



Universidad De Málaga

E.T.S INGENIERÍA INFORMÁTICA

INGENIERÍA DE COMPUTADORES, 3A

**PRÁCTICA 5. ANÁLISIS Y SÍNTESIS DE FILTROS
ANALÓGICOS CON RESISTENCIAS,
CONDENSADORES Y BOBINAS**

CIRCUITOS ELECTRÓNICOS Y SEÑALES

Francisco Javier Cano Moreno

22 de Diciembre de 2022

Contents

1	Pregunta 1.1	2
2	Pregunta 1.2	3
3	Pregunta 2.1	4
4	Pregunta 2.2	4
5	Pregunta 2.3	5
6	Pregunta 2.4	6
7	Pregunta 3.1	7
8	Pregunta 3.2	7

1 Pregunta 1.1

Demostrar analíticamente la validez de los resultados expuestos en las ecuaciones anteriores, desde la (1.1) hasta la (1.4).

Para calcular V_c vamos a utilizar las siguientes ecuaciones y teniendo en cuenta que las condiciones iniciales son nulas:

$$\begin{aligned}V_R(t) &= I_R(t) * R \\I_R(t) &= I_C(t) = CV'_C(t) \\V_i(t) &= V_c(t) + V_R(t)\end{aligned}$$

Sustituyendo $V_R(t)$ en la ecuación de $V_i(t)$ obtenemos lo siguiente:

$$V_i(t) = V_c(t) + I_R(t) * R$$

Sustituyendo $I_R(t)$ nos queda la ecuación en función de $V_c(t)$:

$$\begin{aligned}V_i(t) &= V_c(t) + RCV'_C(t) \\ \delta(t) &= V_c(t) + RCV'_C(t)\end{aligned}$$

Aplicamos transformada de Laplace y obtenemos el valor de $V_c(s)$:

$$\begin{aligned}1 &= V_c(s) + RCsV_c(s) \\1 &= V_c(s) * (1 + RCs) \\V_c(s) &= \frac{1}{1 + RCs} \\V_c(s) &= \frac{1}{RC} * \frac{1}{\frac{1}{RC} + s}\end{aligned}$$

Aplicamos transformada inversa de Laplace y obtenemos el valor de $V_c(t)$

$$V_c(t) = \frac{1}{RC} * e^{-t/RC}$$

Podemos ver que el resultado coincide con el del definido en la ecuación 1.1.

A continuación calculamos la función de transferencia del circuito:

$$H(s) = \frac{V_c(s)}{1} = V_c(s) = \frac{1}{RC} * \frac{1}{\frac{1}{RC} + s}$$

El resultado coincide con la ecuación 1.2.

En tercer lugar, hay que obtener $H(s)$ sustituyendo s por jw .

$$\begin{aligned}H(jw) &= \frac{1}{RC} * \frac{1}{\frac{1}{RC} + jw} = \frac{1}{1 + RCjw} = \frac{1}{1 + RCjw} * \frac{1 - RCjw}{1 - RCjw} \\&= \frac{1 - RCjw}{1 - (RCjw)^2} = \frac{1}{1 + (RCw)^2} - \frac{RCw}{1 + (RCw)^2}j\end{aligned}$$

El resultado también coincide con el dado en la ecuación 1.3.

Por último, hay que calcular el módulo de $H(jw)$:

$$|H(jw)| = \sqrt{\left(\frac{1}{1 + (RCw)^2}\right)^2 + \left(-\frac{RCw}{1 + (RCw)^2}\right)^2}$$

$$= \sqrt{\frac{1 + (RCw)^2}{(1 + (RCw)^2)^2}} = \sqrt{\frac{1}{1 + (RCw)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + (RCw)^2}}$$

Demostramos que también coincide con la ecuación 1.4.

