



Escuela de Ingeniería en Electrónica

EL-3216 | Circuitos Integrados Analógicos

Grupo #1

Tarea 5

Estudiante:

Ronald Duarte Barrantes

Carné:

2021004089

Docente:

Francisco Navarro Henríquez

I Semestre

### Problema 1:

Diseñe un filtro activo Paso Bajo utilizando la aproximación de Butterworth de sexto orden con una frecuencia de corte de 880Hz. Las secciones del filtro deben realizarse únicamente con la estructura Sallen y Key (KRC) de ganancia no unitaria. Debe:

- Detallar el procedimiento de diseño y mostrar el diagrama del circuito final.
- Realizar en Multisim la captura y simulación del esquemático del circuito. Obtenga las gráficas de la respuesta de frecuencia para la Magnitud y Fase.

#### Diseño:

Para el diseño se utiliza un filtro paso bajo con estructura Sallen y key básico de dos polos, al conectar tres etapas de este filtro en cascada, se obtiene un filtro paso bajo de sexto orden, para la caracterización del filtro se deben elegir los valores de amortiguamiento relativos (DE) correctos para cada etapa y que estos sean acordes a Butterworth, estos valores de amortiguamiento relativo se mostraran en los cálculos.

Primeramente, debemos tener en cuenta el valor de los componentes del circuito RC utilizado para generar los polos, en este caso cada etapa presenta dos circuitos RC que genera dos polos, para ello se toma en cuenta el valor de la frecuencia de corte  $f_c = 880 \text{ Hz}$  y teniendo en cuenta que  $R_A = R_B$  y  $C_A = C_B$ , donde esta igualdad se cumple en todos los circuitos RC, se tiene lo siguiente utilizando la fórmula de la frecuencia critica.

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_A R_B C_A C_B}} \quad (1)$$

Pero sabiendo que  $R_A = R_B$  y  $C_A = C_B$ , se obtiene

$$f_c = \frac{1}{2\pi R_A C_A} \quad (2)$$

Haciendo que  $R_A = 1K\Omega$  y se despeja  $C_A$

$$C_A = \frac{1}{2\pi R_A f_c} \quad (3)$$

Sustituyendo los valores

$$C_A = \frac{1}{2\pi \cdot 1K\Omega \cdot 880 \text{ Hz}} \cong 180.9 \text{ nF}$$

Con ello encontramos los valores de los circuitos RC para todas las etapas.

Para la caracterización Butterworth, se usarán los valores predeterminados de  $R_1/R_2$ , para cada etapa.

Primera etapa, suponemos que  $R_2 = 10\text{ k}\Omega$

$$R_1 = R_2 \cdot 0.068 = 10\text{ k}\Omega \cdot 0.068 = 680\text{ }\Omega$$

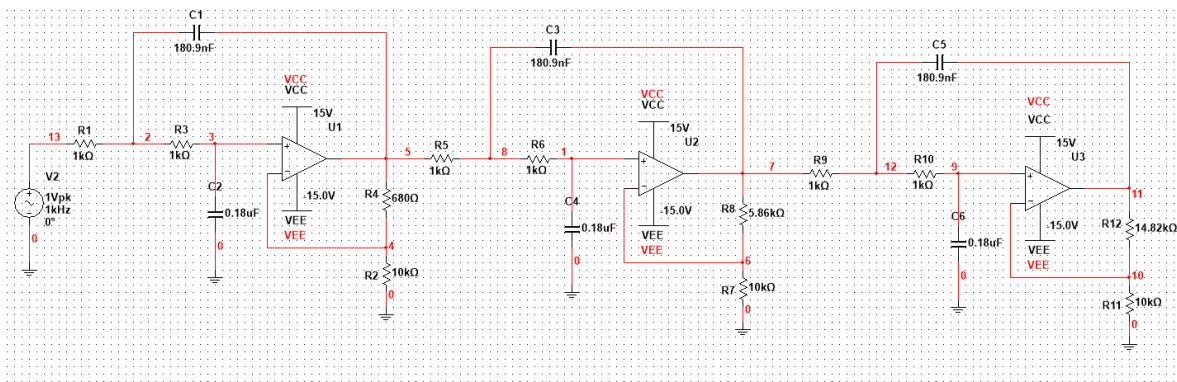
Segunda etapa, suponemos que  $R_4 = 10\text{ k}\Omega$

