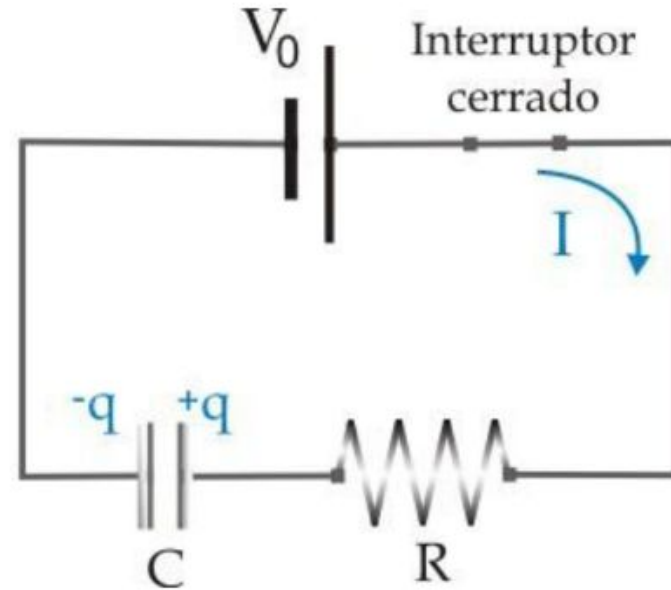
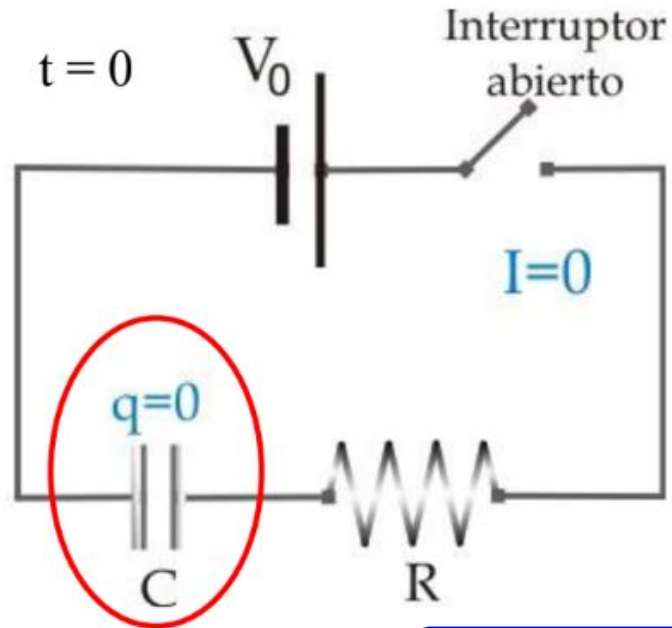
Pregunta a responder en el informe: ¿para qué usamos una R ?

Midiendo la carga y descarga



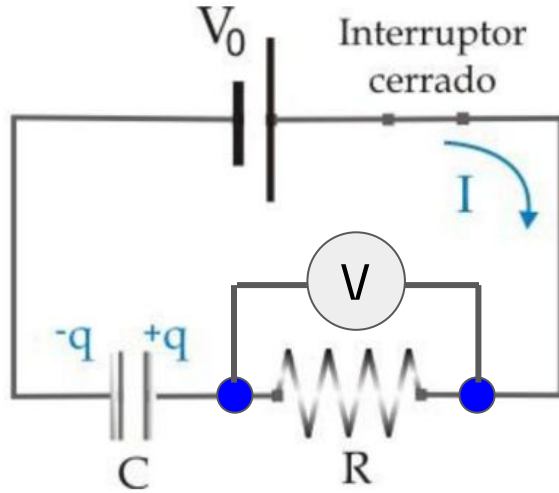
El capacitor llega a una carga final de manera exponencial

Midiendo la carga y descarga



¿Cómo podemos medir esa carga?

Midiendo sobre la resistencia



Si a $t=0$ prendo la batería:

$$\Delta V_R = V_0 e^{-t/\tau}$$

$$\tau = RC \text{ es el tiempo característico del circuito}$$

El voltaje en la resistencia **tiende a cero**. Es decir, primero hay corriente que carga el capacitor y luego la corriente se hace cero.

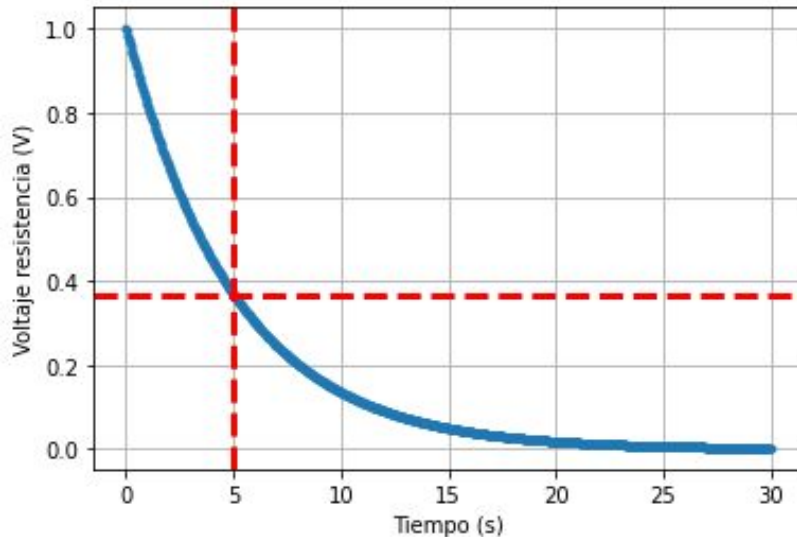
$$[R] \cdot [C] = \Omega \cdot F = s$$

Midiendo sobre la resistencia

$$\Delta V_R = V_0 e^{-t/\tau}$$

$\tau = RC$ es el tiempo característico del circuito

τ

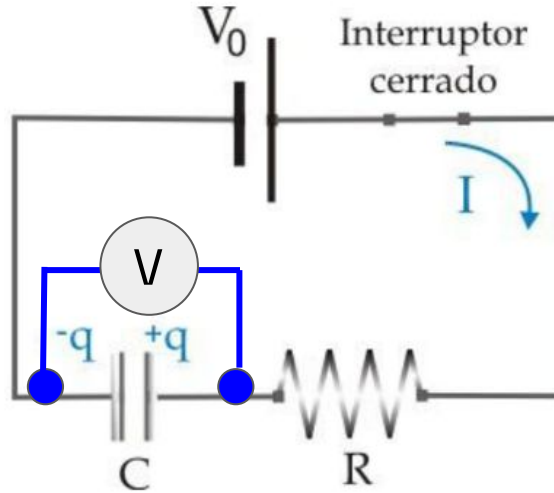


El tiempo característico es el lugar donde la curva decae al 36% de su valor, es decir, a $V_0 e^{-1}$

Hay un transitorio que dura del orden de τ en donde el voltaje es no nulo. En el estacionario, es cero

Midiendo sobre el capacitor

Si ahora vemos el voltaje **del capacitor** en el tiempo:



$$\Delta V_c = V_0(1 - e^{-t/\tau})$$

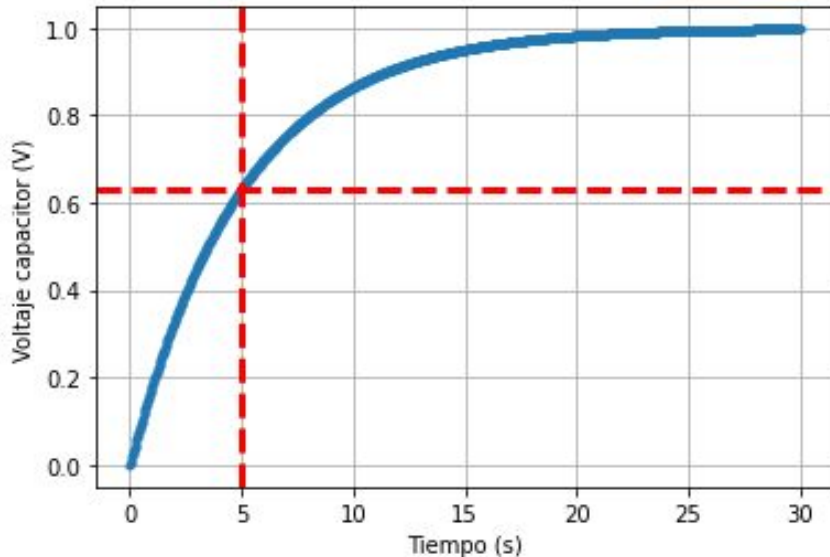
Midiendo sobre el capacitor

$$Q = C \cdot \Delta V$$

$$\Delta V_c = V_0(1 - e^{-t/\tau})$$

τ

$$\tau = RC$$

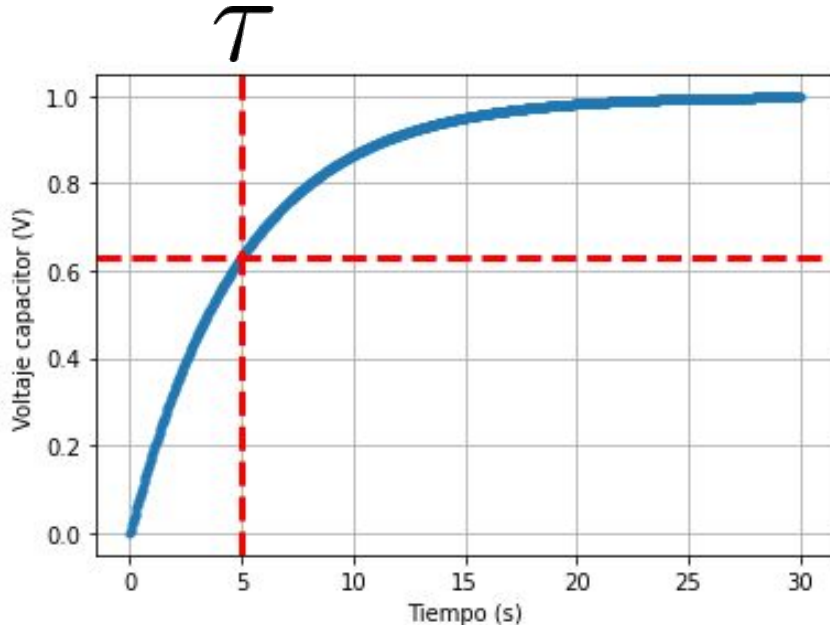


- El voltaje es proporcional a la carga (inicialmente descargado)
- A tiempos grandes el capacitor termina teniendo toda la caída de potencial de la pila, y queda cargado
- El tiempo característico es el tiempo que tarda en cargarse al 63%

Lo pueden estimar con la capacidad y la resistencia, y elegir sabiamente para que sean tiempos medibles

Midiendo sobre el capacitor

$$\Delta V_c = V_0(1 - e^{-t/\tau})$$



Ejemplo: una resistencia de $1 \text{ k}\Omega$ y un capacitor de $2 \text{ }\mu\text{F}$ nos dan un tiempo característico de:

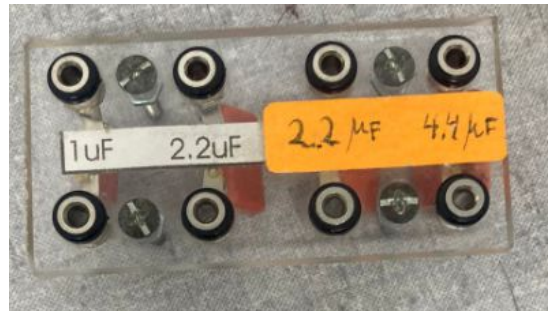
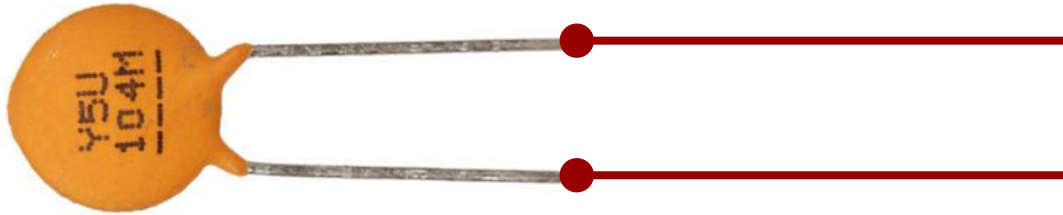
$$1 \text{ k}\Omega \times 2 \text{ }\mu\text{F} = 1 \cdot 10^3 \text{ }\Omega \times 2 \cdot 10^{-6} \text{ F}$$

$$2 \cdot 10^{-3} \text{ s} = 2 \text{ ms}$$

Siempre hacer este cálculo antes de medir para saber los tiempos característicos del circuito

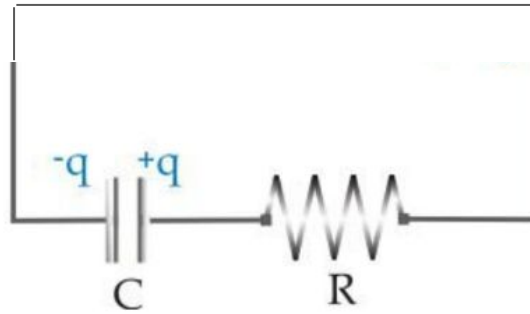
Precaución: si el capacitor está cargado y lo desenchufan, queda cargado. Y si lo tocan, puede descargarse y pasar corriente por ustedes o por un multímetro y quemarlo. ¡Siempre descargar un capacitor antes de manipularlo!