2 Pregunta 1.2

Con los valores para la resistencia $R = 1K\Omega$ y el condensador $C = 10\mu F$, calcular el valor del módulo $|H(jw)|$ en decibelios (dB) en los siguientes puntos de frecuencia, realizando una gráfica con el eje X logarítmico y el eje Y en dB (Diagrama de Bode de la magnitud del filtro):

- **1Hz** $\rightarrow w = 2\pi * 1 = 2\pi \rightarrow |H(2\pi j)| = 0.998 = -17.33 \text{ mdB}$
- **10Hz** $\rightarrow w = 2\pi * 10 = 20\pi \rightarrow |H(20\pi j)| = 0.8467 = -1.44 \text{ dB}$
- **100Hz** $\rightarrow w = 2\pi * 100 = 200\pi \rightarrow |H(200\pi j)| = 0.157 = -16.08 \text{ dB}$
- **1000Hz** $\rightarrow w = 2\pi * 1000 = 2000\pi \rightarrow |H(2000\pi j)| = 0.0159 = -35.97 \text{ dB}$
- **10000Hz** $\rightarrow w = 2\pi * 10000 = 20000\pi \rightarrow |H(20000\pi j)| = 0.00159 = -55.97 \text{ dB}$

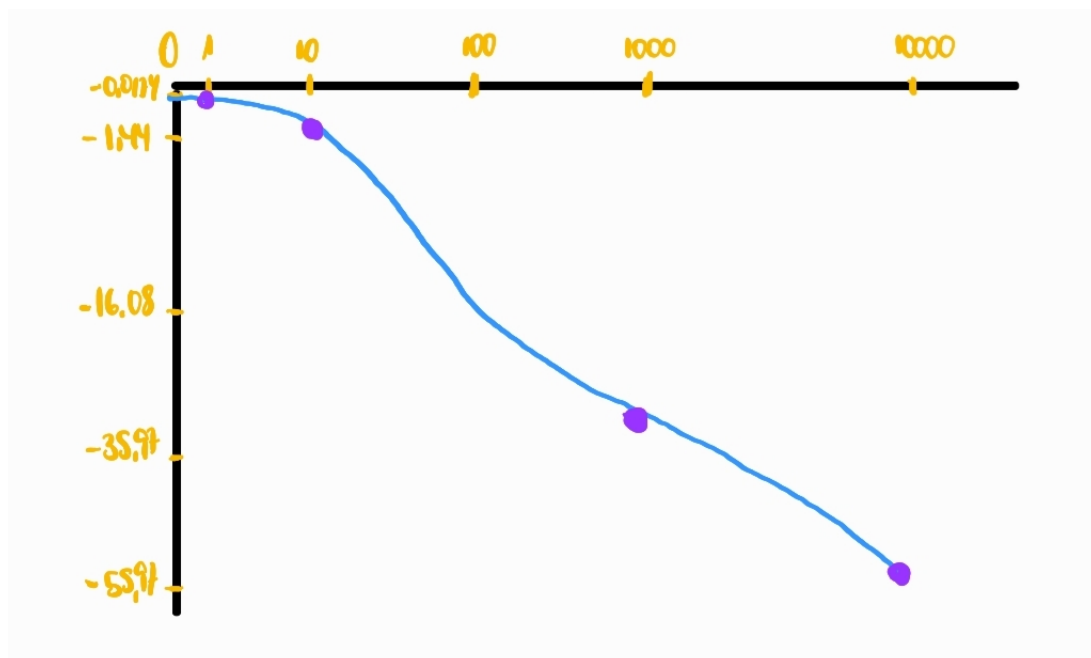


Figure 1: Diagrama de Bode realizado a mano

3 Pregunta 2.1

Utilizando la simulación realizada con el LTSpice, calcula la atenuación del filtro en los mismos puntos de frecuencia indicados en la “Pregunta 1.2”. Verifica que los resultados teóricos concuerdan con los de la simulación, así como la gráfica realizada en dicho apartado.