$$R_3 = R_4 \cdot 0.586 = 10\text{ k}\Omega \cdot 0.586 = 5.86\text{ k}\Omega$$

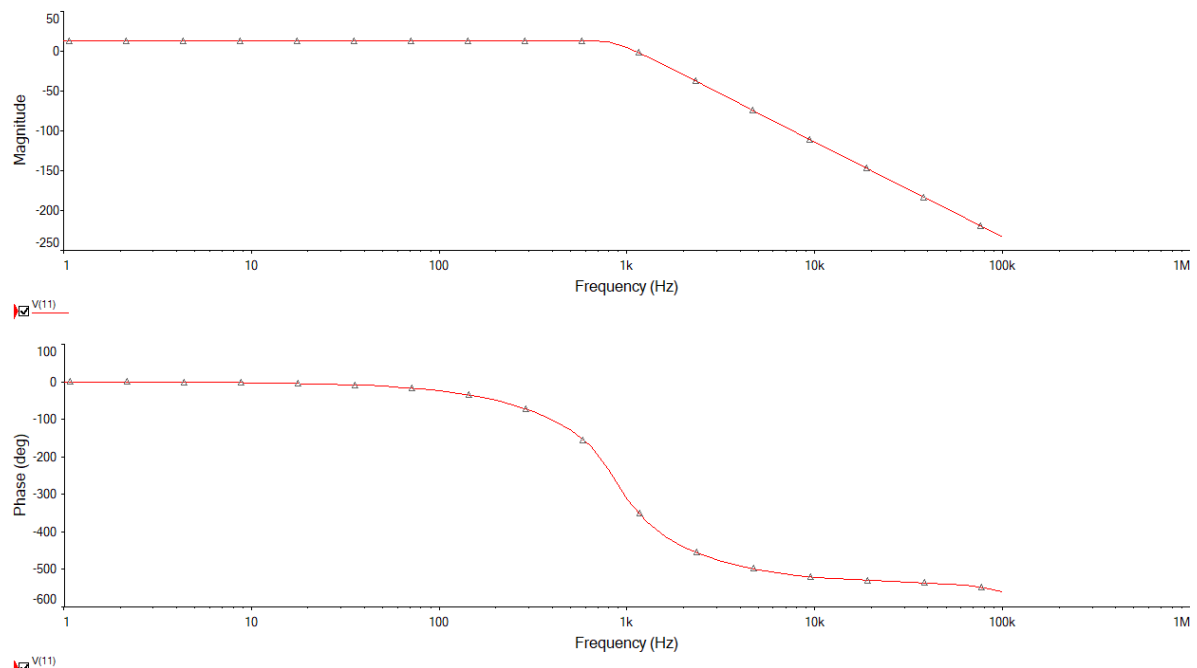
Tercera etapa, suponemos que  $R_6 = 10\text{ k}\Omega$

$$R_5 = R_6 \cdot 1.482 = 10\text{ k}\Omega \cdot 1.482 = 14.820\text{ k}\Omega$$

## Simulaciones y Circuito



**Figura 1:** Circuito con filtro Paso bajo Butterworth con seis polos



**Figura 2:** Grafica Bode la magnitud y fase con un barrido de 110 kHz

Cursor		V (11)	
		<hr/>	
x1		1.0000	
y1		12.4730	
x2		806.2820	
y2		11.1563	
dx		805.2820	
dy		-1.3167	
dy/dx		-1.6351m	
1/dx		1.2418m	

**Figura 3:** Frecuencia de corte simulada  $x_2$

## Problema 2:

Diseñe un filtro activo Paso Bajo de quinto orden, utilizando la aproximación Chebyshev con una ondulación la banda pasante de 0.5dB, con una frecuencia de corte de 4KHz. Las secciones del filtro deben realizarse únicamente con la estructura Sallen y Key (KRC) de ganancia no unitaria. Debe:

- Detallar el procedimiento de diseño y mostrar el diagrama del circuito final.
- Realizar en Multisim la captura y simulación del esquemático del circuito. Obtenga las gráficas de la respuesta de frecuencia para la Magnitud y Fase.

