

Clase 05

Circuitos RC

Laboratorio de física 2 para químicos

1) Explicación teórica

Capacitor

- Un capacitor o condensador esta constituido por dos placas conductoras separadas por una distancia pequeña (respecto de las longitudes características de las placas).
- En general, entre ellas hay un medio dieléctrico.
- Si se conecta el capacitor a una fuente, las cargas se distribuyen llegando a una situación de equilibrio donde los dos conductores tienen igual cantidad de carga pero de signo contrario.
- La diferencia de potencial V entre las dos placas conductoras es proporcional a la carga q (medida en Coulomb) que hay en cada placa:

$$q = C.V \quad (1)$$

donde C la constante se llama capacidad eléctrica (unidades: 1 faradio = Coulomb/Volt).

- Esta constante depende de las características del capacitor (la superficie de las placas, la distancia de separación y el material entre las mismas).

1) Explicación teórica

Capacitores

Existen diferentes tipos de condensadores en función de sus elementos constitutivos:

Electrolíticos



Tántalo



Cerámico



Condensadores plásticos:



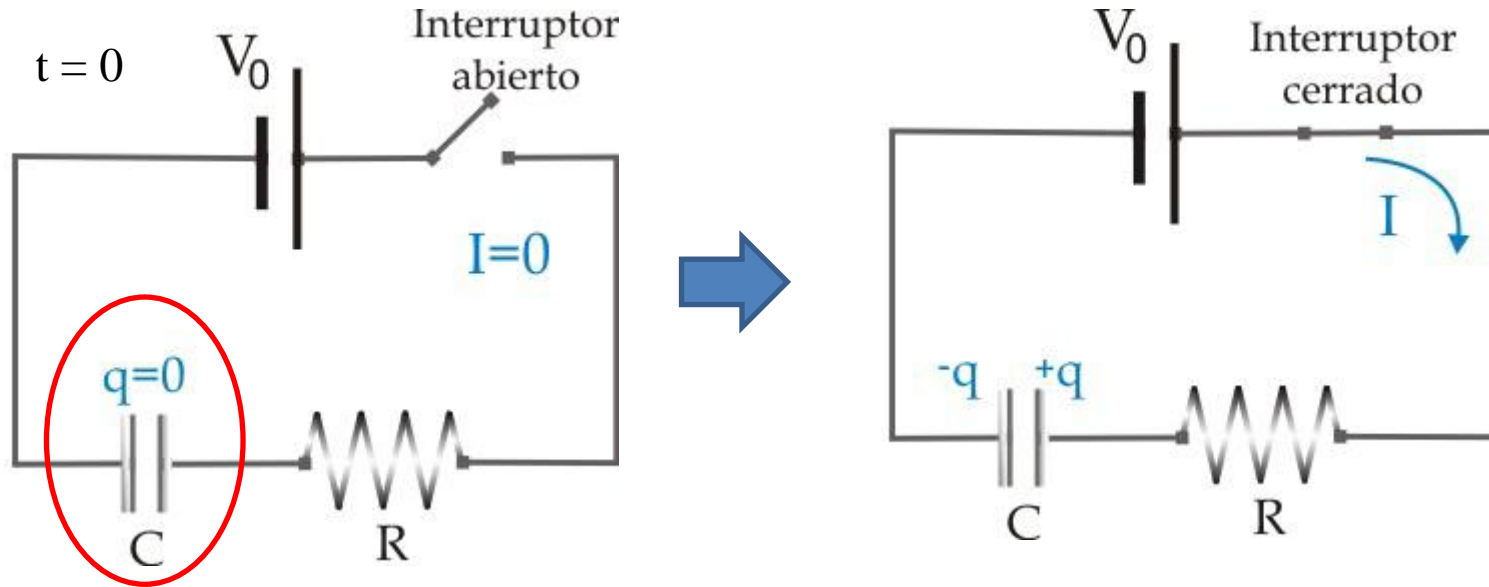
Símbolo: 

<https://docplayer.es/191978-Seguidores-de-clase-universidad-pontificia-de-salamanca-madrid-electronica.html>

1) Explicación teórica

Circuito RC

Ecuaciones de carga de un capacitor



-Si inicialmente el capacitor se encuentra descargado, cuando se cierra el interruptor comienza a circular corriente por el mismo hasta cargar el capacitor.