Para obtener estos datos, vamos a mirar el diagrama de Bode que hemos obtenido, ya que podemos ver directamente la atenuación que se tiene para cada valor de frecuencia:



Figure 2: Diagrama de Bode de la tensión en el condensador

- **1Hz** = -17.11 mdB
- **10Hz** = -1.44 dB
- **100Hz** = -16.07 dB
- **1000Hz** = -35.96 dB
- **10000Hz** = -55.96 dB

Como podemos ver en los resultados, los valores coinciden con los obtenidos en el ejercicio 1.2.

4 Pregunta 2.2

Define con tus palabras qué tipo de filtrado realiza este circuito RC.

El tipo de filtrado que está realizando el circuito RC que hemos definido, como se puede apreciar perfectamente en el diagrama de la Figura 2, es un filtro de tipo pasa-bajos, ya que está dejando igual las frecuencias hasta 15.92 Hz, que es la frecuencia de corte, y el resto las está atenuando.

5 Pregunta 2.3

En el circuito simulado, representa la tensión en la resistencia VR en lugar de la tensión en el condensador VC. Dicha tensión se calculará como la diferencia de potencial entre los dos terminales de la resistencia, ya que ninguno de ellos está conectado a tierra. ¿Qué tipo de filtrado se está realizando si se mide la tensión en la resistencia en lugar de en el condensador? ¿Cuál es la frecuencia de corte de este filtro? Explica con tus palabras, a la vista de estos resultados, cómo está funcionando el circuito completo RC.

Si medimos la tensión en la resistencia obtenemos la siguiente función:

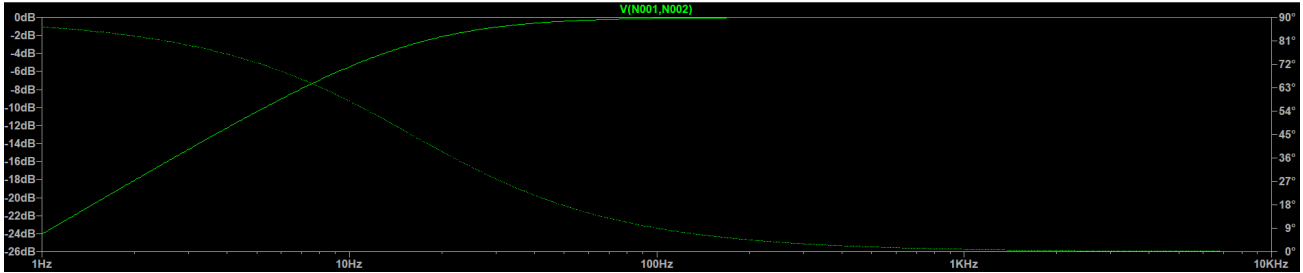


Figure 3: Diagrama de Bode de la tensión en la resistencia

Como podemos ver en la figura, se está produciendo justo el filtro contrario, es decir, se realiza un filtro pasa-altos, que atenúa las bajas frecuencias y respeta las altas.

Para este filtro, al igual que para el anterior, la frecuencia de corte es la frecuencia de corte del sistema, la cual la obtenemos de aplicar la siguiente fórmula:

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

Sustituimos los valores de la resistencia y del condensador y obtenemos lo siguiente:

$$f_c = \frac{1}{2\pi * 1K * 10\mu} = 15,92\text{Hz}$$

Por lo tanto, la frecuencia de corte es de 15,92 Hz.

Tras analizar ambos filtros, podemos ver que en función de donde se mida la diferencia de potencial, vamos a tener un filtro pasa-altos o un filtro pasa-bajos.

