

PRÁCTICA 3

Análisis en el dominio de la frecuencia (DF), del circuito de primer orden RC serie.

Objetivos

El objetivo de esta práctica consiste en el estudio del circuito serie de primer orden R-C en el dominio de la frecuencia (DF). Los objetivos específicos que buscamos lograr con esta práctica son los siguientes.

- Obtención del diagrama de Bode.
- Estudiar el comportamiento como filtro paso-baja y paso-alta.
- Estudiar el comportamiento derivador e integrador para diferentes señales de entrada.

Material

- [1] x1 Placa de conexiones (Protoboard)
- [2] x1 Resistencia de valor $2,2\text{ k}\Omega$
- [3] x1 Condensador de valor 22 nF
- [4] x1 Multímetro.
- [5] x1 Fuente de alimentación de corriente alterna.
- [6] x1 Osciloscopio con sus correspondientes sondas.

Instrucciones de Entrega

Puntos evaluables:

- Montajes de los circuitos: colocación y conexión correcta de los componentes, fuentes de alimentación.
- Al finalizar la sesión de practicas: Entrega de notebook de python respondiendo a las cuestiones desde la P3.C1 hasta la P3.C8.
- Al finalizar la sesión de practicas: Entrega de hoja de cálculo en formato excel, usar la plantilla entregada por el profesor (No modificar el nombre las cabeceras de las columnas).

Realización Práctica

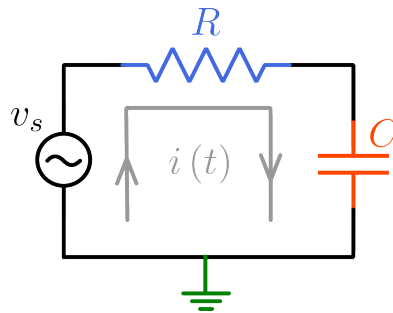


Figura 3.1: Esquema RC serie.

Expresiones teóricas:

A continuación se van a desarrollar las expresiones teóricas tanto en el dominio del tiempo como frecuencia para el esquema RC serie mostrado en la fig.3.1.

Formalismo en el dominio del tiempo: A partir de la ley de mallas, sabemos que:

$$v_s(t) = v_R(t) + v_c(t)$$

sustituyendo la relación $i - v$ de la resistencia y condensador obtenemos:

$$v_s(t) = Ri(t) + v_c(t) \rightarrow v_s(t) = RC \frac{\partial v_c(t)}{\partial t} + v_c(t) \quad (3.1)$$

la expresión anterior es la ecuación diferencial que cumple el potencial del condensador. Para obtener la ecuación del potencial de la resistencia:

$$v_s(t) = RC \frac{\partial (v_s(t) - v_R(t))}{\partial t} + v_s(t) - v_R(t) \rightarrow \frac{\partial v_s(t)}{\partial t} = \frac{\partial v_R(t)}{\partial t} + \frac{1}{RC} v_R(t) \quad (3.2)$$

Formalismo en el dominio de la frecuencia: Igualmente usando el formalismo fasorial:

$$\tilde{V}_s = \tilde{V}_R + \tilde{V}_c$$

sustituyendo las relaciones $\tilde{I} - \tilde{V}$:

$$\tilde{V}_s = \left(R + \frac{1}{j\omega C} \right) \tilde{I} = \frac{j\omega RC + 1}{j\omega C} \tilde{I}$$

Para el condensador:

$$\tilde{V}_s = (j\omega RC + 1) \tilde{V}_c$$

Para la resistencia:

$$\tilde{V}_s = \frac{j\omega RC + 1}{j\omega RC} \tilde{V}_R$$

De los resultados anteriores podemos obtener las funciones de transferencia del condensador y la resistencia:

$$\tilde{T}_C = \frac{\tilde{V}_C(f)}{\tilde{V}_s(f)} = \frac{1}{(j\omega RC + 1)} \quad (3.3)$$

$$\tilde{T}_R = \frac{\tilde{V}_R(f)}{\tilde{V}_s(f)} = \frac{j\omega RC}{j\omega RC + 1} \quad (3.4)$$

Las dos expresiones anteriores son expresiones complejas, para estudiar su comportamiento normalmente se usan el modulo y argumento de estas.