1) Explicación teórica

Circuito RC

Ecuaciones de carga de un capacitor

¿Cómo es $I(t)$ y $q(t)$?

$$V_0 = V_R + V_C \quad \Rightarrow \quad V_0 = R.I + \frac{q}{C} = R.\frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} \quad \text{Ecuación diferencial}$$

Solución particular: $q_p = C.V_0 \quad \Rightarrow \quad q(t) = q_h(t) + q_p = A.e^{-t/\tau} + C.V_0$

Solución homogénea: $q_h(t) = A.e^{-t/\tau}$

Donde $\tau = R.C$ denominado tiempo característico

La constante A se determina de acuerdo a las condiciones iniciales del problema.

En este caso, inicialmente el capacitor está **descargado** ($q(t=0)=0$) $\Rightarrow A = -V_0.C$

$$\Rightarrow q(t) = C.V_0.(1 - e^{-t/\tau}) \Rightarrow I(t) = \frac{V_0}{R}.e^{-t/\tau} \Rightarrow \boxed{V_C(t) = V_0.(1 - e^{-t/\tau})} \quad (2)$$

Ecuación de carga

1) Explicación teórica

Circuito RC

Ecuaciones de descarga de un capacitor

-De la misma manera que en el apartado anterior se puede plantear las ecuaciones para la descarga de un capacitor, planteando como condición inicial que el capacitor está cargado:

$$V_c(t) = V_0 e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (3)$$

Ecuación de descarga

2) Objetivos de la práctica

- Estudiar el **régimen transitorio** de un circuito RC, midiendo los tiempos característicos de carga y descarga de un capacitor.
- Estudiar la respuesta del circuito al excitarlo con una señal periódica (filtros pasa bajos y pasa altos).

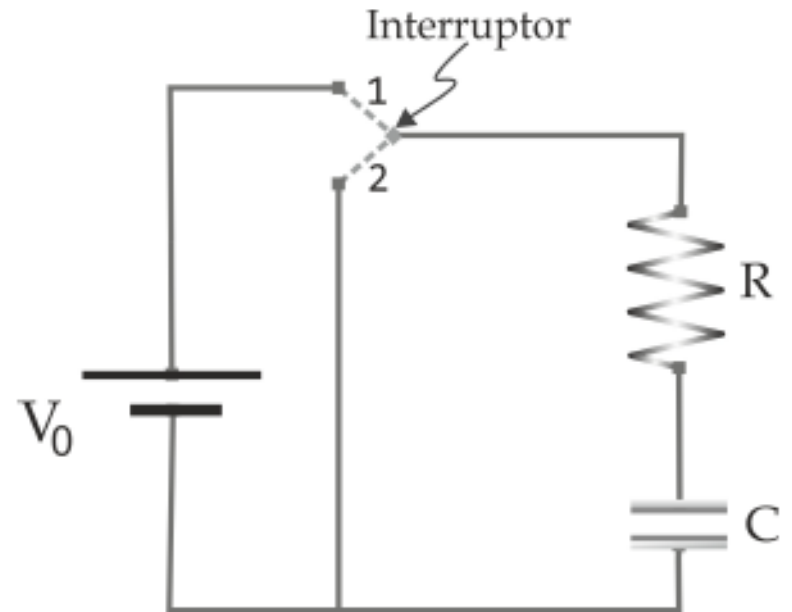
3) Arreglo experimental:

a) Carga y descarga del capacitor

-Para esta parte se estudia el proceso de **carga** y **descarga** de un capacitor, variando la posición del interruptor del circuito que se muestra en la figura.

-Para estudiar su comportamiento, cargar el circuito en el applet: <https://www.falstad.com/circuit/> (*Ejemplo de circuitos- Básicos–condensador*).

- Posicionar la llave para estudiar la **carga**.
- Detener la simulación donde le parezca conveniente y distinguir cuál es la curva de $I(t)$ y $V_c(t)$ en el osciloscopio.
- Tomar valores de V_c y t en el rango adecuado y grafique V_c vs t .
- Ajustar V_c vs t con una exponencial de acuerdo a la ec (2) y obtener τ .



3) Arreglo experimental:

a) Carga y descarga del capacitor

- Repetir el análisis anterior para estudiar la **descarga**.
- Ajustar V_c vs t con una exponencial de acuerdo a la ec (3) y obtenga τ .
- Linealizar la ec (3) y realizar un ajuste lineal por cuadrados mínimos para obtener τ .