6 Pregunta 2.4

Modifica el circuito para implementar un filtro similar, pero con una frecuencia de corte establecida en 200 Hz. Para ello, utiliza la ecuación de la frecuencia de corte para averiguar los valores necesarios de la resistencia y del condensador

Para definir los valores del nuevo circuito, vamos a sustituir en la ecuación de la frecuencia de corte por 200 Hz y el valor del condensador por 10μ , por lo que el valor de R nos quedaría de la siguiente forma:

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$
$$200 = \frac{1}{2\pi * R * 10\mu}$$
$$200 * 2\pi * 10\mu = \frac{1}{R}$$
$$R = \frac{1}{200 * 2\pi * 10\mu} = 0,79577\mu F$$

El valor que hay que asignarle a la resistencia es de 79.57Ω . El diagrama que quedaría sería el siguiente:

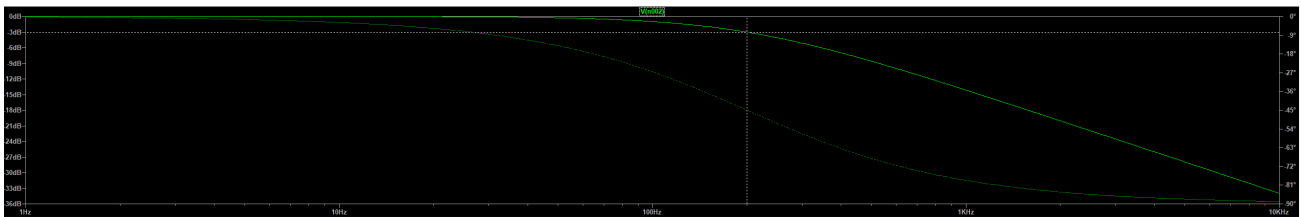


Figure 4: Diagrama de Bode de la tensión en el condensador

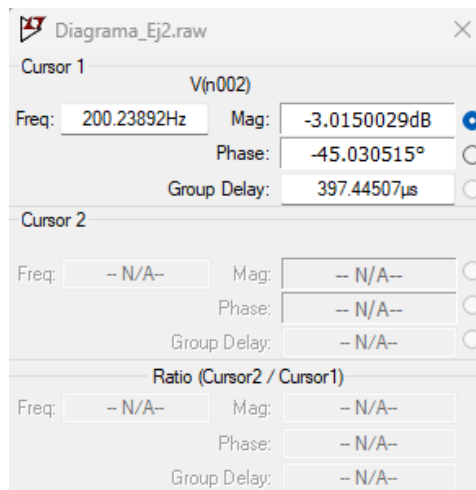


Figure 5: Atenuación en la frecuencia de corte

7 Pregunta 3.1

A la vista del diagrama de Bode obtenido, indica qué tipo de filtrado está realizando este circuito RLC.

Si ejecutamos el análisis del circuito y medimos la tensión en la resistencia, obtenemos el siguiente diagrama de Bode:

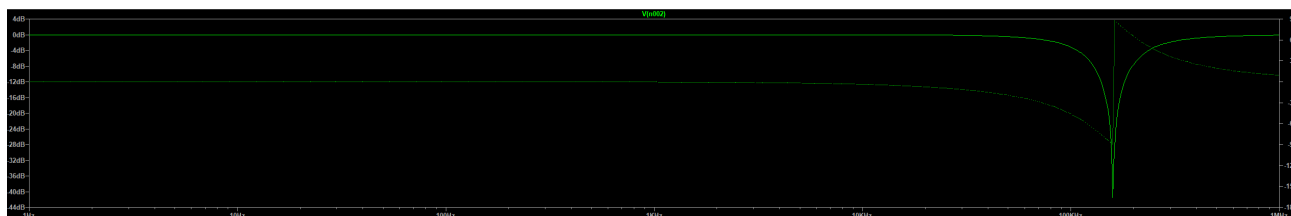


Figure 6: Diagrama de Bode de la tensión en la resistencia

Como podemos ver en el diagrama, el filtro que se está produciendo es un filtro notch o elimina banda, que elimina las frecuencias comprendidas entre 98 Khz y 258 KHz, ya que son las frecuencias de corte, es decir, donde obtenemos una atenuación de -3dB.

8 Pregunta 3.2

Utilizando el simulador, halla los valores típicos que creas necesarios para definir y explicar perfectamente la función del filtro que se ha implementado. Comenta si crees que el circuito, en tu opinión y con los datos que has obtenido, está realizando una buena función para el tipo de filtrado que es.