Tareas:

- **[P3.C1]** Obtener el módulo y argumento de las expresiones de la dos funciones de transferencia anteriores. Estas luego se usarán para comparar con las medidas.

- **[P3.C2]** Con el polímetro medir el valor de R y C. Anotar las medidas en la hoja de calculo.

Nota: Para medir la capacidad, si el condensador es de tipo electrolítico se ha de prestar atención a su polarización, para ello el polímetro tiene marcado la ranura positiva y negativa, que ha de coincidir con las del condensador.

- **Montaje** Con las fuente apagada, realizar el montaje de la figura fig.(3.1). Colocar las sondas del osciloscopio en las posiciones para medir la tensión de la fuente y del condensador, asegurarse de conectar al menos una de las pinzas de referencia de las sondas a la línea de referencia del circuito. Recuerda que la referencia para la fuente y el condensador es la misma.

Antes de encender nada.
Llamar al profesor para supervisar el montaje.

- **[P3.C3]** Medidas:
 - **Configurar la tensión de entrada:** Ajustar la tensión de entrada de la fuente de alimentación AC (V_s) a un valor dentro del rango de 10 V a 20 V. Verificar que la señal generada sea de forma sinusoidal.
 - **Medición con osciloscopio:** Conectar el osciloscopio, usar las dos sondas para medir el voltaje tanto de la señal de entrada como del condensador. Se recomienda usar la del canal 1 para la tensión en la fuente y el canal dos para la tensión en el condensador.
 - **Registro de amplitudes y desfase:** Para diferente frecuencias, medir las amplitudes de las señales de la fuente y condensador y el desfase en tiempo entre ambas. Utilizar un intervalo de frecuencias entre 100 Hz y 150 kHz. Realizar un mínimo de 30 mediciones
 - **Anotación de resultados:** Registrar todas las mediciones en la hoja de cálculo proporcionada para su posterior análisis. Usar las unidades: frecuencia en [Hz], voltajes en [V], fase en [s].
- **[P3.C4]** Realizar el diagrama de Bode, de las funciones de transferencia T_C y T_R comparar los valores teóricos con los experimentales.
- **[P3.C5]** Estudio del circuito RC como filtro. Usando el diagrama anterior, indicar qué curva corresponde a un filtro pasa-alta y cual a uno paso-baja.

- **[P3.C6]** Estudio asintótico, para bajas frecuencias $RC\omega \ll 1$ y altas frecuencias $RC\omega \gg 1$.
 - Para el fador del potencial de la resistencia realizar el límite para altas frecuencias $RC\omega \gg 1$. A partir del resultado indicar si el comportamiento del potencial de la resistencia es integrador o derivador.
 - Para el fador del potencial de la resistencia realizar el límite para bajas frecuencias $RC\omega \ll 1$. A partir del resultado indicar si el comportamiento del potencial de la resistencia es integrador o derivador.
- **[P3.C7]** Cambiar el tipo de señal de la fuente de entrada a una señal pulso cuadrado. Razonar los siguientes comportamiento según [P3.C6].

Para altas frecuencias: describir y razonar la forma de la señal del potencial en los extremos del condensador.

Para bajas frecuencias: describir y razonar la forma de la señal del potencial en los extremos de la resistencia.

NOTA: Para medir la tensión en los extremos de la resistencia no se puede hacer con la configuración anterior, de la fig. fig.3.1. Esto es debido a que la referencia del osciloscopio es común para las dos sondas. Con la fuente apagada intercambiar la posición de la resistencia y condensador, fig.3.2, ahora resistencia y fuente tienen la misma referencia.

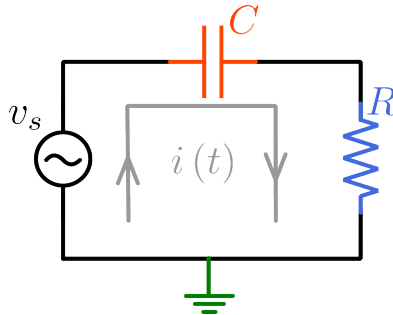


Figura 3.2: Amplificador operacional configuración inversor.