Para analizar y responder:

- ¿Cuál es el tiempo característico que se obtiene de ambas mediciones? Comparar el resultado con el producto $R.C$ que da la simulación.
- ¿Cuál es el valor de tensión que alcanza el régimen estacionario en cada caso?
- Repetir las mediciones utilizando otro valor de tensión de fuente. ¿Debería cambiar el tiempo de carga/descarga?

EXTRA:

- Reproducir el video de la carga de un capacitor ($V_0 = 7.5$ V, $R = 200$ k Ω y $C = 47$ μ F):
<https://drive.google.com/file/d/1mufiwrVfgkFGPYkIKJPVqWNsnKKxke8l/view>
- Detener el video en diferentes momentos y registrar el voltaje en el capacitor y el tiempo. Realizar una curva con los datos registrados.
- Ajustar por una curva exponencial de acuerdo a la ec (2) y obtener un valor para τ .

3) Arreglo experimental:

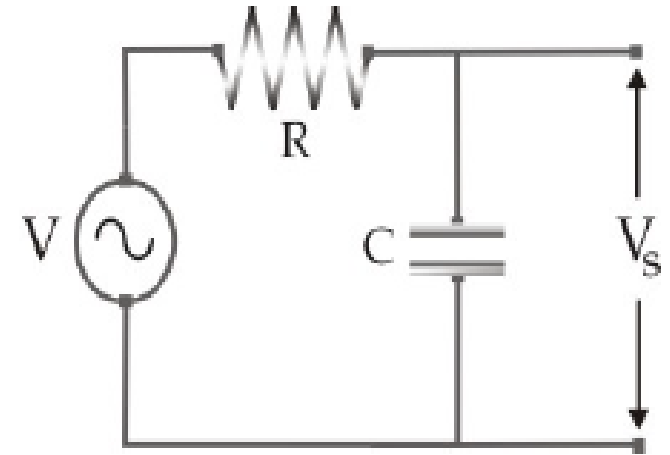
b) Filtro RC pasa bajos (integrador)

-El circuito de la figura muestra una tensión de salida, V_s , que coincide con la tensión sobre el capacitor, V_C .

-Aplicando una señal sinusoidal de amplitud de 5V, estudiar la respuesta del sistema en función de la frecuencia.

-Para ello estudiar el circuito anterior en la situación de carga o cargar al simulador el circuito del archivo

FiltroPasaBajos.txt.



➤ Graficar el cociente entre las amplitudes de la señal de salida (V_s) y la de entrada (V), o sea, la **Transferencia** ($T = |V_s/V|$) en función de ω/ω_0 con $\omega_0 = 1/RC$. Los valores de V_s se puede obtener en el osciloscopio, pidiendo en la configuración que muestre el valor de pico y la frecuencia. Variar la frecuencia alrededor de ω_0 y obtener varios valores de V_s .

➤ Estudiar el desfase entre las señales de entrada y de salida, $\phi = \omega\Delta t$, en función de ω/ω_0 . Para ello ver la señal de entrada en el osciloscopio, remover las señales I(t) y combinar ambos osciloscopios. Medir Δt para distintas frecuencias.

Observación: el simulador mide f pero se pide graficar en función de ω/ω_0 (relación $f = \omega/2\pi$).

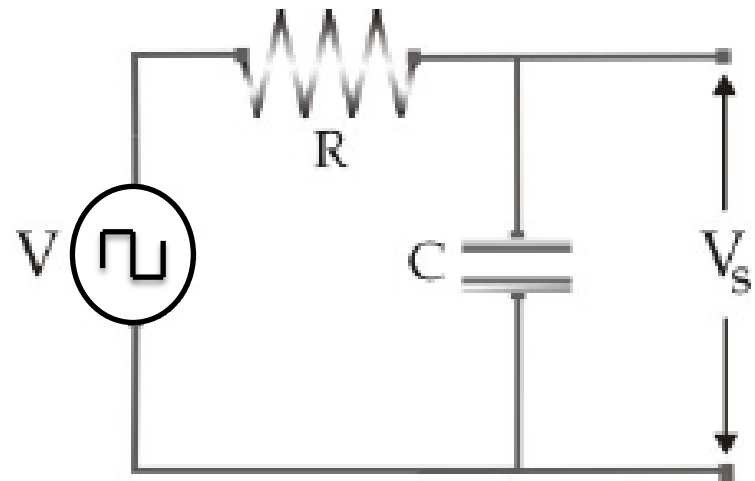
3) Arreglo experimental:

b) Filtro RC pasa bajos (integrador)

-Aplicar una señal cuadrada.