Con un cable, conectar sus dos patas entre sí



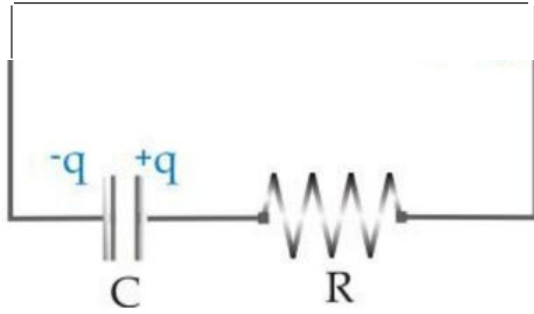
Descarga de un capacitor

¿Qué pasa si apago la pila una vez que el capacitor se cargó?



Por ejemplo, poniendo $V=0$ o sacándola y poniendo un cable

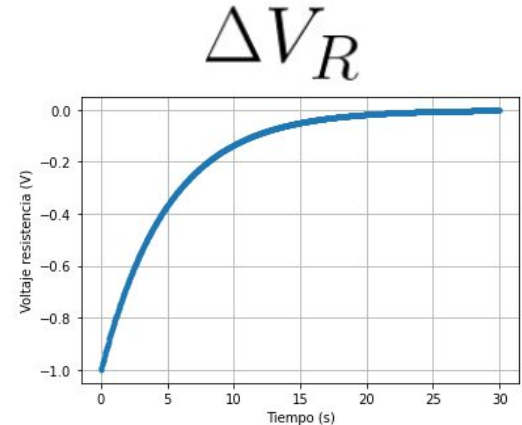
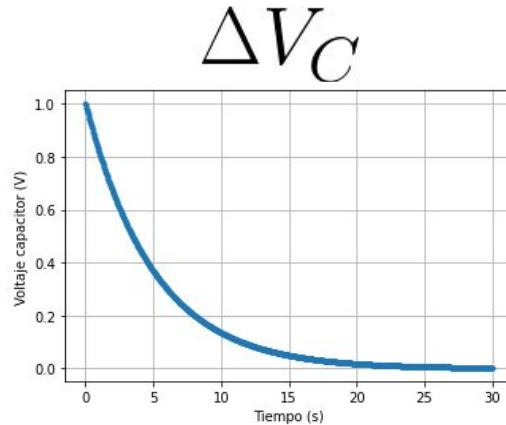
Descarga de un capacitor



La carga del capacitor empezará a circular generando una corriente, que irá reduciéndose al ir frenando en la resistencia

Al haber solo dos componentes vale que:

$$\Delta V_C = -\Delta V_R$$



Tienen comportamientos opuestos y ambas van eventualmente a cero

Midiendo la carga y descarga

Para medir esto, necesitamos dos cosas:

- Un instrumento que prenda y apague la fuente periódicamente para ver la carga y descarga
- Un instrumento que mida una tensión en el tiempo con buena resolución

Midiendo la carga y descarga

Para medir esto, necesitamos dos cosas:

- Un instrumento que prenda y apague la fuente periódicamente para ver la carga y descarga: **generador de funciones**



Generador de funciones

Permite generar señales de voltaje que **varían en el tiempo**

Tres formas: cuadrada, triangular, sinusoidal

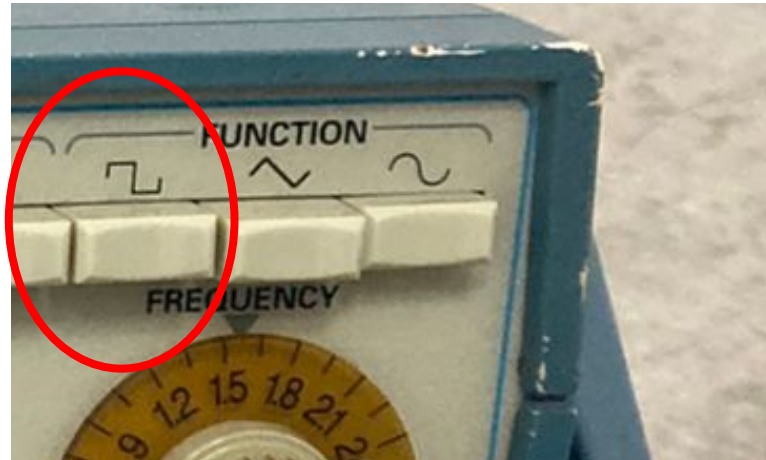


Generador de funciones

Permite generar señales de voltaje que **varían en el tiempo**

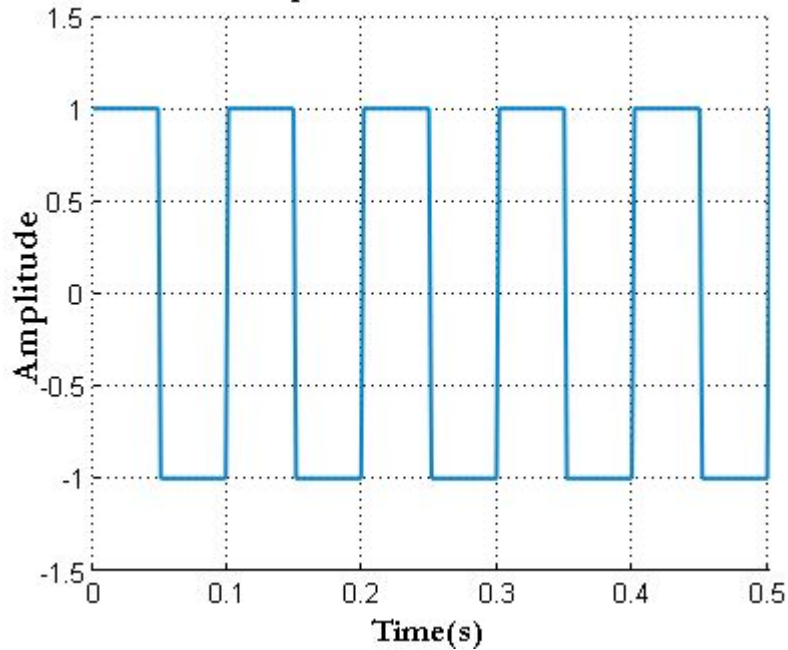
Tres formas: **cuadrada**, triangular, sinusoidal

La cuadrada nos servirá para prender y apagar un voltaje si se configura que vaya de 0 V a 5 V, por ejemplo



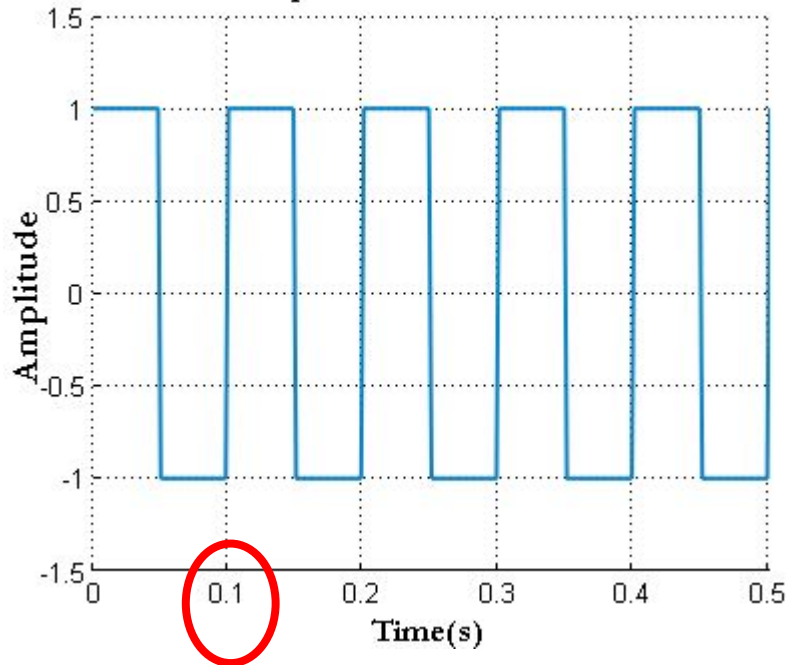
Generador de funciones

Tres formas: **cuadrada**, triangular, sinusoidal



Generador de funciones

Tres formas: **cuadrada**, triangular, sinusoidal

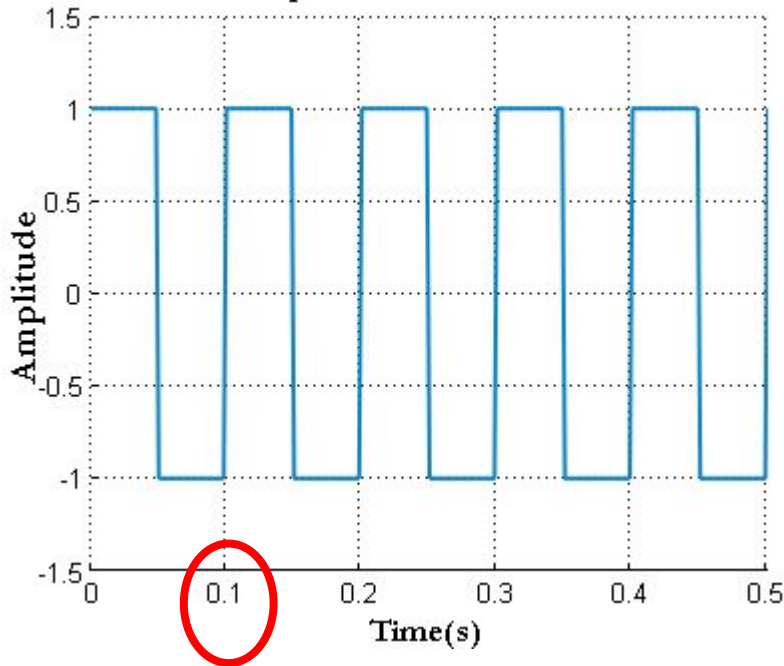


- La señal se repite cada 0.1 segundo, por ende, ese es su **período**

$$T = 0.1 \text{ s}$$

Generador de funciones

Tres formas: **cuadrada**, triangular, sinusoidal

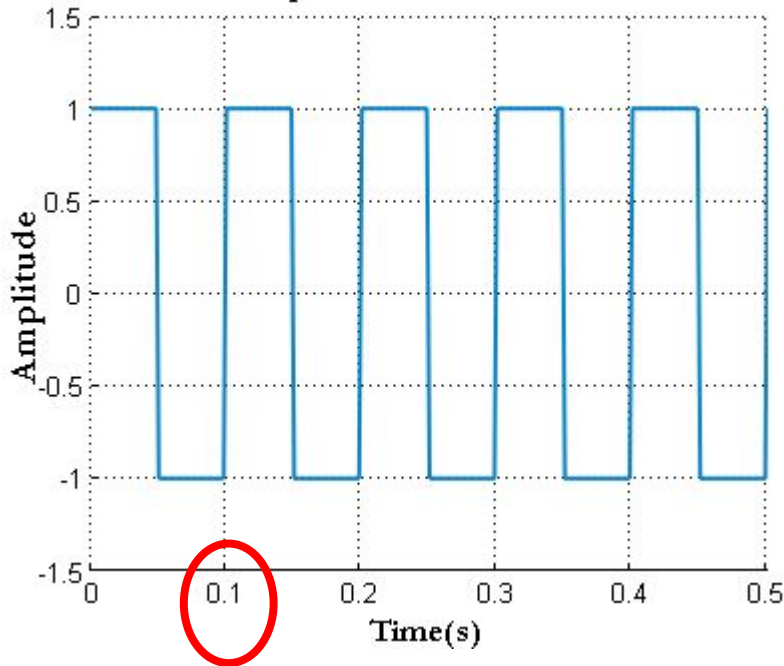


- La señal se repite cada 0.1 segundo, por ende, ese es su **período**
- Podemos calcular la **frecuencia** de la señal como:

$$f = 1/T : [f] = \frac{1}{s} = \text{Hz}$$

Generador de funciones

Tres formas: **cuadrada**, triangular, sinusoidal

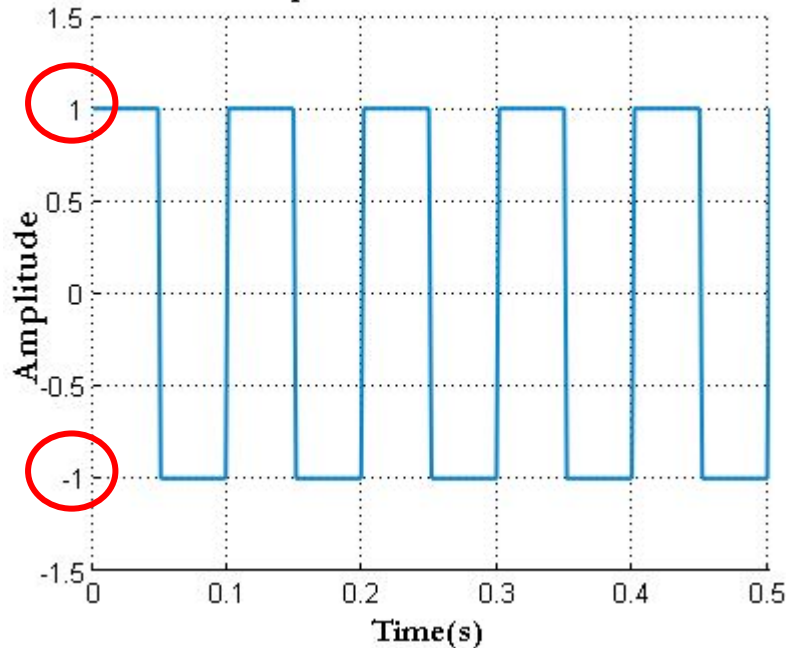


- La señal se repite cada 0.1 segundo, por ende, ese es su **período**
- Podemos calcular la **frecuencia** de la señal como:

$$f = 1/T = 10 \text{ Hz}$$

Generador de funciones

Tres formas: **cuadrada**, triangular, sinusoidal



- La **amplitud** de la señal es:

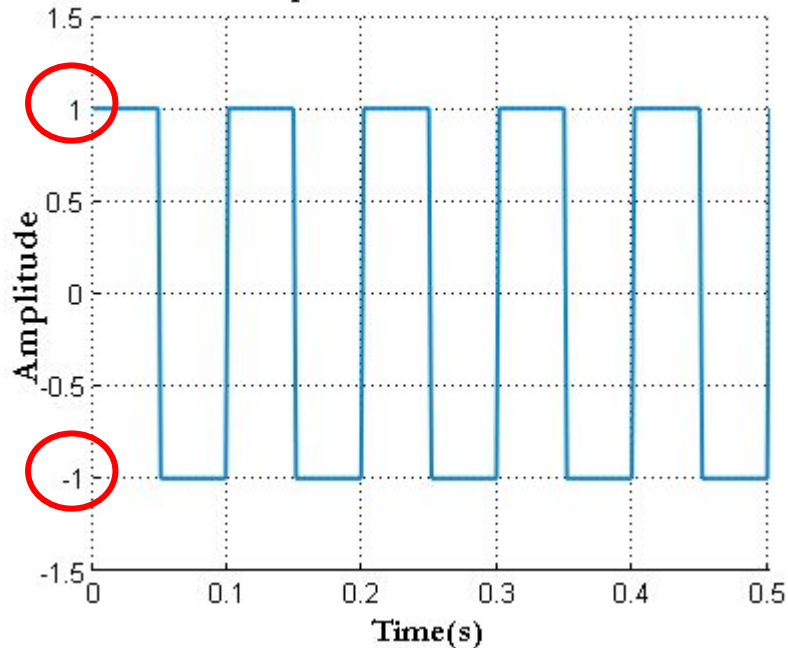
$$Amp = \frac{V_{max} - V_{min}}{2}$$

en este caso, es:

$$Amp = \frac{1 V - (-1 V)}{2} = 1 V$$

Generador de funciones

Tres formas: **cuadrada**, triangular, sinusoidal



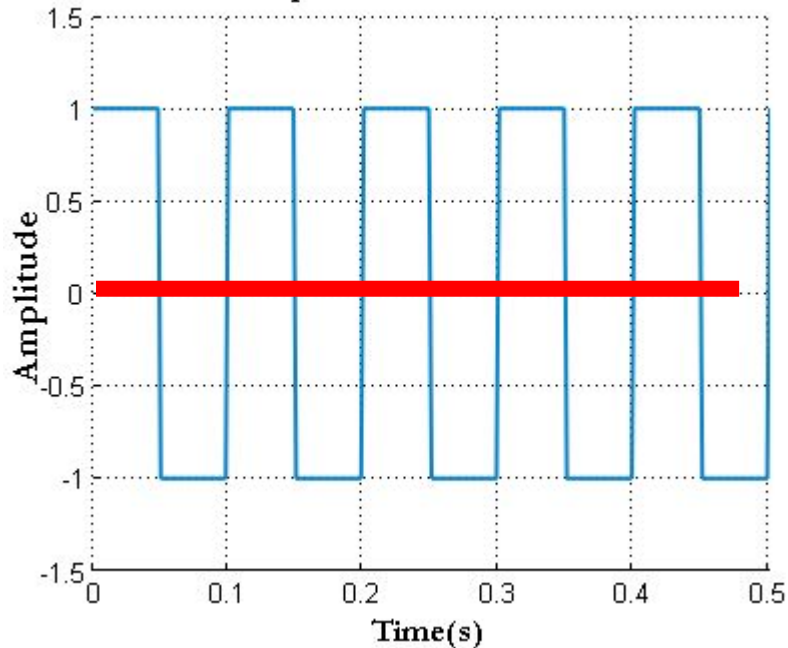
- La **amplitud pico a pico (pp)** de la señal es:

$$Amp_{pp} = V_{max} - V_{min}$$

¿Cuánto es en este caso?

Generador de funciones

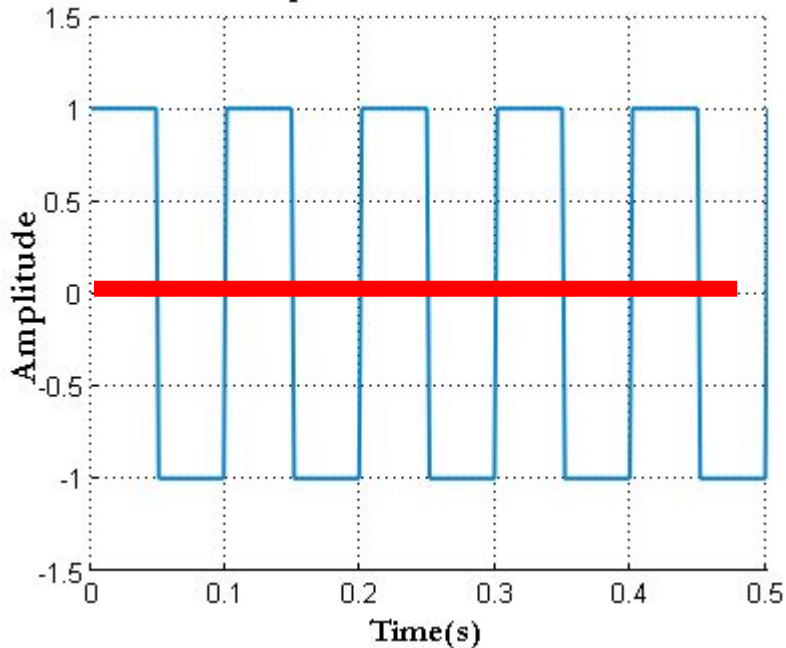
Tres formas: **cuadrada**, triangular, sinusoidal



- El **offset** de la señal es su valor medio. En este caso es 0 V. Pero se puede modificar.

Generador de funciones

Tres formas: **cuadrada**, triangular, sinusoidal



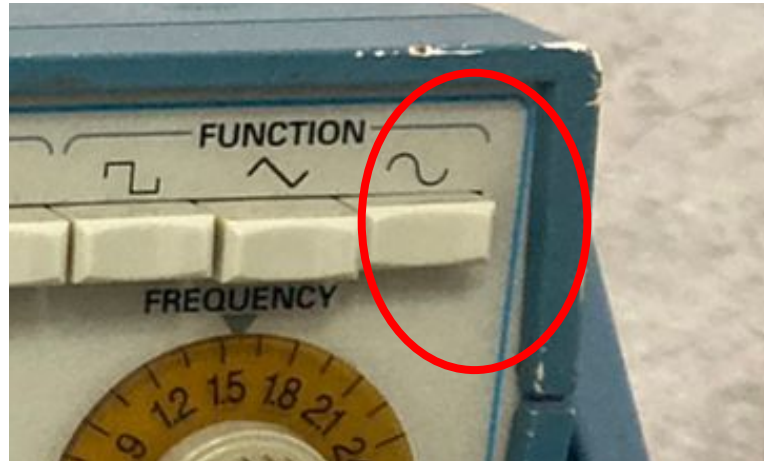
- El **offset** de la señal es su valor medio. En este caso es 0 V. Pero se puede modificar.

¿Qué pasaría si a la señal le agrego un offset de 2.5 V?

Generador de funciones

Permite generar señales de voltaje que **varían en el tiempo**

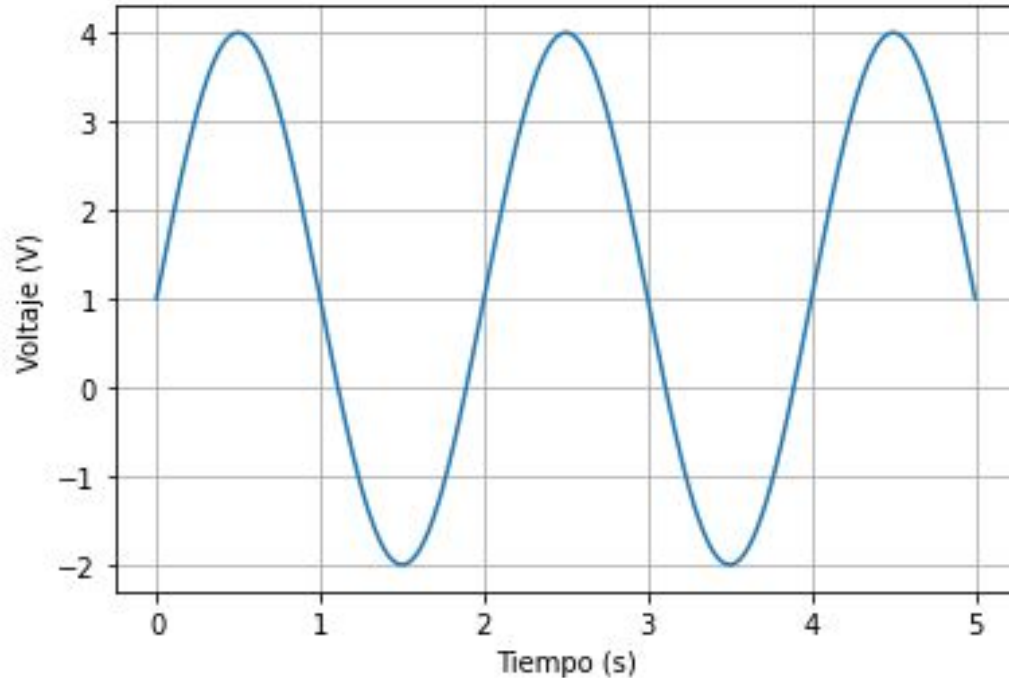
Tres formas: cuadrada, triangular, **sinusoidal**



La sinusoidal nos servirá para alimentar el circuito con una señal y ver su respuesta

Generador de funciones

Tres formas: cuadrada, triangular, **sinusoidal**

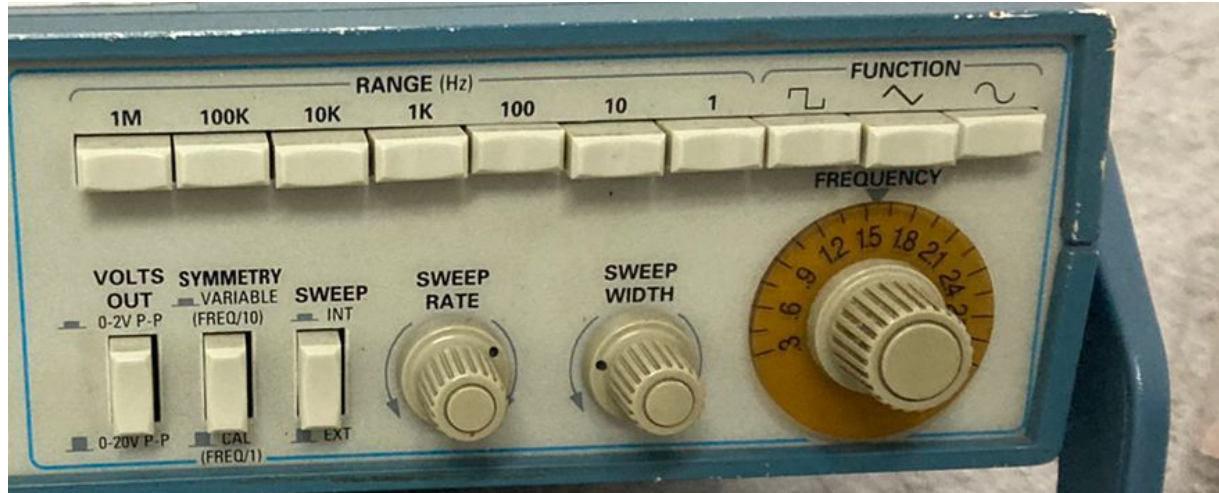


¿Qué período,
frecuencia, amplitud
y offset tiene esta
señal sinusoidal?