### Diseño

En este caso se requiere realizar un filtro paso bajo con caracterización Chebyshev de quinto orden, para ello se tomarán dos etapas con dos polos y la tercera etapa con un solo polo, con lo cual se genera la fórmula (2) y teniendo en cuenta que  $R_A = R_B = R_C$  y  $C_A = C_B = C_C$  y que  $R_A = 5 \text{ k}\Omega$ .

$$f_c = \frac{1}{2\pi R_A C_A}$$

Despejando  $C_A$  y sustituyendo los valores conocidos

$$C_A = \frac{1}{2\pi \cdot 5 \text{ k}\Omega \cdot 4 \text{ kHz}} = 7.96 \text{ nF}$$

Calculamos las resistencias de realimentación con una ondulación de 0.5 dB

Primera etapa, suponemos que  $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$

$$R_1 = R_2 \cdot 1.151 = 10 \text{ k}\Omega \cdot 1.151 = 11.51 \text{ k}\Omega$$

Segunda etapa, suponemos que  $R_4 = 10 \text{ k}\Omega$

$$R_3 = R_4 \cdot 1.780 = 10 \text{ k}\Omega \cdot 1.780 = 17.8 \text{ k}\Omega$$

Tercera etapa, suponemos que  $R_6 = 10 \text{ k}\Omega$

$$R_5 = R_6 \cdot 1 = 10 \text{ k}\Omega \cdot 1 = 10 \text{ k}\Omega$$

A los valores de las resistencias de los circuitos RC de les debe aplicar un factor de amortiguamiento distintivo de cada etapa a una ondulación de 0.5 dB, ya que estos dependen de la frecuencia de corte y esta se ve afectada en cada etapa.