Apéndice:

Consideraremos un circuito cualquiera con $i = 1, \dots, N$ dispositivos lineales (Resistencias, condensadores, bobinas,...). El circuito está alimentado con una fuente armónica de valor $v_s(t)$, a una frecuencia dada ω , la tensión en cada dispositivo será $v_i(t)$. Si realizamos en análisis en frecuencia, cada dispositivo tendrá su función de transferencia:

$$\tilde{T}_i(\omega) = \frac{\tilde{V}_i(\omega)}{\tilde{V}_s(\omega)} = T_i e^{j\Delta\phi_i}$$

y las expresiones temporales son de la forma:

$$v_s(t) = \tilde{V}_s e^{j\omega t} = V_s e^{j\phi_s} e^{j\omega t} = V_s e^{j\omega(t+\phi_s/\omega)}$$

$$v_i(t) = \tilde{V}_i e^{j\omega t} = V_i e^{j\phi_i} e^{j\omega t} = V_i e^{j\omega(t+\phi_i/\omega)}$$

En la última igualdad de las expresiones anteriores vemos que el término de fase se traduce en un desplazamiento temporal de la señal. Si visualizamos estas señales en el osciloscopio tenemos dos

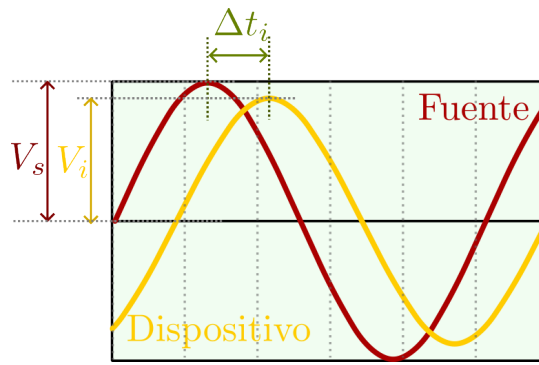


Figura 3.3: Señales armónicas

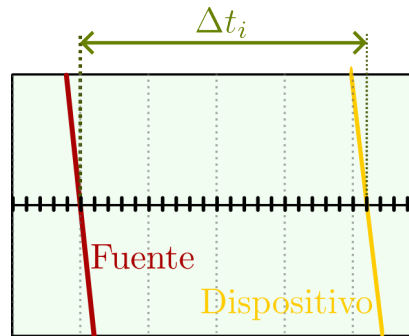


Figura 3.4: Medición del desfase temporal en el paso por cero.

señales armónicas una para la fuente y otra para el dispositivo, en general de diferente amplitud y desplazadas.

La relación entre las amplitudes viene dada por el modulo del la función de transferencia:

$$T_i(\omega) = \frac{V_i(\omega)}{V_s(\omega)}$$

La diferencia de fase entre la señal de la fuente y el dispositivo viene dado por el argumento de la función de transferencia:

$$e^{j\Delta\phi_i} = \frac{e^{j\phi_i}}{e^{j\phi_s}} = e^{j(\phi_i - \phi_s)}$$

con el osciloscopio podemos obtener el retardo temporal Δt_i de la señal del dispositivo respecto a la de la fuente, y para obtener la fase hay que tener en cuenta la frecuencia de oscilación:

$$\Delta\phi_i = \omega\Delta t_i = 2\pi f\Delta t_i$$

Muchos osciloscopios proporcionan el desfase temporal automaticamente. De no ser así para medirlo se han de escoger dos puntos cualesquiera uno de cada señal que estén en el mismo estado de vibración. Para mitigar errores de medias lo mejor medirlo en el punto de paso por cero de las señales, para ello se han ampliar ambas señales tanto como se pueda de forma que la amplitud salga incluso de la escala, y ajustar el selector temporal, para disminuir el tamaño de las divisiones temporales del osciloscopio, de esta forma tendremos algo parecido a la fig.3.4. Finalmente para obtener el valor hay que contar visualmente las divisiones temporales que hay entre las señales.