Generador de funciones

Permite generar señales de voltaje que **varían en el tiempo**

Permite seleccionar la frecuencia de la señal



Generador de funciones

Permite generar señales de voltaje que **varían en el tiempo**

Permite seleccionar la amplitud y offset de la señal



Se saca para afuera antes de modificar

Generador de funciones

Permite generar señales de voltaje que **varían en el tiempo**

Aquí está el
output de la
señal



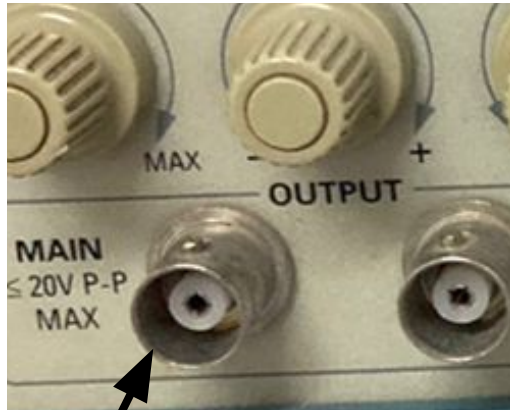
Generador de funciones

Utilizaremos cables coaxiales tipo BNC



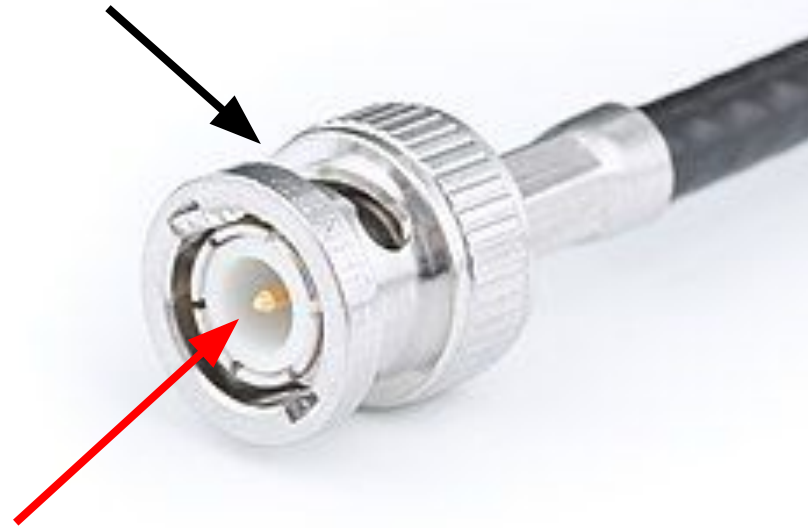
Generador de funciones

Utilizaremos cables coaxiales tipo BNC



La parte metálica es **tierra** (0 V)

Negativo, y además, será **tierra** (llevará 0 V)



Positivo

Generador de funciones

Utilizaremos cables coaxiales tipo BNC

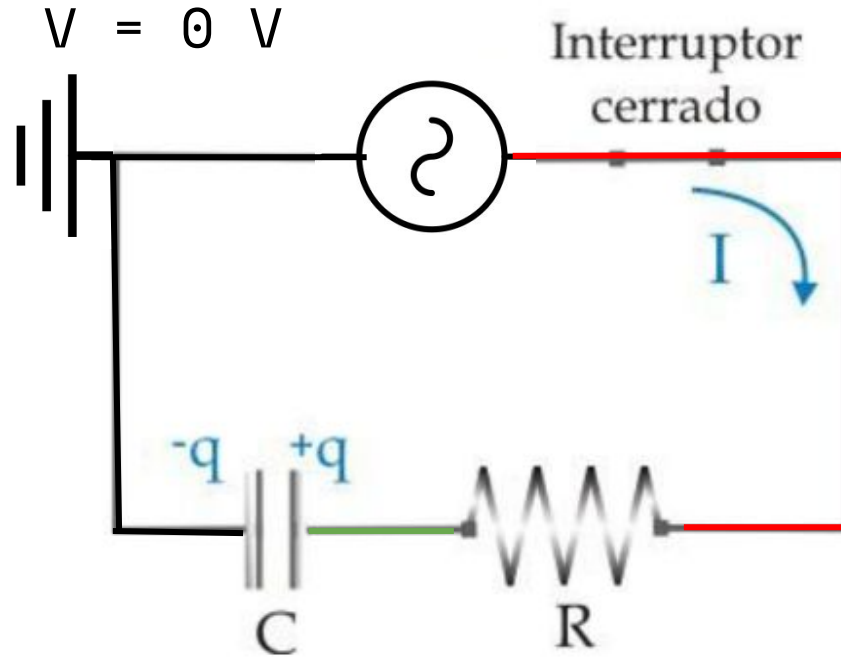
IMPORTANTE: el negativo de la fuente siempre estará a tierra, es decir, a 0 V. Por ende, siempre hay que enchufarlo con otras tierras y nunca a un punto con voltaje

Negativo, y además, será **tierra** (llevará 0 V)

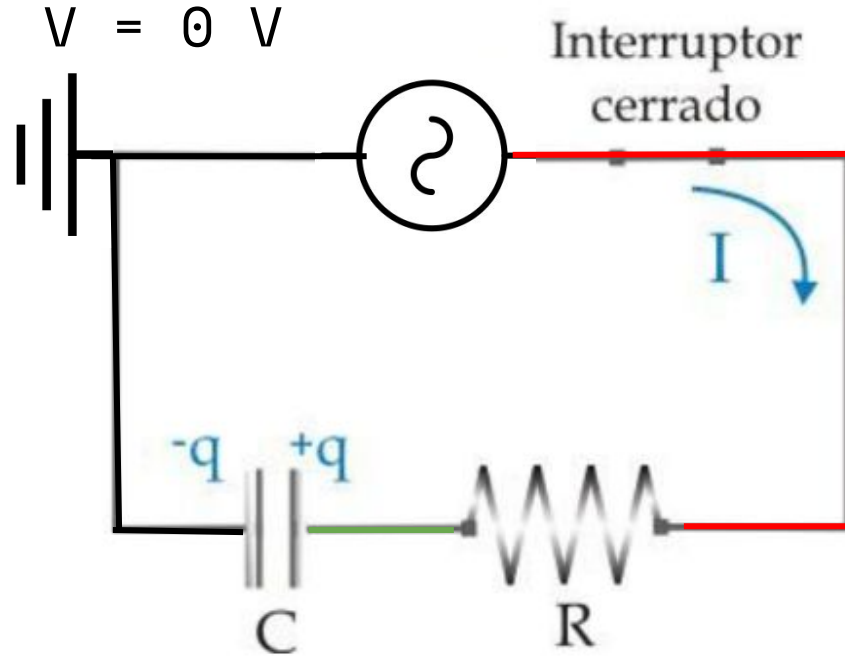


Positivo

Generador de funciones




Generador de funciones



Cualquier otra cosa que conectemos que tenga un BNC, va a tener que ser conectada negativo con negativo

Midiendo la carga y descarga

Para medir esto, necesitamos dos cosas:

 Un instrumento que prenda y apague la fuente periódicamente para ver la carga y descarga

- Un instrumento que mida una tensión en el tiempo con buena resolución

Midiendo la carga y descarga

Para medir esto, necesitamos dos cosas:



Un instrumento que prenda y apague la fuente periódicamente para ver la carga y descarga



Un instrumento que mida una tensión en el tiempo con buena resolución

Midiendo la carga y descarga

1)



Sólo sirve si los tiempos característicos son altos y tendríamos que sincronizarlo con la fuente.

Midiendo la carga y descarga

2) SensorDAQ



Midiendo la carga y descarga

SensorDAQ

Es una placa de adquisición de señales

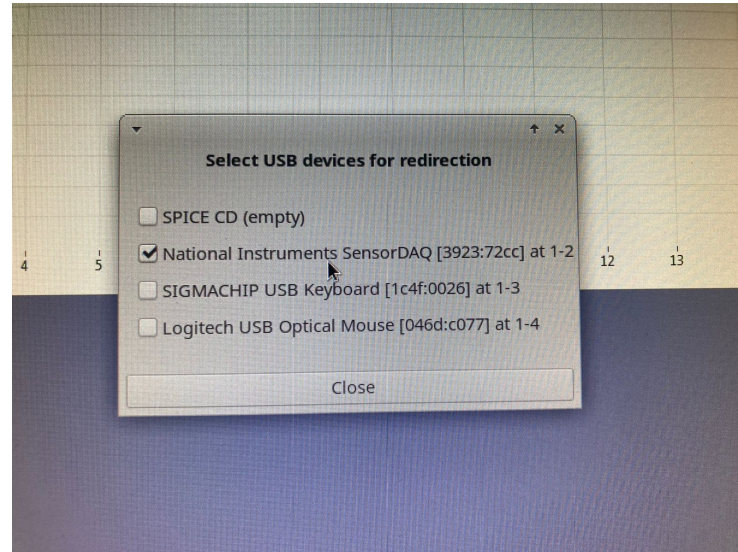
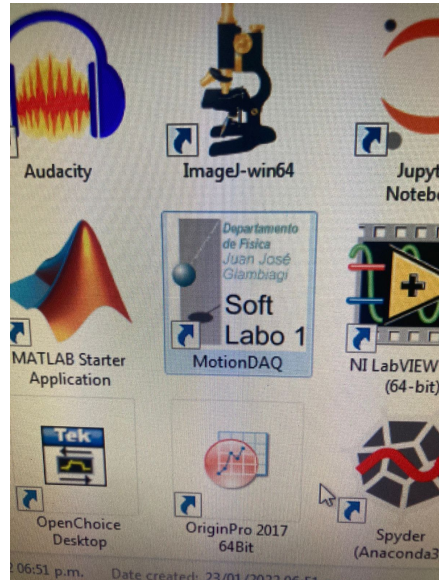
Tiene 3 canales a los cuales se le pueden conectar instrumentos de medición, o bien, medir voltajes

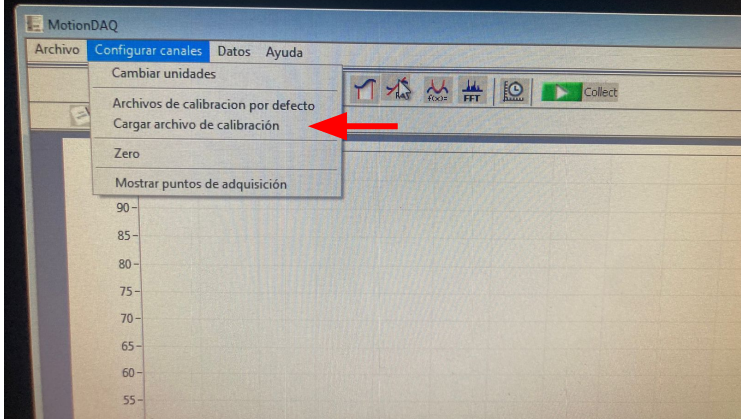
Se conecta a la PC y tiene un software que lee los 3 canales

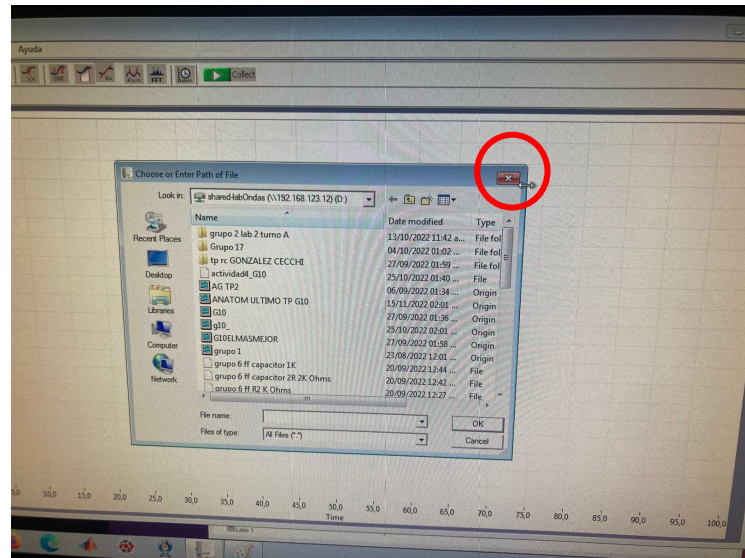
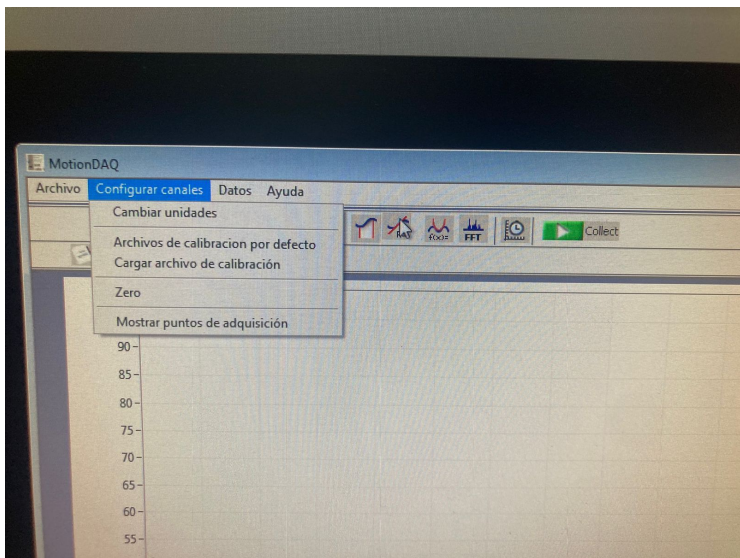


SensorDAQ

Tiene un software propio (Windows) para configurar la adquisición en tiempo real







MotionDAQ

Archivo **Configurar canales** Datos Ayuda

- Cambiar unidades
- Archivos de calibración por defecto
- Cargar archivo de calibración
- Zero
- Mostrar puntos de adquisición

90
85
80
75
70
65
60
55

Seleccion y configuración de canales

Canal 1 Canal 2 Canal 3 AIO AII Canal DIG

Selección de sensor Canal 1

- Charge 2 V
- Colorimeter
- Conductivity 200
- Conductivity 2000
- Conductivity 20000
- Current
- Current Probe 1.2A
- Custom 10V**
- Custom 5V
- Differential Voltage
- Dissolved CO2
- Dissolved Oxygen
- Dual-Range Force 10N
- Dual-Range Force 50N
- EKG
- Electrode Amplifier
- Extra Long Temp Probe
- Flow Rate
- Force Plate (3500N)