Primera etapa

$$R_A = \frac{5 \text{ k}\Omega}{0.691} = 7235.89 \Omega$$

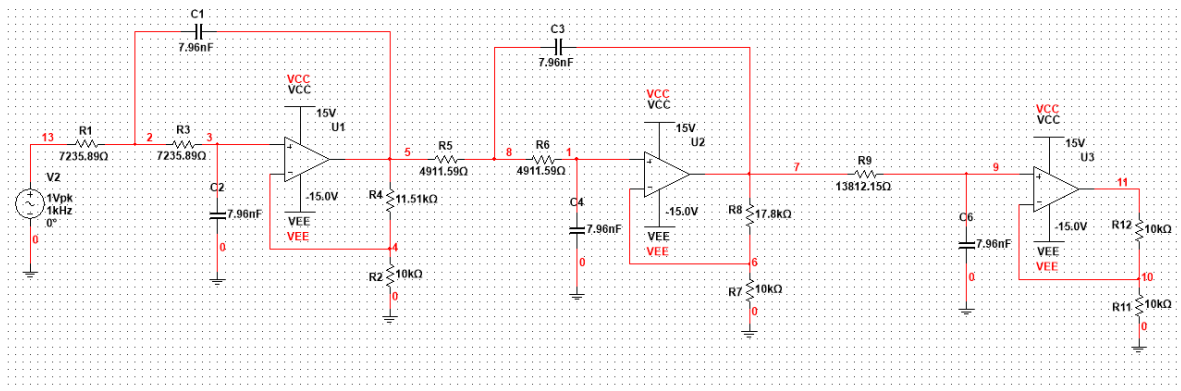
Segunda etapa

$$R_B = \frac{5k\Omega}{1.018} = 4911.59 \Omega$$

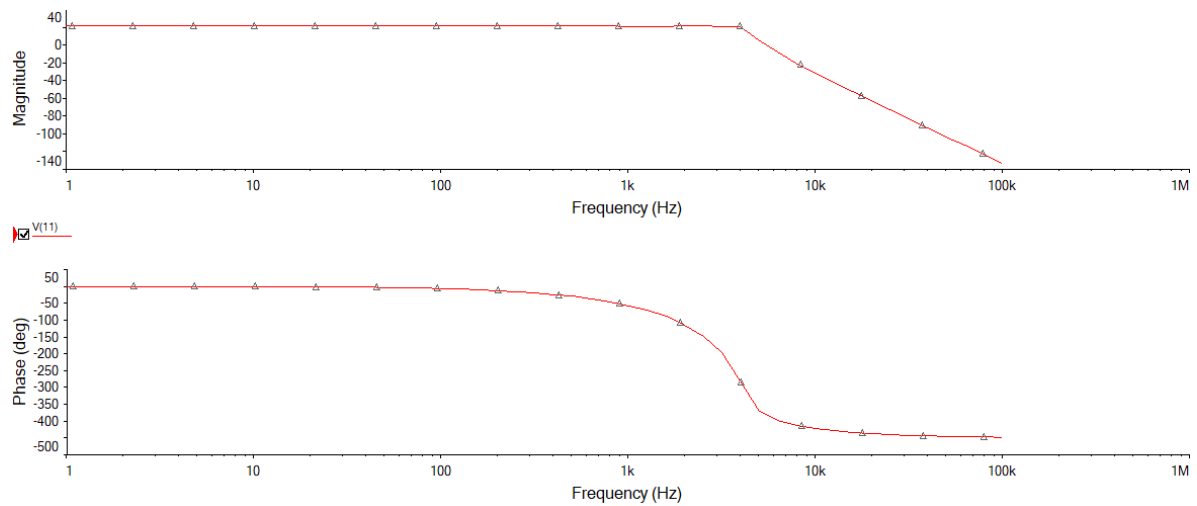
Tercera etapa

$$R_C = \frac{5k\Omega}{0.362} = 13812.15 \Omega$$

## Simulaciones y Circuito



**Figura 4:** Circuito con filtro Paso bajo Chebyshev con cinco polos



**Figura 5:** Grafica Bode de Chebyshev de magnitud y fase con un barrido de 110 kHz

Cursor		V(11)
x1	1.0000	
y1	21.5537	
x2	3.9699k	
y2	21.1572	
dx	3.9689k	
dy	-396.5277m	
dy/dx	-99.9077μ	
1/dx	251.9563μ	

**Figura 6:** Frecuencia de corte simulada  $x_2$

### Problema 3

Diseñe un filtro activo Paso Alto de quinto orden, utilizando la aproximación Chebyshev con una ondulación la banda pasante de 0.25dB, con una frecuencia de corte de 2KHz. Las secciones del filtro deben realizarse únicamente con la estructura Sallen y Key (KRC) de ganancia no unitaria. Debe:

- Detallar el procedimiento de diseño y mostrar el diagrama del circuito final.
- Realizar en Multisim la captura y simulación del esquemático del circuito. Obtenga las gráficas de la respuesta de frecuencia para la Magnitud y Fase.

#### Diseño

En este caso se requiere realizar un filtro paso alto con caracterización Chebyshev de quinto orden, para ello se tomarán dos etapas con dos polos y la tercera etapa con un solo polo, con lo cual se genera la fórmula (2) y teniendo en cuenta que  $R_A = R_B = R_C$  y  $C_A = C_B = C_C$  y que  $R_A = 5 \text{ k}\Omega$ .

$$f_c = \frac{1}{2\pi R_A C_A}$$

Despejando  $C_A$  y sustituyendo los valores conocidos

$$C_A = \frac{1}{2\pi \cdot 5 \text{ k}\Omega \cdot 2 \text{ kHz}} = 15.92 \text{ nF}$$

Calculamos las resistencias de realimentación con una ondulación de 0.25 dB

Primera etapa, suponemos que  $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$

$$R_1 = R_2 \cdot 1.035 = 10 \text{ k}\Omega \cdot 1.035 = 10.35 \text{ k}\Omega$$

Segunda etapa, suponemos que  $R_4 = 10 \text{ k}\Omega$

$$R_3 = R_4 \cdot 1.742 = 10 \text{ k}\Omega \cdot 1.742 = 17.42 \text{ k}\Omega$$

Tercera etapa, suponemos que  $R_6 = 10 \text{ k}\Omega$

$$R_5 = R_6 \cdot 1 = 10 \text{ k}\Omega \cdot 1 = 10 \text{ k}\Omega$$

A los valores de las resistencias de los circuitos RC de les debe aplicar un factor de amortiguamiento distintivo de cada etapa a una ondulación de 0.25 dB, ya que estos dependen de la frecuencia de corte y esta se ve afectada en cada etapa.