➤ Estudiar la forma de la señal de salida en función de la frecuencia.

➤ ¿Existe alguna relación entre la señal de salida y la de entrada? Describir los resultados mediante los modelos propuestos y comparar con las mediciones.



3) Arreglo experimental:

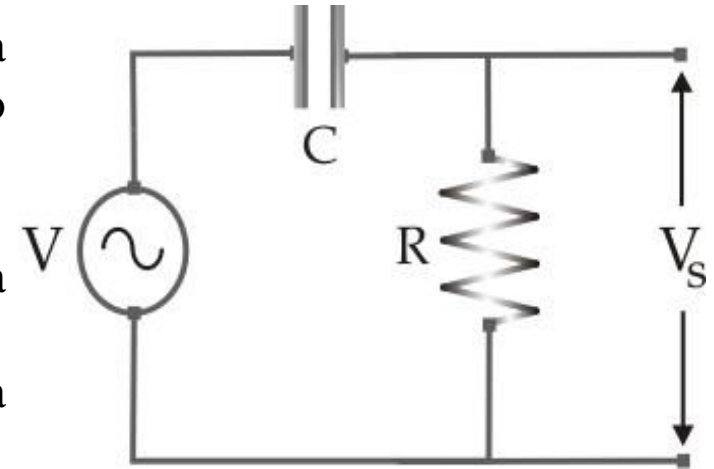
c) Filtro RC pasa altos (derivador)

-Para estudiar este filtro se intercambia la ubicación de la resistencia y el capacitor en el circuito. Cargar el archivo **FiltroPasaAltos.txt** al simulador.

➤ Repetir las mediciones del caso anterior (T vs ω/ω_0 , y ϕ vs ω/ω_0) midiendo la caída de potencial sobre la resistencia.

➤ En este caso, aplicar una señal triangular y estudiar la señal de salida.

➤ Discutir las diferencias con el caso anterior



Observación: Ver los Anexo I y II para más información (apuntes del Profesor César Moreno).

Pausa

Volvemos en 10 min

Armado de salas de trabajo con Zoom en grupos de 2/3 personas

Subir figuras a:

<https://docs.google.com/document/d/1wGl7yW3hTR5iqr9fwxfUtsw9S3-irRfJkoeCTN7Q1j4/edit?usp=sharing>

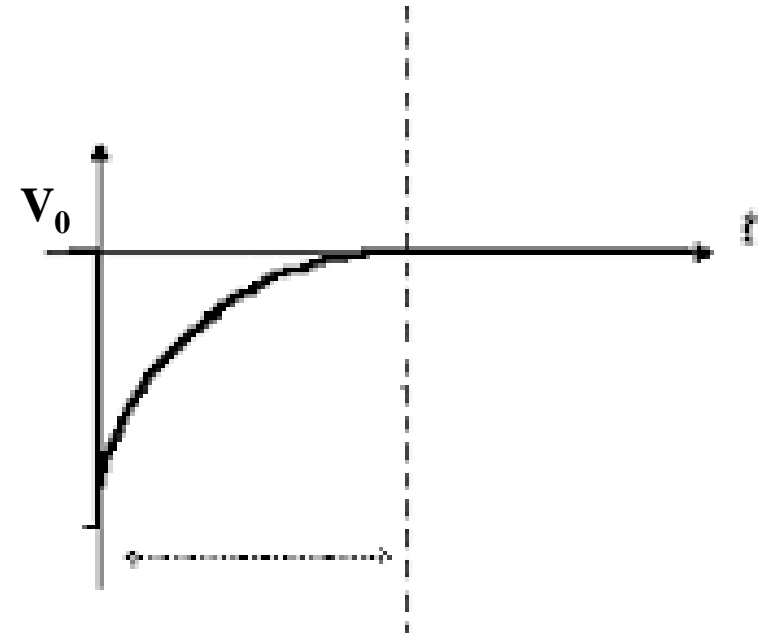
Trabajo en salas por 40 min

4) Algunos resultados y análisis

a) Carga y descarga del capacitor

Ecuación de carga:

$$V_C(t) = V_0 \cdot (1 - e^{-t/\tau})$$



Ecuación de descarga:

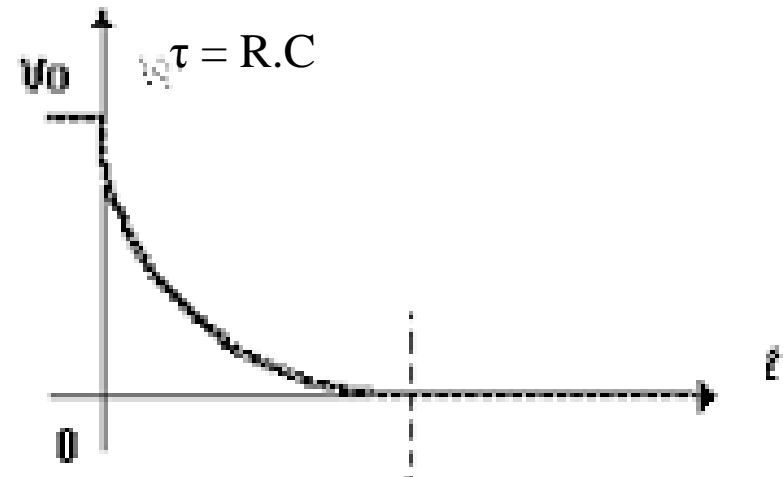
$$V_c(t) = V_0 e^{-t/\tau}$$

Linealización:

$$\ln V_c(t) = \ln V_0 - t/\tau$$



Graficar: $\ln V_c$ vs t

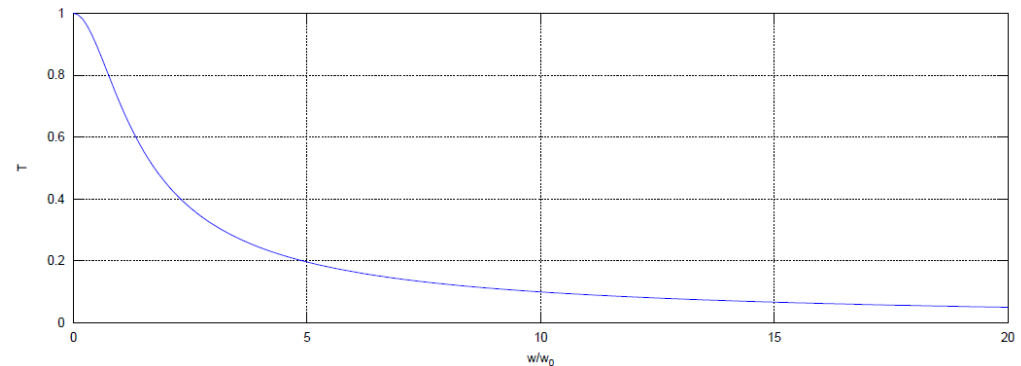


4) Algunos resultados y análisis

b) Filtro RC pasa bajos (integrador)

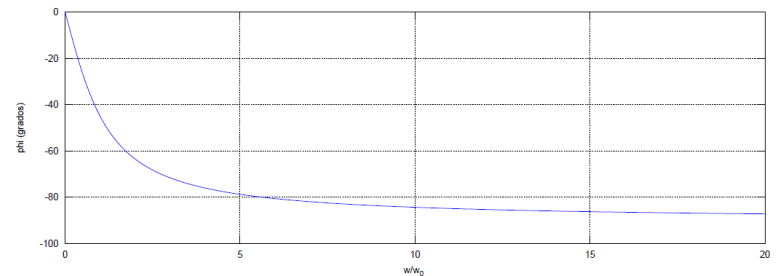
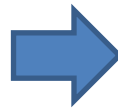
-La función **Transferencia** tiene la siguiente relación con la frecuencia:

$$T \equiv \left| \frac{V_o}{V_i} \right| = \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega/\omega_0)^2}}$$



-Y la diferencia de fase se relaciona con la frecuencia como:

$$\phi = \arctan \frac{\Im\{V_c/V_i\}}{\Re\{V_c/V_i\}} = -\arctan \omega/\omega_0$$



Para $\omega/\omega_0 \rightarrow 0$: $T \rightarrow 1$ y $\phi \rightarrow 0$

Para $\omega/\omega_0 \rightarrow \infty$: $T \rightarrow 0$ y $\phi \rightarrow -90^\circ$



El filtro **pasa bajos** deja pasar las frecuencias bajas y filtra las frecuencias altas.

