

# Introducción

## Caracterización de osciloscopio y generador de funciones

En esta primera parte del laboratorio exploraremos el funcionamiento básico del generador de funciones y del osciloscopio, dos herramientas fundamentales en la experimentación con circuitos eléctricos. El objetivo es aprender a generar señales simples con el generador y visualizarlas correctamente en el osciloscopio.

Para ello, deberán crear distintas funciones (senoidal, cuadrada, triangular) y observar cómo se representan en la pantalla del osciloscopio. A lo largo de la práctica, ajustarán escalas de tiempo y voltaje, configurarán el disparo (trigger), compararán señales en distintos canales y utilizarán las herramientas de medición automáticas del osciloscopio para determinar parámetros como frecuencia, amplitud y período.

## Circuito RC en serie como filtro pasa bajos y pasa altos

En esta parte del laboratorio estudiaremos el comportamiento de un filtro pasivo de primer orden. Se denominan *filtros* a los circuitos cuya salida depende de la frecuencia  $\omega$  de la señal de entrada. Los más comunes son los **pasabajos** y los **pasaaltos**. En los primeros, la señal de salida es prácticamente igual a la de entrada cuando  $\omega$  es significativamente menor que cierta frecuencia de corte  $\omega_c$ , mientras que dicha salida resulta prácticamente nula cuando  $\omega \gg \omega_c$ .

En otras palabras, las señales de frecuencias bajas comparadas con  $\omega_c$  atraviesan el filtro sin sufrir alteración, mientras que las de alta frecuencia resultan fuertemente atenuadas. De ahí el nombre *pasabajos*. Lo análogo ocurre con los *pasaaltos*, donde las señales de alta frecuencia pasan sin atenuación y las de baja frecuencia son bloqueadas.

Existen también filtros en los que las señales de un determinado rango acotado de frecuencias pueden atravesarlo sin sufrir modificaciones, mientras que las frecuencias mucho menores o mucho mayores son fuertemente atenuadas. Estos filtros se denominan pasabanda. Análogamente, existen los eliminabanda, que son complementarios a los pasabanda.

En este laboratorio, trabajaremos con un circuito RC en serie como los siguientes dos casos:

- Si se mide la tensión de salida sobre el capacitor, el circuito se comporta como un filtro **pasabajos**.
- Si se mide sobre la resistencia, el circuito se comporta como un filtro **pasaaltos**.

El circuito se representa de la siguiente forma:

La frecuencia angular de corte se define como la frecuencia para la cual la **amplitud de la señal de salida se reduce a  $\frac{1}{\sqrt{2}}$  veces la amplitud máxima**. En esta frecuencia, la atenuación es de **3 decibels**, lo que se toma como referencia para marcar la transición entre la región de paso y la región de atenuación del filtro. Está dada por:

$$\omega_0 = \frac{1}{RC}. \quad (1)$$

Las cuentas importantes se pueden leer del apunte que subimos al campus. Les vamos a pedir que grafiquen y reporten algunas métricas usuales para filtros.

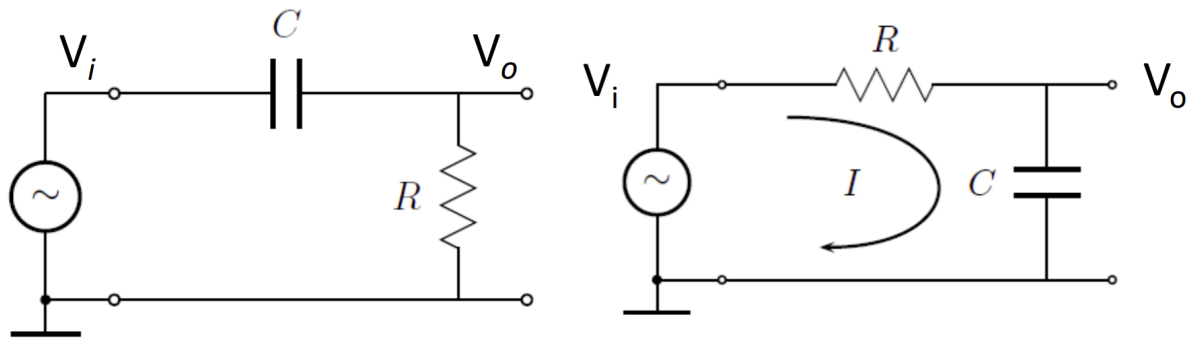


Figure 1: A la izquierda, la configuración **pasaaltos**. Derecha, **pasabajos**.

