CORRIENTE ALTERNA. PRÁCTICAS.

por Aurelio Gallardo

2 - Mayo - 2025

1. Práctica circuito RC

Comprobar que en un circuito RC donde la resistencia es 1 $K\Omega$ y el valor de la capacidad del condensador es 1 μF, y la tensión de entrada es una señal senoidal de 5V de amplitud y 50Hz de frecuencia, el valor de la tensión en el condensador es de 4.77 V desfasados -17.44º aproximadamente.

En primer lugar, dibujamos el circuito: **(enlace –> Circuito RC - 1kOhmio - 1microF)**

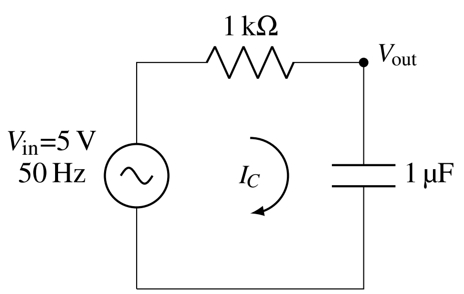

FIGURA (1). Circuito RC

Siendo $V_{in} = V_0 \cdot sin(wt)$, en este circuito se cumple que $V_{in} = i \cdot R + V_C$ y sabemos que la intensidad coincide con la que atraviesa el condensador $i = I_C = C \cdot \frac{dV_C}{dt}$. Si conocemos que en un condensador la impedancia es $X_C = \frac{-j}{wC}$, podemos expresar entonces:

$$V_{in} = i \cdot R + i \cdot \left(\frac{-j}{wC}\right) = i \cdot Z \rightarrow I = \frac{V_{in}}{Z} = \frac{V_{in}}{R - \frac{j}{wC}} \tag{1}$$

La impedancia Z podemos calcularla en forma polar: $Z = |Z|\angle\Phi$, siendo $|Z| = \sqrt{R^2 + \frac{1}{w^2C^2}}$ y el desfase angular $\Phi = -\arctan\left(\frac{1}{wRC}\right)$, por lo tanto tenemos que:

$$I = \frac{V_{in}}{Z} = \frac{V_{in}}{R - \frac{j}{wC}} = \frac{V_0\angle 0^{\circ}}{\sqrt{R^2 + \frac{1}{w^2C^2}}\angle -|\Phi|} = \frac{V_0}{\sqrt{R^2 + \frac{1}{w^2C^2}}}\angle|\Phi| \tag{2}$$

Intensidad que está adelantada en una cantidad $|\Phi| = \arctan\left(\frac{1}{wRC}\right)$ respecto de la tensión. $I = I_0 \cdot sin(wt + |\Phi|)$, siendo $I_0 = \frac{V_0}{\sqrt{R^2 + \frac{1}{w^2C^2}}}$. La tensión de salida, la caída de tensión en el condensador, podemos calcularla como el producto de la intensidad por la impedancia del condensador.

$$V_{out} = I \cdot X_c = \frac{V_0}{\sqrt{R^2 + \frac{1}{w^2C^2}}}\angle|\Phi| \cdot \left(\frac{1}{wC}\right)\angle -\frac{\Pi}{2} = \frac{V_0}{\sqrt{(wRC)^2 + 1}}\angle|\Phi| - \frac{\Pi}{2} \tag{3}$$

Usando las fórmulas que hemos deducido, podemos por tanto calcular los valores de intensidad y tensión de salida para el circuito:

A) Nuestro valor de intensidad es $I = \frac{V_0}{\sqrt{R^2 + \frac{1}{w^2C^2}}} \angle \left| \arctan\left(\frac{1}{wRC}\right) \right| =$
$= \frac{5V}{\sqrt{(1000 \cdot \Omega)^2 + \frac{1}{(2\Pi \cdot 50Hz)^2 (1 \cdot 10^{-6}F)^2}}} \angle \arctan\left(\frac{1}{2\Pi \cdot 50Hz \cdot 1000 \cdot \Omega \cdot 1uF}\right) = 1{,}498\,mA \angle 72{,}56^{o}$

B) Y el valor de la tensión de salida $V_{out} = \frac{V_0}{\sqrt{(wRC)^2+1}} \angle |\Phi| - \frac{\Pi}{2} = \frac{5V}{\sqrt{(2\Pi \cdot 50Hz \cdot 1000 \cdot \Omega \cdot 1uF)^2+1}} \angle 72{,}56^{o} - 90^{o} =$ $4{,}77\,V \angle -17{,}44^{o}$