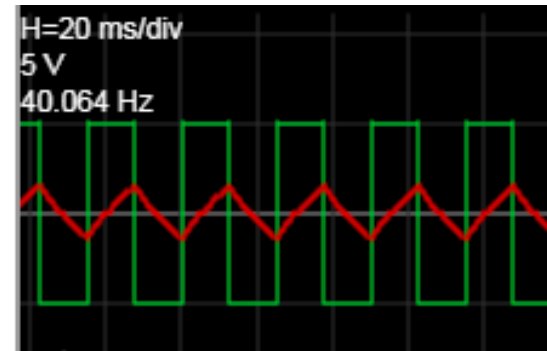
4) Algunos resultados y análisis

b) Filtro RC pasa bajos (integrador)

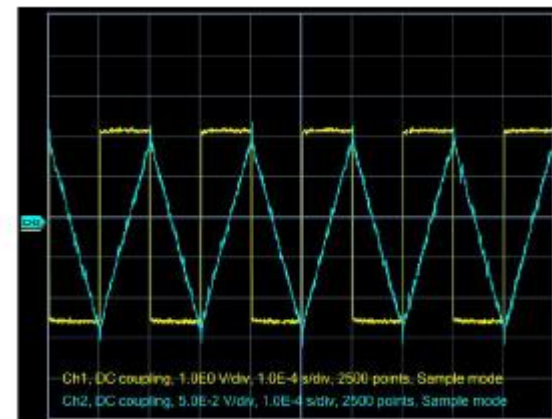
-Al aplicar una señal cuadrada, se observa que la señal de salida es la señal integrada.



Es por esto que se lo llama circuito **integrador**



Simulador



Medición

4) Algunos resultados y análisis

Observación para análisis de filtros: diagrama de Bode

-Se puede graficar la función atenuación, A , vs ω/ω_0
 -Esta función se mide en decibeles.
 -Por ejemplo, una atenuación de $A = -20$ dB se corresponde con una tensión de salida que es 10 veces inferior a la de entrada, esto es, con $T = 0.1$ (A decrece a una razón constante de 20 dB por década),

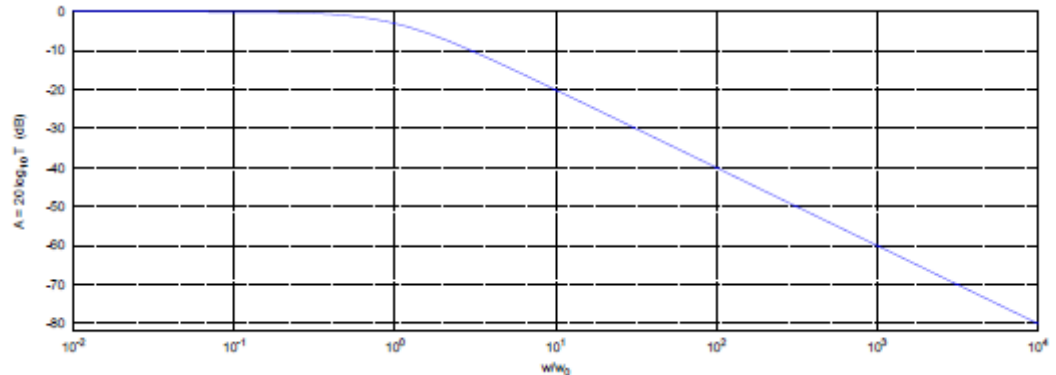
$$A \equiv 20 \log_{10} T \quad [\text{dB}]$$

-Entonces para el filtro pasa bajos se tiene el siguiente gráfico de A vs ω/ω_0 .



Para $\omega \ll \omega_0$ se denomina banda pasante ($A \sim 0$, o sea, $T \sim 1$).

Para $\omega \gg \omega_0$ se denomina banda rechazada.