La función transferencia  $T$

$$T \equiv \left| \frac{V_o}{V_i} \right|. \quad (2)$$

La diferencia de fase entre  $V_C$  y  $V_i$

$$\phi = \arctan \left( \frac{\Im\{V_C/V_i\}}{\Re\{V_C/V_i\}} \right). \quad (3)$$

Los gráficos de la función transferencia y el desfase se suelen mostrar en función de  $\omega/\omega_0$ .

Se define la *atenuación*,  $A$ , como

$$A \equiv 20 \log_{10} T \quad [\text{dB}] \quad (4)$$

y se expresa en *decibeles* (dB). Por ejemplo, una atenuación  $A = -20$  dB se corresponde con una tensión de salida que es 10 veces inferior a la de entrada, esto es, con  $T = 0.1$ .

## Experiencia 1: caracterizar filtros

Armen un circuito RC en serie. Midan el voltaje de entrada y la diferencia de voltaje sobre alguno de los elementos.

Reporten:

- La diferencia de fase.
- Curvas de transferencia y atenuación.
- Rango de frecuencias y frecuencia de corte.

## Experiencia 2: filtros como operadores matemáticos

Se puede probar que un filtro pasaaltos puede obrar como **derivador**, mientras que uno pasabajos lo hace de **integrador**.

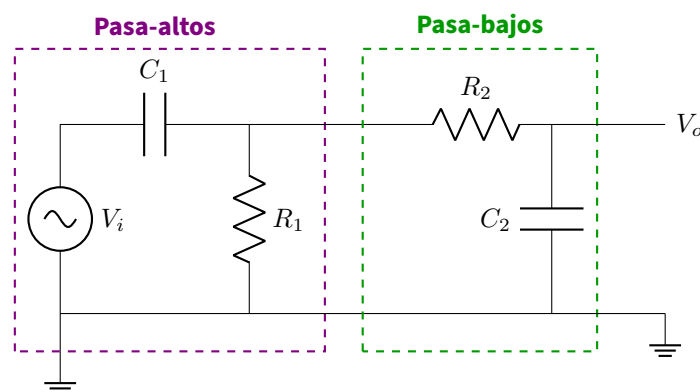
Por ejemplo, en el pasaaltos, el voltaje  $V_R$  medido sobre la resistencia se aproxima a la derivada de la señal de entrada cuando el filtro atenúa (bajas frecuencias). De la misma manera, un pasabajo aproxima la integral de la señal cuando la frecuencia es suficientemente alta para estar en régimen de atenuación.

- Obtengan voltajes de entrada y sobre los elementos a distintas frecuencias (en el rango relevante).
- Mostrar cuándo cumple con su función matemática.

## Bonus: filtro pasabanda

Un filtro pasabanda puede construirse combinando un filtro pasaaltos y uno pasabajos en serie. De esta forma, las señales con frecuencias intermedias atraviesan el circuito, mientras que las muy bajas y las muy altas son atenuadas.

El circuito que se muestra a continuación está compuesto por dos etapas: una pasaaltos con  $C_1$  y  $R_1$ , y una pasabajos con  $R_2$  y  $C_2$ .



Al medir la señal de salida luego de las dos etapas, se puede observar que:

- Para frecuencias menores que la frecuencia de corte del filtro pasaaltos, la señal se atenúa fuertemente.
- Para frecuencias mayores que la frecuencia de corte del filtro pasabajos, también se atenúa.
- Sólo un rango intermedio de frecuencias (entre ambas frecuencias de corte) atraviesa el circuito sin grandes modificaciones.

Al graficar la ganancia en función de la frecuencia (curva de transferencia), se espera una forma tipo "campana" centrada en la frecuencia donde ambos filtros dejan pasar la señal, lo cual caracteriza el comportamiento de un filtro pasabanda.

- Armen el circuito.
- Realicen un barrido de frecuencias para encontrar ambas frecuencias de corte.
- Grafiquen la transferencia.

## Indicaciones generales importantes

- Dedique suficiente tiempo para armar cuidadosamente cada circuito según lo que haya planificado. Un circuito mal armado puede conducir a que se quemen uno o varios de sus elementos, y conduce siempre a resultados experimentales confusos y/o completamente inútiles.

- Antes de conectar la(s) baterías(s) verifique que, por descuido, ninguna resistencia que forme parte del circuito sea nula o de valor excesivamente bajo como para que se queme ya sea ella o cualquier otro componente del circuito. Para verificar los valores mínimos tolerables revise tanto las limitaciones de las baterías y resistencias que emplee como sus cálculos analíticos y/o simulaciones referentes al circuito. Preste atención también a cómo conecta los instrumentos de medición y a sus respectivas limitaciones de escala.

Agradecemos al Dr. Cesar Moreno (Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires) por el material provisto para la generación de este apunte.