Primera etapa

$$R_A = \frac{5 \text{ k}\Omega}{0.673} = 7429.42 \Omega$$



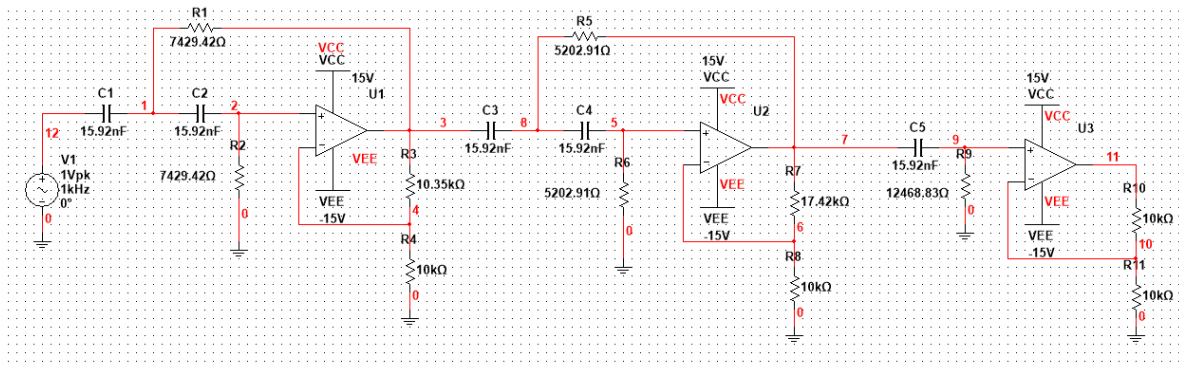
Segunda etapa

$$R_B = \frac{5k\Omega}{0.961} = 5202.91 \Omega$$

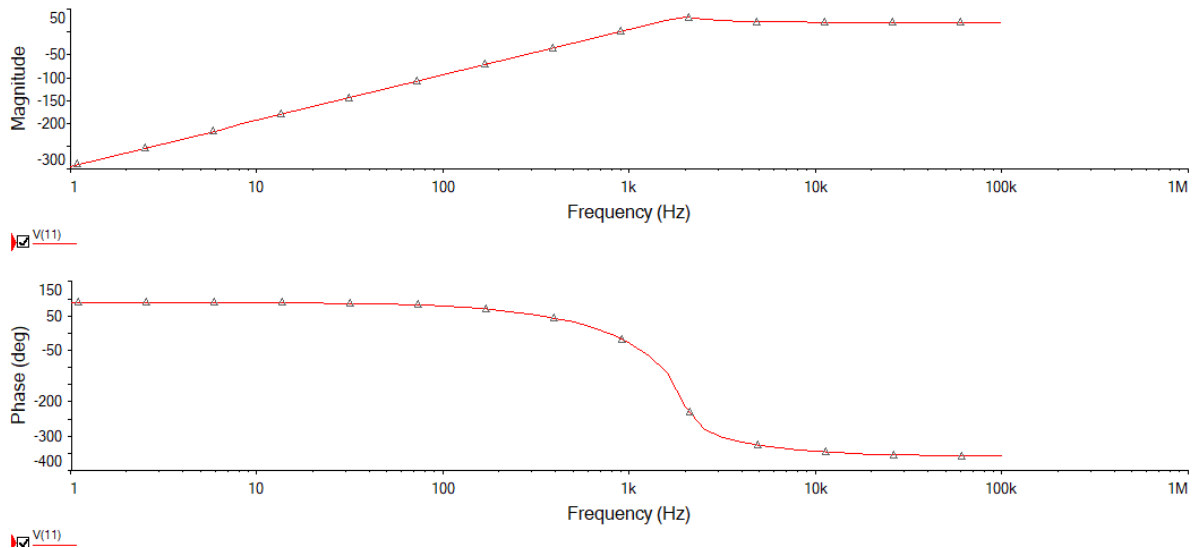
Tercera etapa

$$R_C = \frac{5k\Omega}{0.401} = 12468.83 \Omega$$

## Simulaciones y Circuito



**Figura 7:** Circuito con filtro Paso alto Chebyshev con cinco polos



**Figura 8:** Grafica Bode de Chebyshev de magnitud y fase con un barrido de 110 kHz

Cursor		<div>✕</div>
		V(11)
x1	1.0000	
y1	-293.6304	
x2	2.0562k	
y2	32.7968	
dx	2.0552k	
dy	326.4272	
dy/dx	158.8282m	
1/dx	486.5655μ	

**Figura 9:** Frecuencia de corte simulada  $x_2$

#### Problema 4:

Diseñe un filtro activo Paso Banda utilizando la aproximación de Bessel, con pendiente de caída de 60dB/década y frecuencias de corte inferior y superior de 4KHz y 8KHz respectivamente. Debe:

- Detallar el procedimiento de diseño y mostrar el diagrama del circuito final.
- Realizar en Multisim la captura y simulación del esquemático del circuito. Obtenga las gráficas de la respuesta de frecuencia para la Magnitud y Fase.

#### Diseño

Para la estructura del filtro Paso Banda se pretende utilizar una etapa de filtro paso alto de segundo orden en cascado con una segunda etapa de filtro paso alto de primer orden, esto para generar la pendiente de caída de -60 dB/década antes de la frecuencia de corte inferior y también se debe contemplar la utilización de una tercera etapa con un filtro paso bajas de segundo orden y una cuarta etapa con otro filtro paso bajo de primer orden, con el cual generar la pendiente de caída de -60 dB/década después de la frecuencia de corte superior, teniendo en cuenta que se desea realizar este filtro con la caracterización de Bessel.