Página de calibración Canal 1

Calibration Page 1

Ecuación

Lineal:

Lectura = $K1 * \text{tensión} + K0$

Unidades Canal 1

(V)

K0 Canal 1
0

K1 Canal 1
1

K2 Canal 1
0

Para guardar la calibración de este sensor haga click en

Guardar

Ayuda Cancelar **Aplicar**

800 1,000 1,200 1,400 1,600 1,800 2,000 2,200 2,400 2,600 2,800 3,000 3,200 3,400 3,600 3,800

Time

Labo 1

Windows Explorer

Drive (V:\192.168.123.12) (D:)

| Date modified | Type |
|-----------------------|----------|
| 13/10/2022 11:42 a.m. | File fol |
| 04/10/2022 01:02 ... | File fol |
| 27/09/2022 01:59 ... | File fol |
| 25/10/2022 01:40 ... | File |
| 06/09/2022 01:34 ... | Origin |
| 15/11/2022 02:04 ... | Origin |
| 27/09/2022 01:36 ... | Origin |
| 25/10/2022 02:01 ... | Origin |
| 27/09/2022 01:56 ... | Origin |
| 23/08/2022 12:01 ... | Origin |
| 20/09/2022 12:44 ... | File |
| 20/09/2022 12:42 ... | File |
| 20/09/2022 12:27 ... | File |

2 turno A

ALEZ CECC-H

GI0

ULTIMO TP GI0

JMEIOR

capacitor 1K

Capacitor 2R 2K Ohms

E2 K Ohms

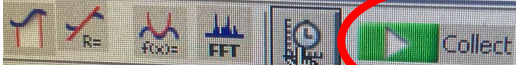
All Files (*)

OK Cancel

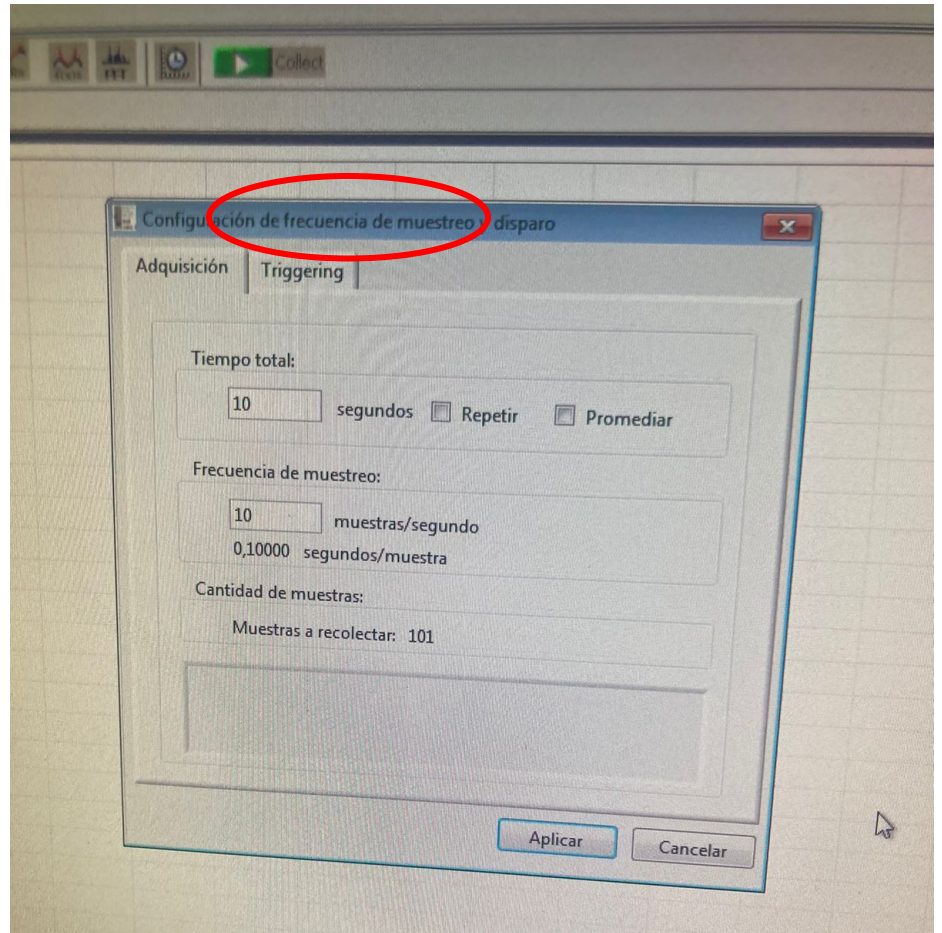
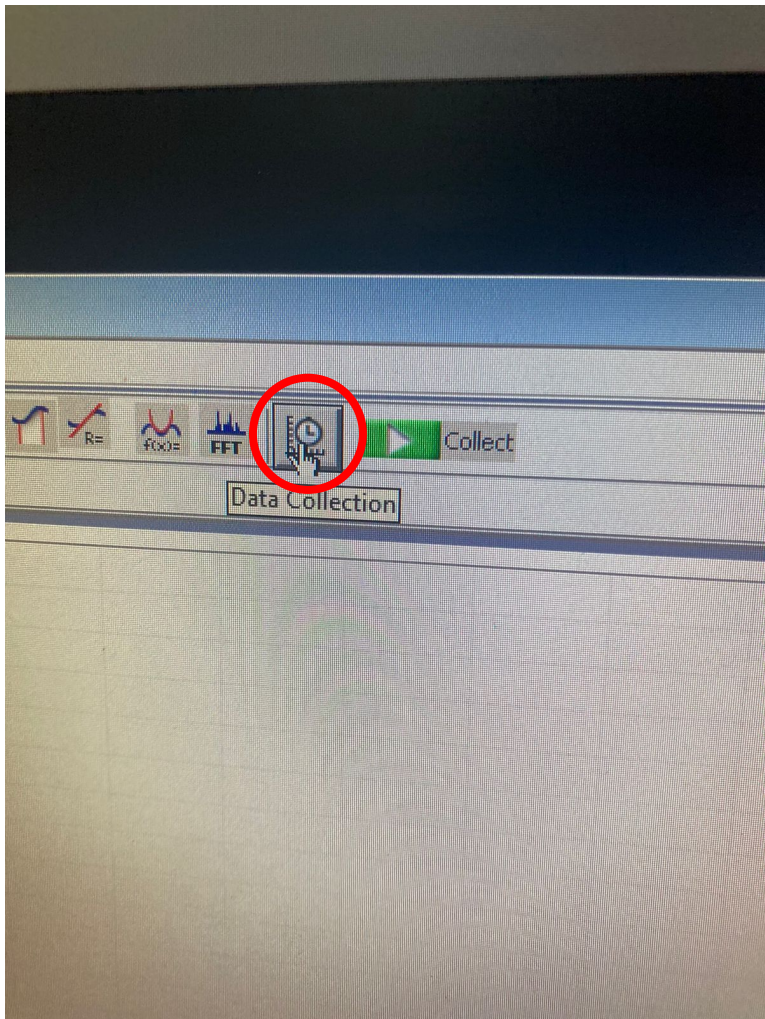
40,0 45,0 50,0 55,0 60,0 65,0 70,0 75,0 80,0 85,0 90,0 95,0 100,0

Time

Este botón inicia la medición



Data Collection

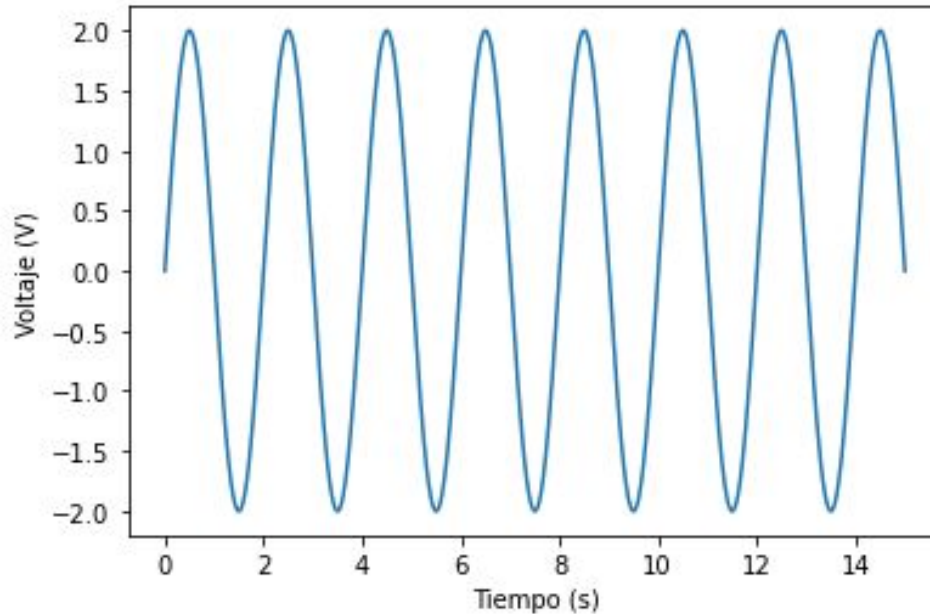


SensorDAQ



Frecuencia de muestreo

Señal a adquirir:



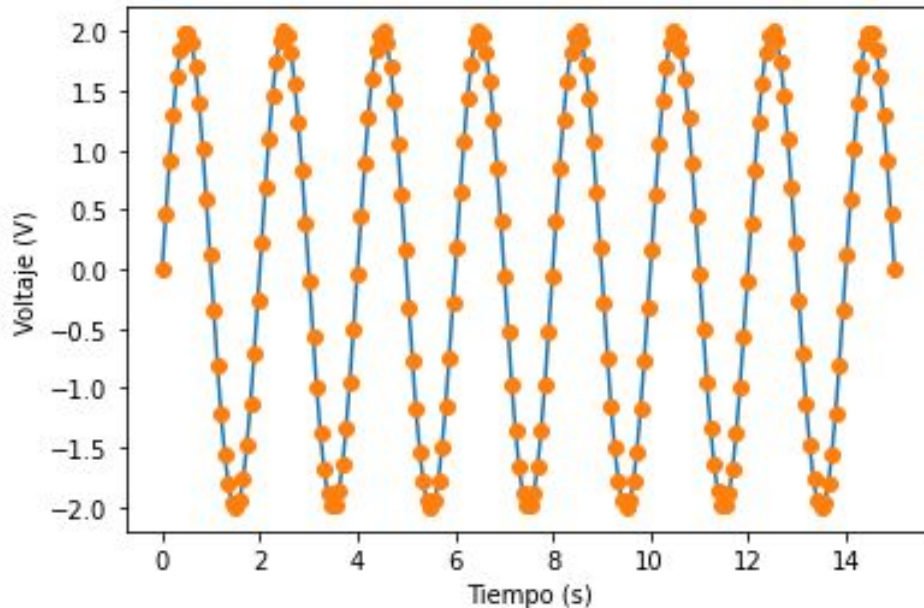
$$f_{exp} = 0.5 \text{ Hz}$$

SensorDAQ



Frecuencia de muestreo

El instrumento toma datos con una **frecuencia de muestreo** f_s , por ejemplo:



$$f_{exp} = 0.5 \text{ Hz}$$

Acá, los puntos naranjas son mediciones cada 0.075 segundos de la señal, por ende, la frecuencia de muestreo es:

$$f_s = \frac{1}{0.075 \text{ s}} = 13 \text{ Hz}$$

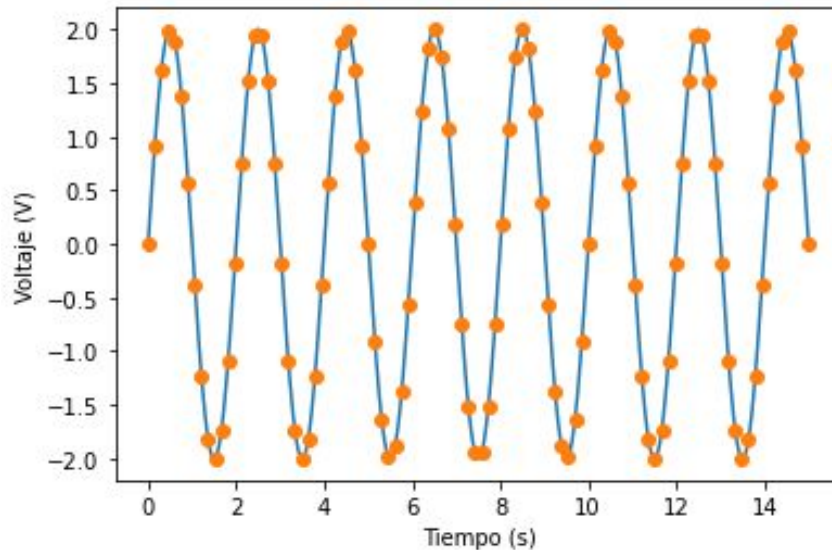
Es decir, mide 13 veces por segundo

SensorDAQ



Frecuencia de muestreo

El instrumento toma datos con una **frecuencia de muestreo** f_s , por ejemplo:



$$f_{exp} = 0.5 \text{ Hz}$$

Acá, los puntos naranjas son mediciones cada 0.150 segundos de la señal, por ende, la frecuencia de muestreo es:

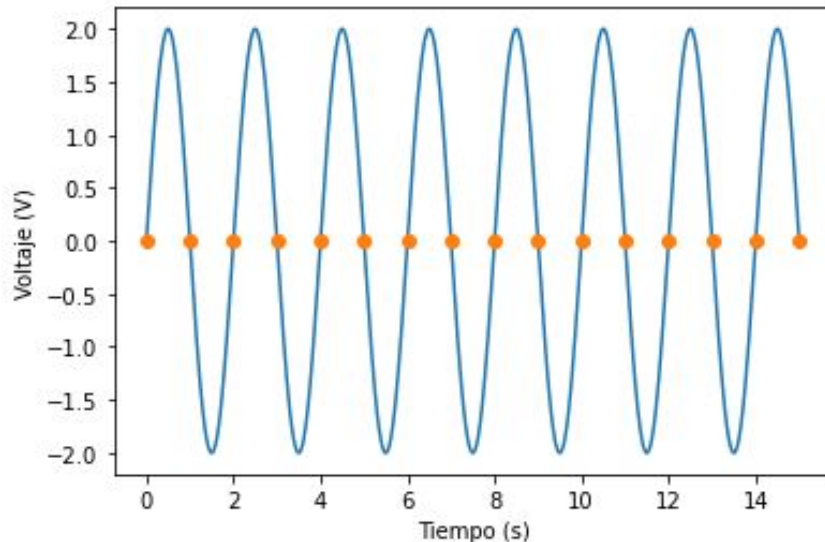
$$f_s = \frac{1}{0.150 \text{ s}} = 6.6 \text{ Hz}$$

SensorDAQ



Frecuencia de muestreo

El instrumento toma datos con una **frecuencia de muestreo** f_s , por ejemplo:



$$f_{exp} = 0.5 \text{ Hz}$$

Acá, los puntos naranjas son mediciones cada 1 segundo de la señal, por ende, la frecuencia de muestreo es:

$$f_s = \frac{1}{1 \text{ s}} = 1 \text{ Hz}$$

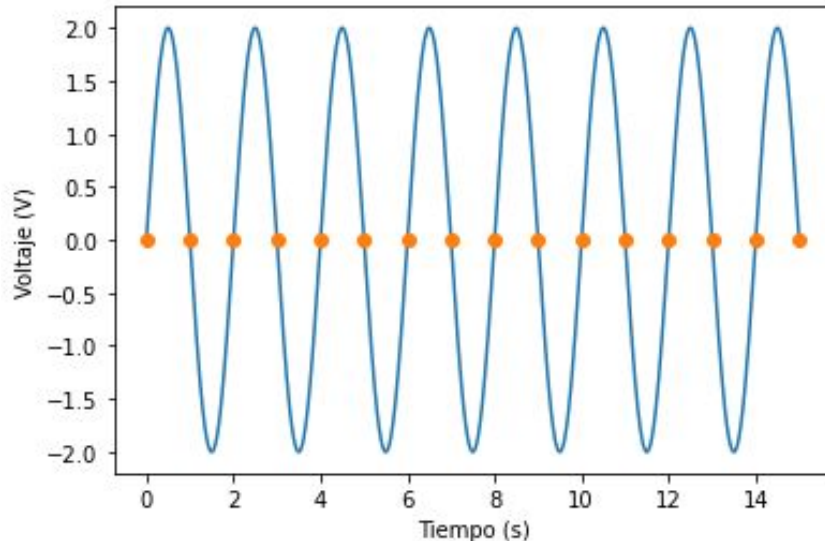
SensorDAQ



Frecuencia de muestreo

El instrumento toma datos con una **frecuencia de muestreo** f_s , por ejemplo:

$$f_{exp} = 0.5 \text{ Hz}$$



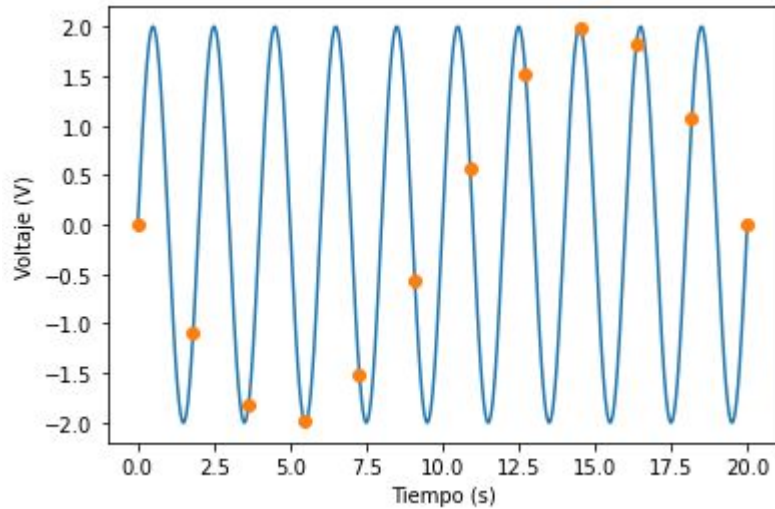
Estoy midiendo siempre cero y pareciera que no hay señal pero sí la hay! Estoy “subsampling” la señal

SensorDAQ



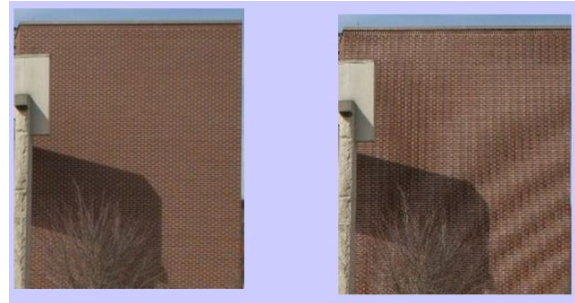
Frecuencia de muestreo

Podría pasar un caso en donde f_s es parecido a f_{exp} :



¡Estaría midiendo una señal con una frecuencia que no es la real!

Este fenómeno se llama **aliasing**



SensorDAQ



Frecuencia de muestreo

Criterio de Nyquist para frecuencia de muestreo:

La frecuencia de muestreo debe ser al menos el doble que la frecuencia de la señal

Idealmente más alta, pero no muy alta (¿por qué?)

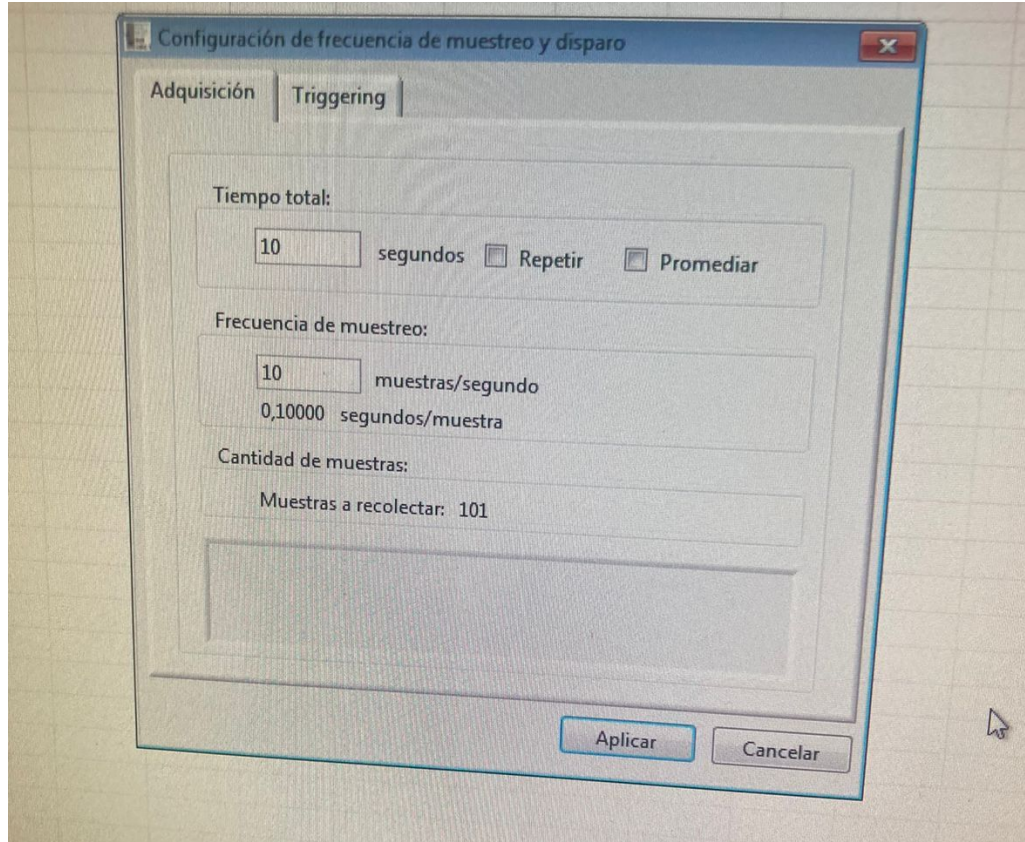
Ustedes tendrán que configurar una frecuencia de muestreo apropiada según la señal que quieran medir

SensorDAQ

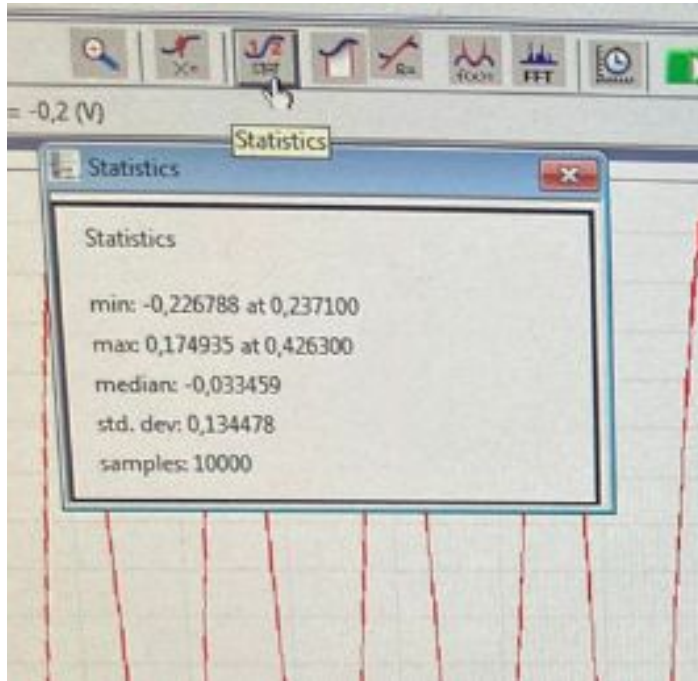


Nota para no marearse:

1 muestra/segundo = 1 Hz



SensorDAQ



Esos botones dan información de la señal para cuando quieren sacar algo particular y no toda la señal (por ejemplo, la amplitud)

SensorDAQ



Para conectar el SensorDAQ usaremos cables BNC



SensorDAQ



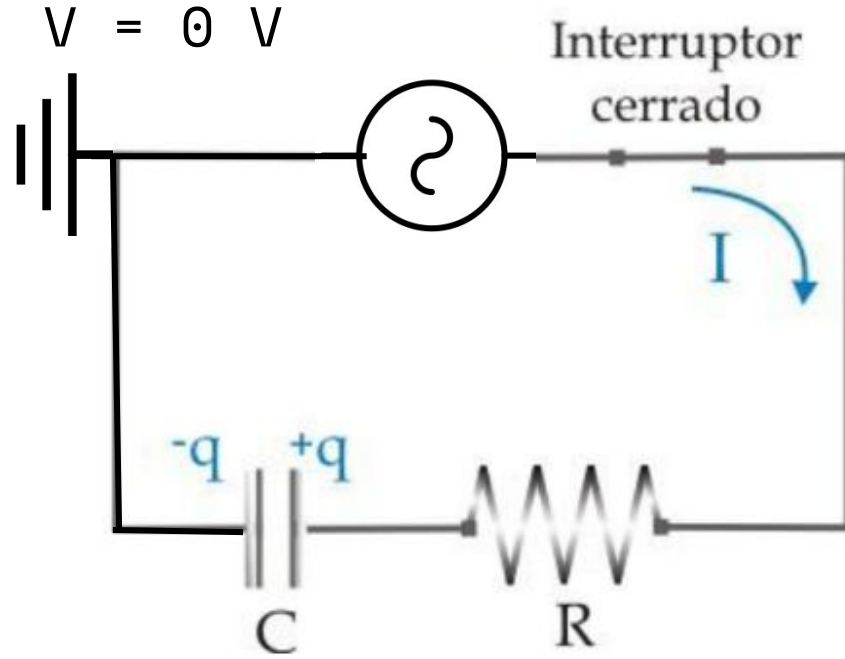
Para conectar el SensorDAQ usaremos cables BNC

Hay que conectar el negativo del SensorDAQ con el negativo del generador de funciones