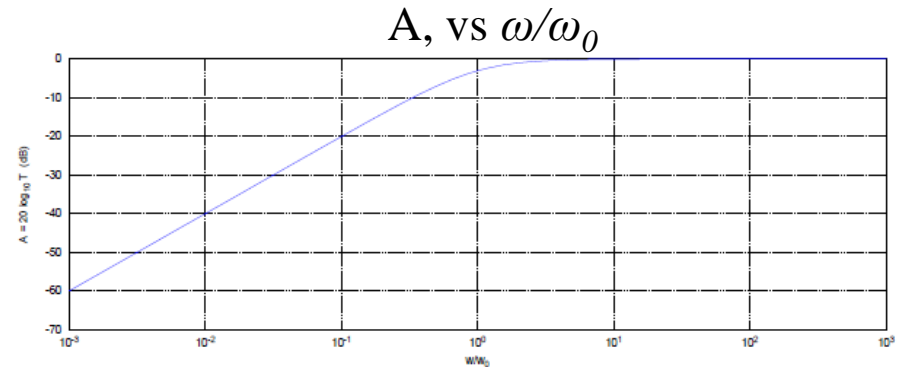
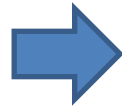
-La pendiente es una medida de la calidad del circuito para actuar como filtro.
 -Cuanto mayor sea el módulo de dicha pendiente, mayor será la capacidad del filtro para discriminar frecuencias.

4) Algunos resultados y análisis

c) Filtro RC pasa altos (derivador)

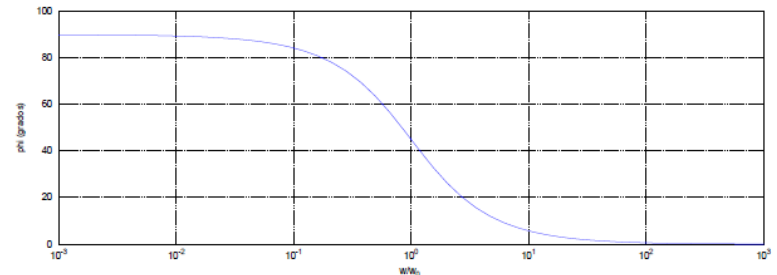
-La función **Transferencia** tiene la siguiente relación con la frecuencia:

$$T = \frac{1}{\sqrt{1 + x^{-2}}}$$



-Y la diferencia de fase se relaciona con la frecuencia como:

$$\phi = \arctan x^{-1}$$



Con: $x = \omega/\omega_0 = \omega RC$.

Para $\omega/\omega_0 \rightarrow \infty$: $T \rightarrow 1$ y $\phi \rightarrow 0$

Para $\omega/\omega_0 \rightarrow 0$: $T \rightarrow 0$ y $\phi \rightarrow -90^\circ$



El filtro **pasa altos** deja pasar las frecuencias altas y filtra las frecuencias bajas .

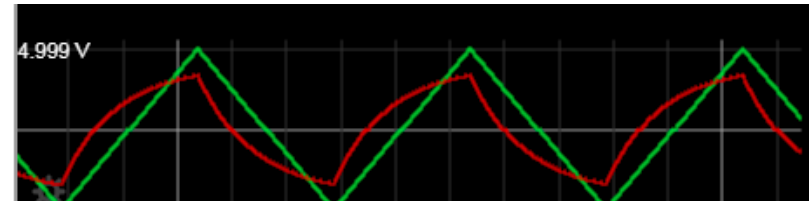
4) Algunos resultados y análisis

c) Filtro RC pasa altos (derivador)

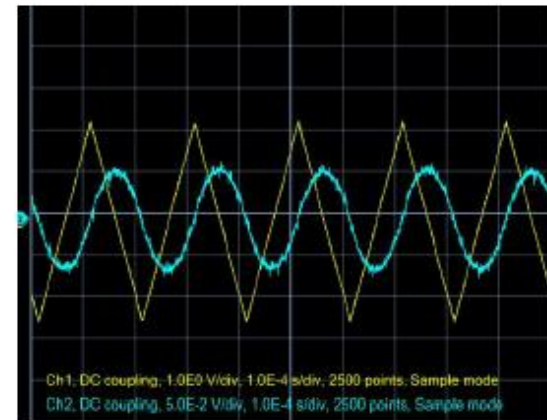
-Al aplicar una señal triangular, se observa que la señal de salida es la señal integrada.



Es por esto que se lo llama circuito **derivador**



Simulador



Medición