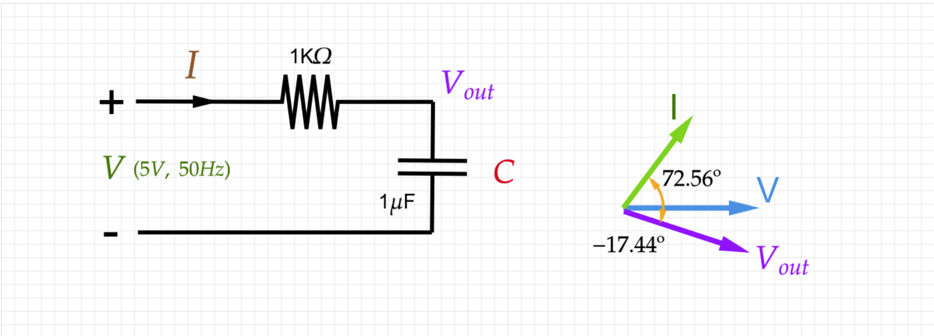

FIGURA (2). Circuito RC con f=50Hz, 5V de entrada, R=1KΩ y $C = 1\mu F$

Los valores de la intensidad y de la tensión de salida, tienen las siguientes fórmulas temporales:

- ✔ $i(t) = 1{,}498\,mA \cdot sin\,(100 \cdot \Pi \cdot t + 72{,}56°)$
- ✔ $V_{out}(t) = 4{,}77\,V \cdot sin\,(100 \cdot \Pi \cdot t - 17{,}44°)$

Si observamos los resultados de la simulación en **https://tinyurl.com/24sosx47** podremos observar que:

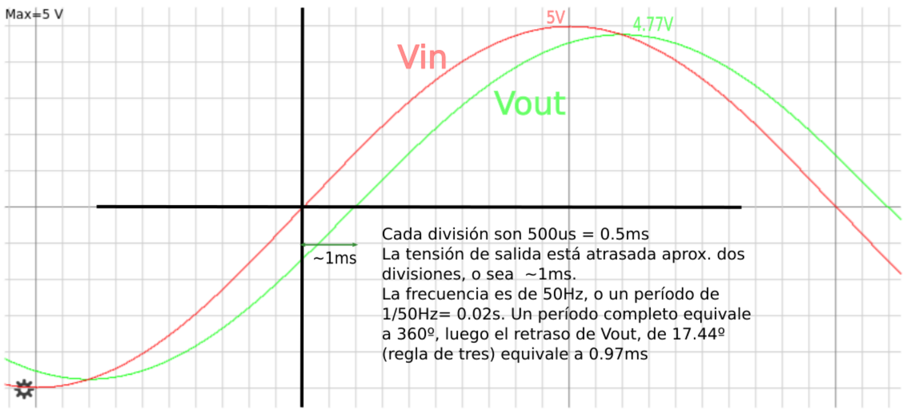

FIGURA (3). Gráfica en el simulador V_{out} frente a V_{in}

Pero además, podríamos montar el circuito RC físicamente y comprobar, con un osciloscopio, los resultados de nuestro problema.

Dado un circuito con una resistencia de $R = 985{,}9\Omega$ y un condensador de $C = 0{,}93\mu F$, y aplicando una señal senoidal de aproximadamente 5V de amplitud y 50Hz de frecuencia, se obtienen los siguientes resultados:

a) El desfase entre ambas señales (amarilla V_{in} y celeste V_{out}) es de dos unidades aproximadamente; hay que fijarse en el paso por ambas señales en 0V. Se puede observar que la señal celeste está atrasada respecto de la amarilla. Como cada unidad en el eje temporal son $500\mu s$, tenemos que la señal está retrasada unos $1000\mu s = 1ms$. ¿Corresponde éste valor con la teoría? El período de la señal de 50Hz es de $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50Hz} = 0{,}02s = 20ms$. Si el período T se corresponde con 360º de desfase, 1ms se corresponde con 18º (regla de tres), lo cual está cerca del resultado teórico de 17.44º de retraso.

b) Intentando medir los valores que alcanza el máximo de ambas señales, obtengo una diferencia (línea A - línea B) de 420mV. La diferencia entre los picos de la señal teórica de entrada y de salida es de $5V - 4{,}77V = 0{,}23V = 230mV$. Tanta discrepancia es debida, con casi toda seguridad, al dispositivo usado en la generación de señales que no es capaz de generar una onda senoidal convenientemente. Sin embargo, queda demostrado que la caída de tensión es del mismo orden.

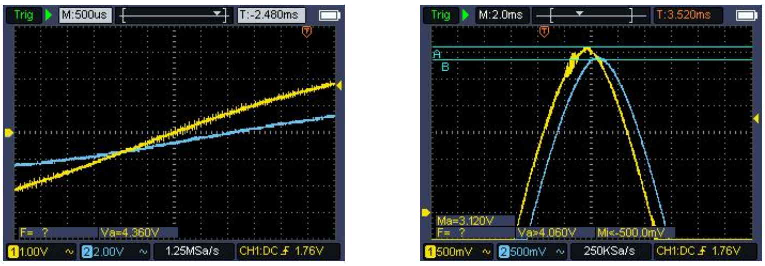

FIGURA (4). Desfase temporal y diferencias de amplitud

1.1. Otros resultados con el circuito RC.

El producto de los valores RC puede considerarse una constante de tiempo $\tau = RC$ del circuito.