El negativo del SensorDAQ **está a tierra**

El positivo del SensorDAQ irá entre la R y el C

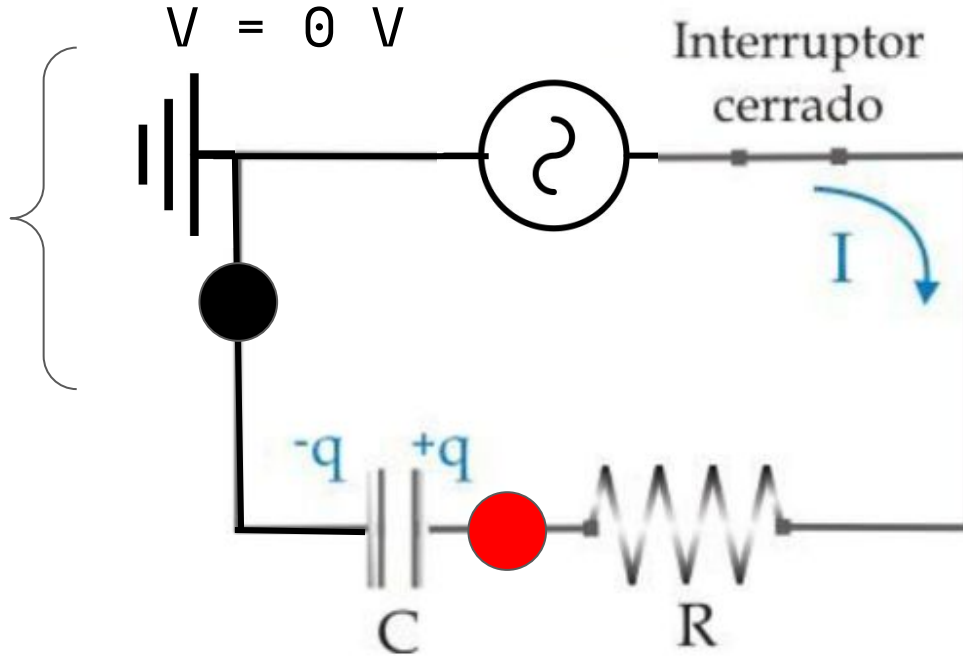
SensorDAQ



SensorDAQ

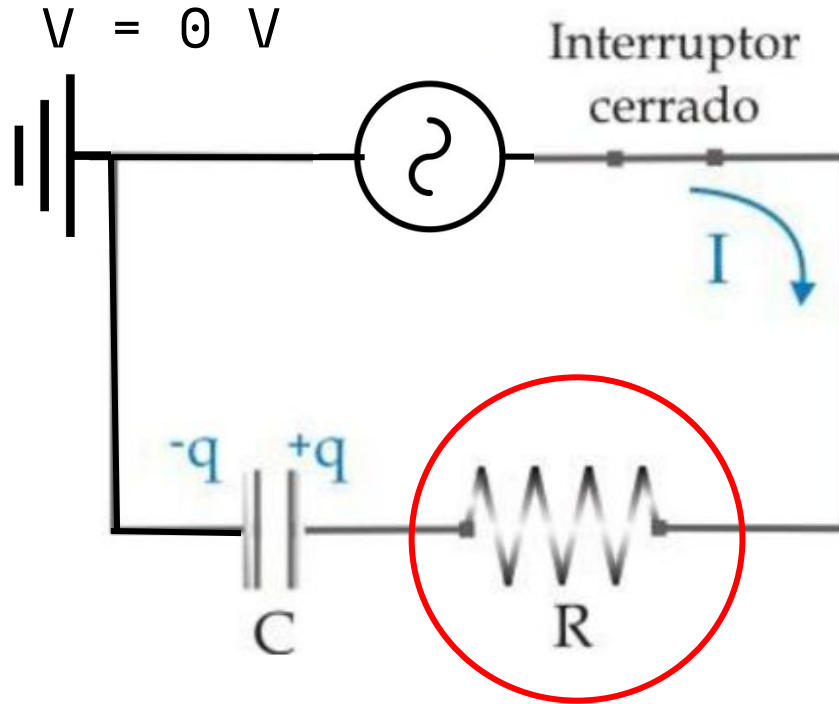


Tierra con tierra:
todo bien



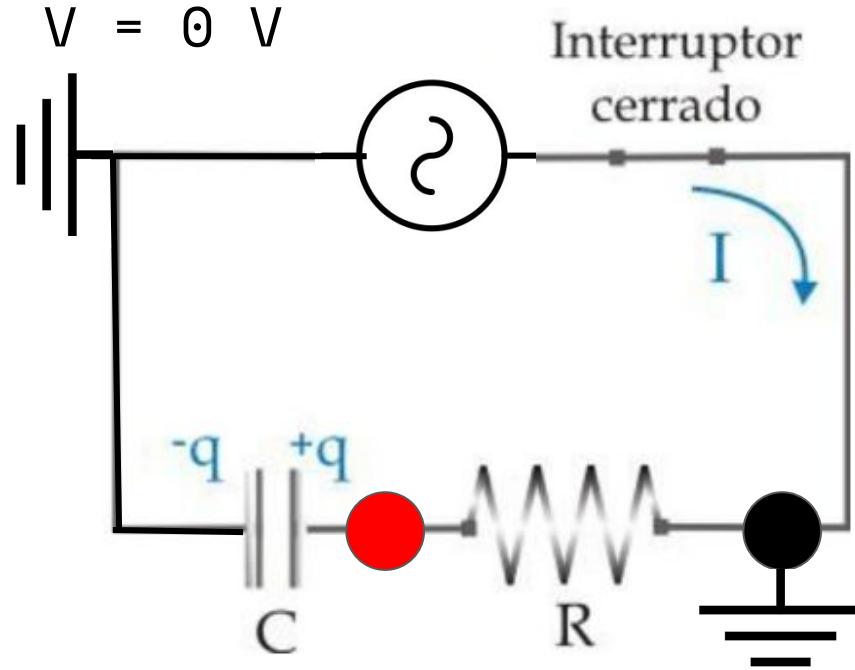
Conectado así, medirá el voltaje sobre el capacitor

SensorDAQ

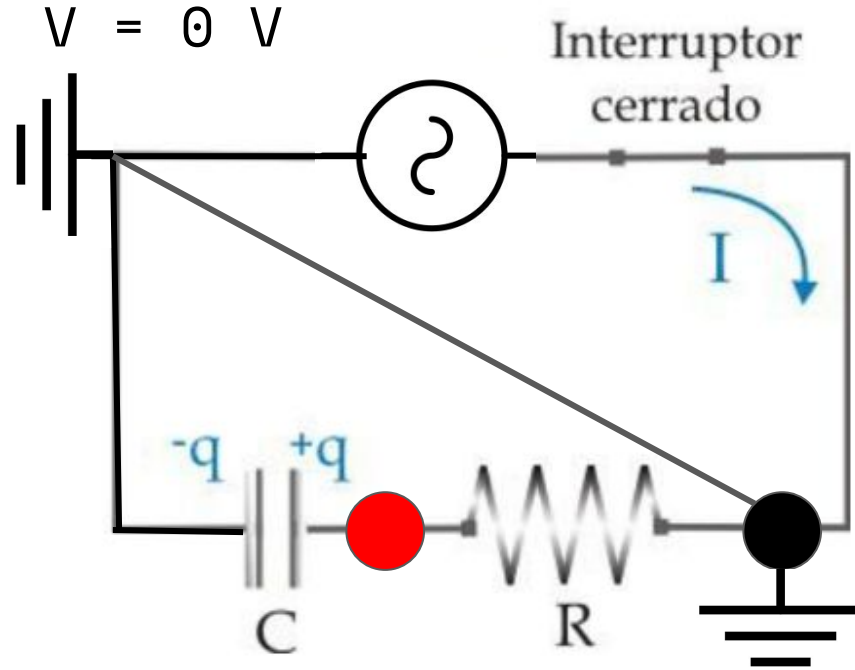


¿Cómo haría para medir el voltaje de la resistencia?

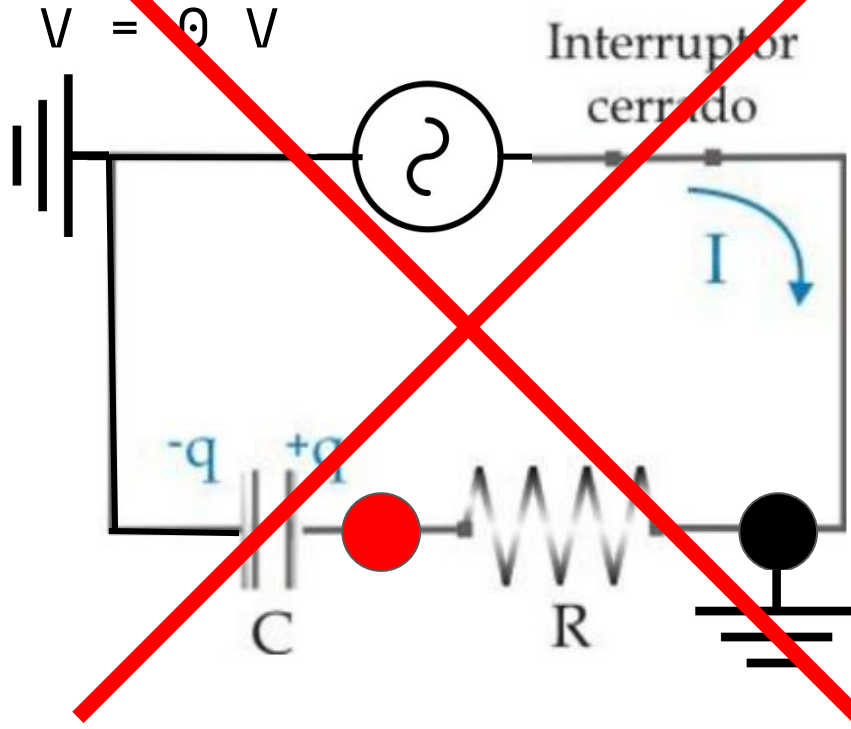
SensorDAQ



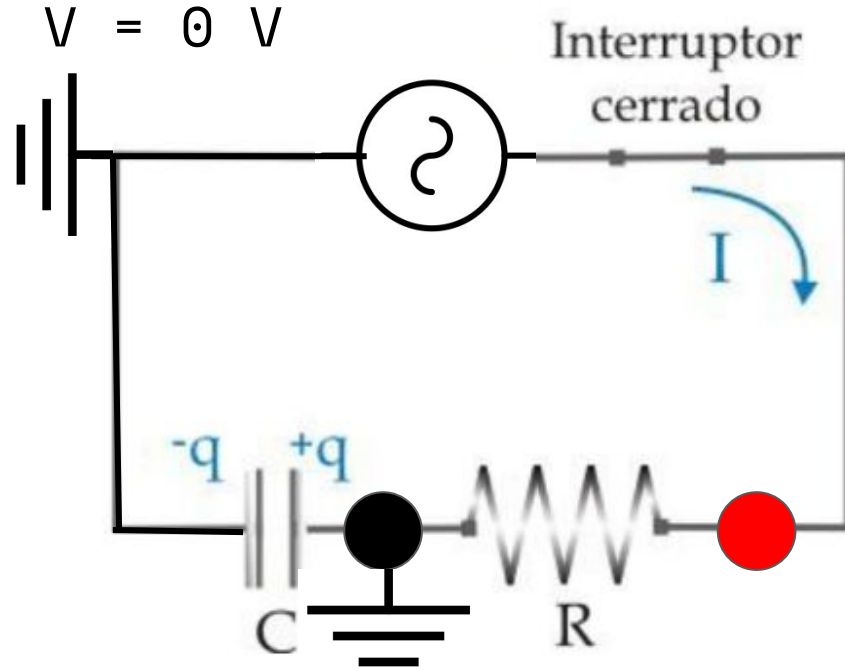
SensorDAQ



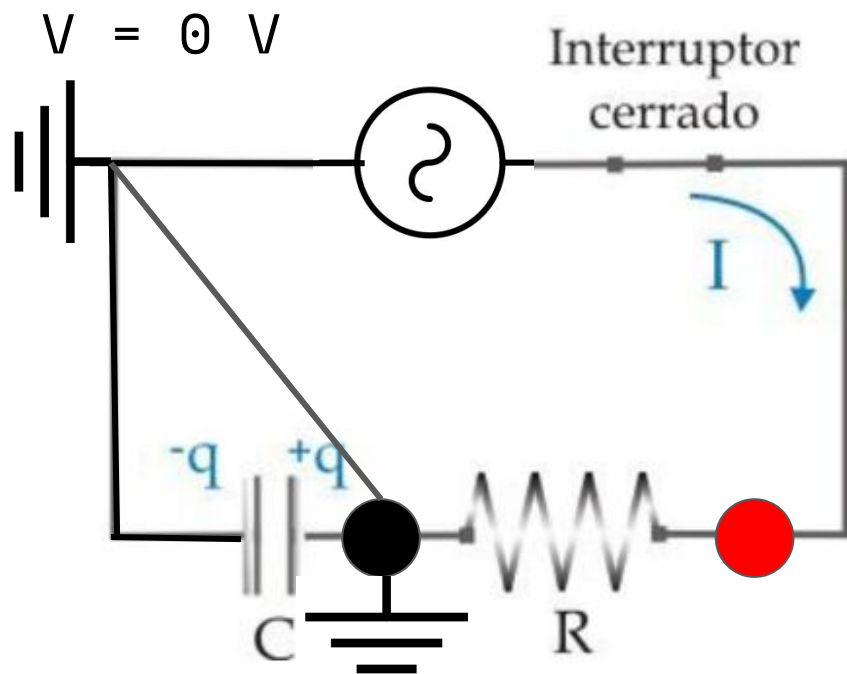
SensorDAQ



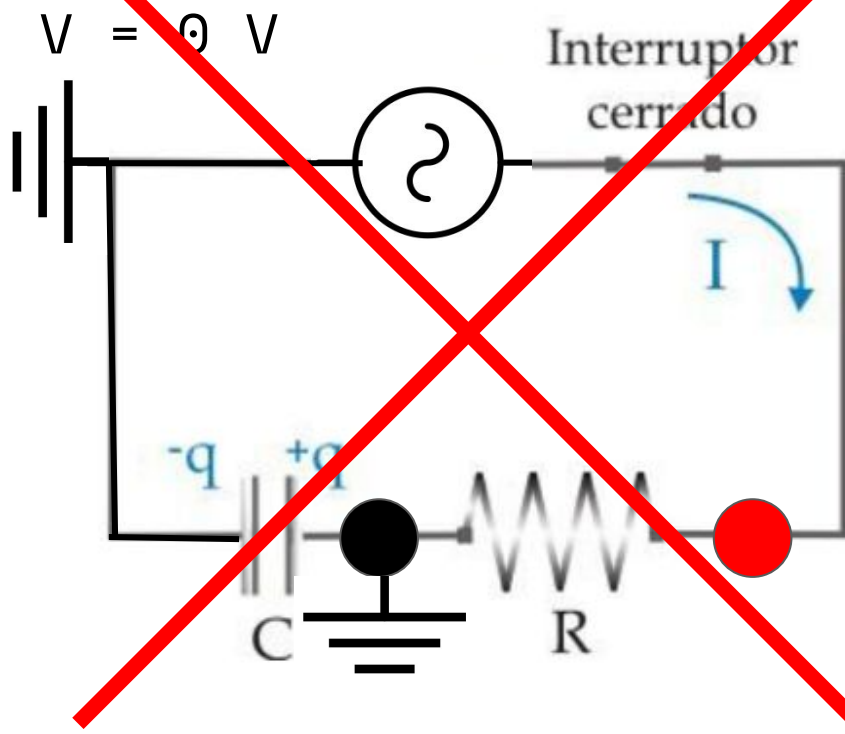
SensorDAQ



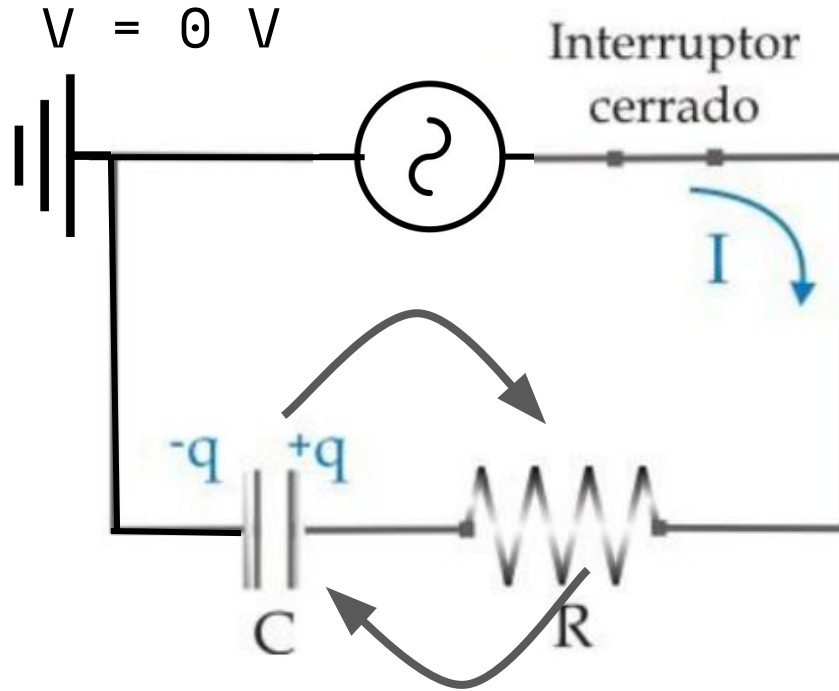
SensorDAQ



SensorDAQ



SensorDAQ

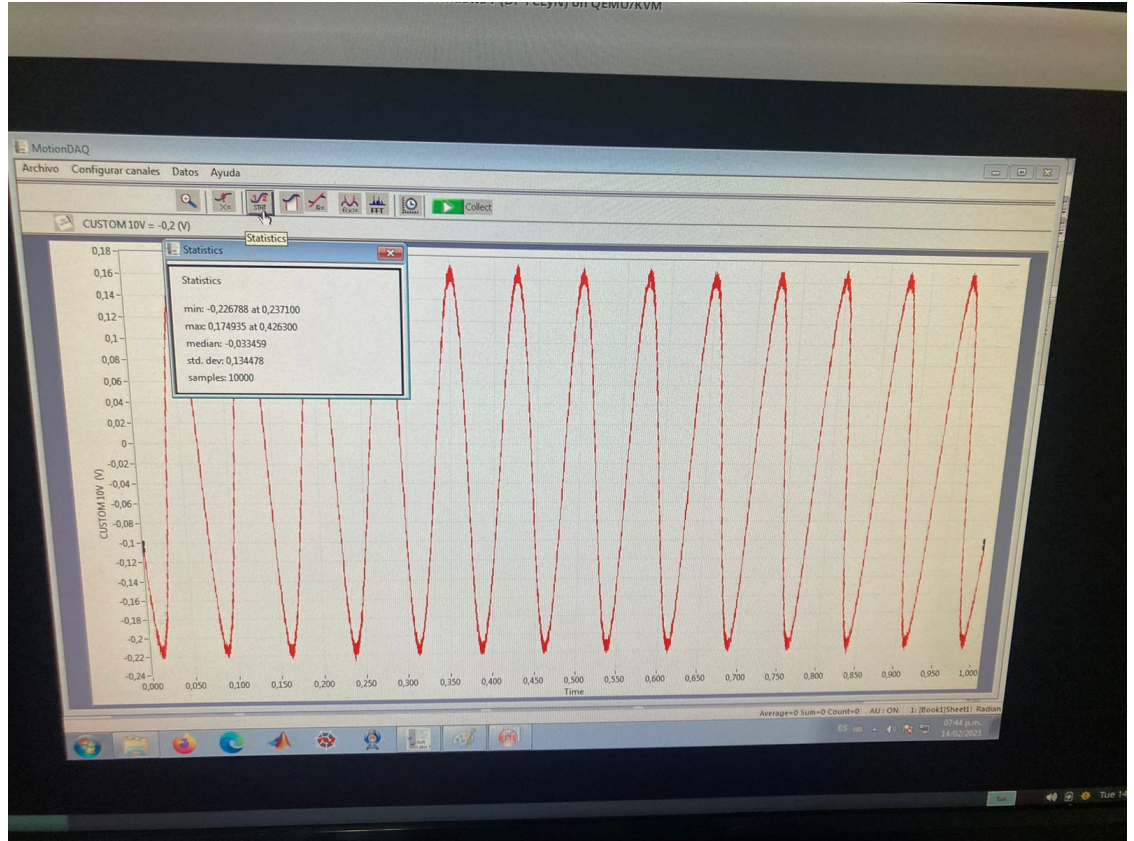
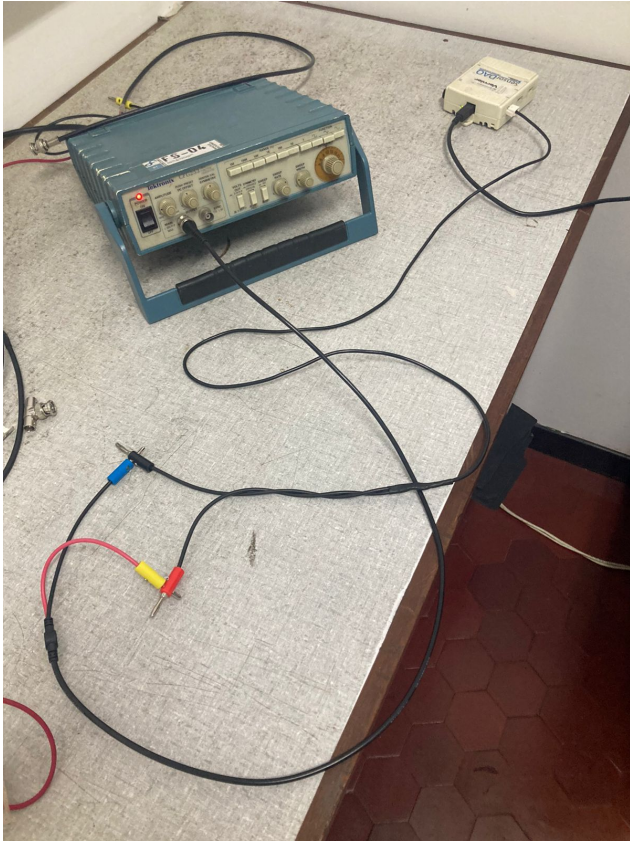


Solución facil: invierto la C y la R de lugar!

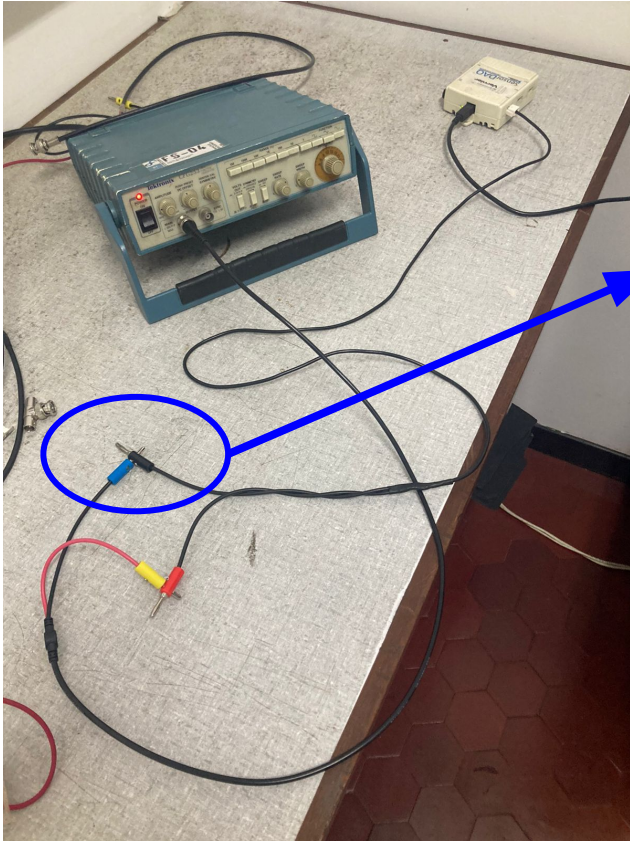
Actividad A)

- Conectar el generador de funciones directo a la DAQ
- Adquirir 3 señales con distintos parámetros
 - Una sinusoidal con offset 0
 - Una cuadrada que vaya de 0 a 5 V
 - Una a elección
- Exportar los datos en .csv y graficarlas en Origin

Actividad A)



Actividad A)



IMPORTANTÍSIMO: como los cables negros son tierras, se conectan siempre entre sí, sino pueden cortocircuitar y dañar la fuente o mandar corriente a tierra y que salte el disyuntor

Actividad B)

- 1) Armar circuito RC. Alimentarlo con una cuadrada entre 0 y 5 V, ver la carga y descarga sobre el capacitor.
 - Calcular antes que nada el tiempo característico del circuito
 - Calcular qué período de la cuadrada les permitirá ver la carga y descarga y elegir apropiadamente la frecuencia de la señal
 - Calcular la frecuencia de muestreo apropiada para obtener la señal
 - Luego de estos cálculos, enchufar y medir.

Medir al menos **3 circuitos** con tiempos característicos distintos. A uno de ellos, medir también sobre R y comparar.
¿Qué cambia en la medición si la señal va entre -2.5 V y 2.5 V?

Actividad B)

- 1) Armar circuito RC. Alimentarlo con una cuadrada entre 0 y 5 V, ver la carga y descarga sobre el capacitor.
 - Luego de medir la **primera curva**, exportar los datos y levantarlos en Origin o Python.
 - Graficar y ajustar con una exponencial de la forma:

$$y = a \cdot e^{b(x-x_0)} + c$$

Obtener b, y comparar 1/b con el tiempo característico estimado.

- Luego, continuar con las mediciones.

Actividad B)

2) Armar circuito RC con dos capacitores en serie y luego en paralelo, y midiendo una curva en cada caso corroborar que las capacitancias se suman de la siguiente manera:

$$C_{serie} = \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \right)^{-1}$$

$$C_{paralelo} = C_1 + C_2$$

(al revés que las resistencias).

Actividad C): filtros de frecuencia

Alimentar el circuito con una señal sinusoidal sin offset de amplitud pico a pico 5 V y ver cómo es la señal de “salida”.

- Medir la amplitud de la señal medida y comparar con la amplitud de la señal de entrada. Hacer un gráfico A_s/A_e vs f
- Tomar como referencia la frecuencia de “corte”:

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

y setear frecuencias por debajo y por arriba. ¿En qué zona la amplitud es constante y en qué zona cambia? ¿Por qué se llamará frecuencia de corte?

- Invertir R con C, volver a medir y ver qué cambia. ¿Qué circuito es “pasabajos” y cuál es “pasaaltos”?