- ✔ Cuando aplicamos una señal de entrada continua, este tiempo se alcanza cuando el condensador está cargado al 63.2 %. Cuando alcanzamos el tiempo 3τ podemos considerar que el condensador está cargado al 95 %.

- ✔ Cuando aplico corriente alterna, la velocidad angular de corte del circuito es $w_c = \frac{1}{RC}$ o de frecuencia de corte $f_c = \frac{1}{2\cdot\Pi\cdot RC}$, y la amplitud de la señal de salida sería $V_{out} = \frac{V_0}{\sqrt{\left(\frac{w}{w_c}\right)^2+1}} = \frac{V_0}{\sqrt{\left(\frac{f}{fc}\right)^2+1}}$. En el caso de nuestro circuito RC, su frecuencia de corte es $f_c = \frac{1}{2\cdot\Pi\cdot RC} = \frac{1}{2\Pi\cdot 1000\cdot\Omega\cdot 1uF} = 159{,}15Hz$. Podríamos considerar varios casos:

  - ⇨ Aplico una señal de entrada de frecuencia f igual a la frecuencia de corte f_c. En ese caso, $V_{out} = \frac{V_0}{\sqrt{\left(\frac{f}{fc}\right)^2+1}} = \frac{V_0}{\sqrt{2}} = 0{,}71\cdot V_o$

  - ⇨ Si $f = \frac{f_c}{2}$, tenemos que $V_{out} = \frac{V_0}{\sqrt{\left(\frac{f}{fc}\right)^2+1}} = \frac{V_0}{\sqrt{\left(\frac{1}{2}\right)^2+1}} = \frac{V_0}{\sqrt{0{,}25+1}} = 0{,}89\cdot Vo$, si por ejemplo $f = \frac{f_c}{10}$, tenemos que $V_{out} = \frac{V_0}{\sqrt{\left(\frac{f}{fc}\right)^2+1}} = \frac{V_0}{\sqrt{\left(\frac{1}{10}\right)^2+1}} = \frac{V_0}{\sqrt{0{,}01+1}} = 0{,}995\cdot Vo$

  - ⇨ Por el contrario si, $f = 2\cdot f_c$, $V_{out} = \frac{V_0}{\sqrt{\left(\frac{f}{fc}\right)^2+1}} = \frac{V_0}{\sqrt{4+1}} = \frac{V_0}{\sqrt{5}} = 0{,}45\cdot Vo$. O si $f = 10\cdot f_c$, $V_{out} = \frac{V_0}{\sqrt{\left(\frac{f}{fc}\right)^2+1}} = \frac{V_0}{\sqrt{100+1}} = \frac{V_0}{\sqrt{101}} = 0{,}099\cdot Vo$

- ⇨ En general, si $f \ll f_c$, la señal de salida $V_{out} \simeq V_0$. La señal de salida y la de entrada son casi iguales.
- ⇨ Pero si $f \gg f_c$ ocurre lo contrario: la señal de salida tiende a anularse a mayor frecuencia $V_{out} \simeq 0 \cdot V$

El circuito RC por tanto **es un filtro**. Deja pasar frecuencias bajas a una dada de corte y no deja pasar las frecuencias superiores a la de corte. Se dice que es un **filtro paso bajo, ya que deja pasar frecuencias bajas y no las altas.**

Como se puede observar en la Figura 5, al ir aumentando la frecuencia de la señal de entrada, la salida del filtro es cada vez más residual.

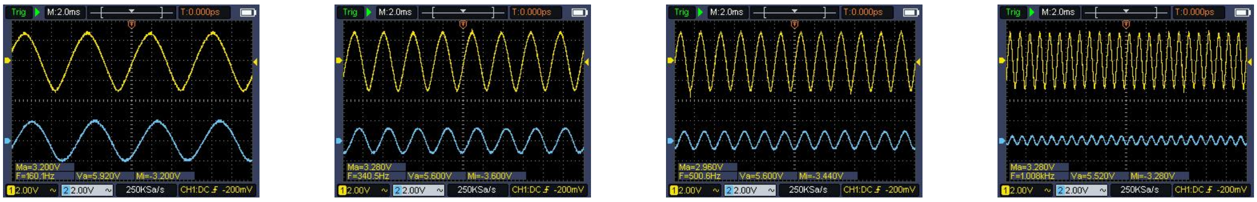

FIGURA (5). Señales del osciloscopio a 160Hz, 340Hz, 500Hz y 1KHz