Para simplificar la explicación de los pasos, las dos etapas de paso altas y las dos etapas de paso bajo, simplemente se le dirán etapa de paso alto y etapa de paso bajo.

En primeras instancias se trabaja con la etapa de filtro paso alto, con lo cual suponiendo que  $R_A = R_B$  y  $C_A = C_B$  y que  $R_A = 5\text{ k}\Omega$ , encontramos el valor de los capacitores utilizando la siguiente fórmula de frecuencia de corte inferior ( $f_{c1}$ ).

$$f_{c1} = \frac{1}{2\pi R_A C_A} \quad (4)$$

Despejando  $C_A$  y sustituyendo los valores conocidos

$$C_A = \frac{1}{2\pi \cdot 5\text{ k}\Omega \cdot 4\text{ kHz}} = 7.96\text{ nF}$$

Calculamos las resistencias de realimentación teniendo en cuenta la caracterización de Bessel.

Primera etapa, suponemos que  $R_2 = 10\text{ k}\Omega$

$$R_1 = R_2 \cdot 0.553 = 10\text{ k}\Omega \cdot 0.553 = 5.530\text{ k}\Omega$$

Segunda etapa, suponemos que  $R_4 = 10\text{ k}\Omega$

$$R_3 = R_4 \cdot 1 = 10\text{ k}\Omega \cdot 1 = 10\text{ k}\Omega$$

A los valores de las resistencias de los circuitos RC de les debe aplicar un factor de amortiguamiento distintivo de cada etapa según se encuentra en la tabla de Bessel, ya que estos dependen de la frecuencia de corte y esta se ve afectada en cada etapa.

Primera etapa

$$R_A = \frac{5k\Omega}{1.452} = 3443.53 \Omega$$

Segunda etapa

$$R_B = \frac{5k\Omega}{1.327} = 3767.9 \Omega$$

En segundas instancias se trabaja con la etapa de filtro paso bajo, con lo cual suponiendo que  $R_C = R_D$  y  $C_C = C_D$  y que  $R_C = 5 k\Omega$ , encontramos el valor de los capacitores utilizando la siguiente fórmula de frecuencia de corte superior ( $f_{c2}$ ).

$$f_{c2} = \frac{1}{2\pi R_C C_C} \quad (5)$$

Despejando  $C_C$  y sustituyendo los valores conocidos

$$C_C = \frac{1}{2\pi \cdot 5 k\Omega \cdot 8 \text{ kHz}} = 3.98 \text{ nF}$$

Calculamos las resistencias de realimentación teniendo en cuenta la caracterización de Bessel.

Primera etapa, suponemos que  $R_6 = 10 k\Omega$

$$R_5 = R_6 \cdot 0.553 = 10 k\Omega \cdot 0.553 = 5530 k\Omega$$

Segunda etapa, suponemos que  $R_8 = 10 k\Omega$

$$R_7 = R_8 \cdot 1 = 10 k\Omega \cdot 1 = 10 k\Omega$$

Para los valores de las resistencias del circuito RC se tiene los siguiente

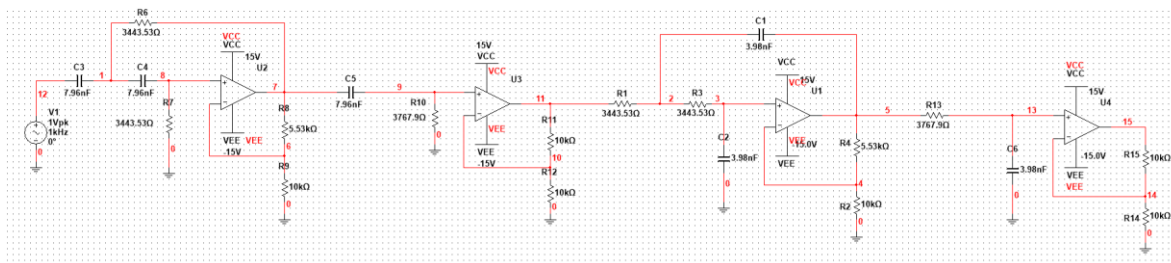
Primera etapa

$$R_C = \frac{5k\Omega}{1.452} = 3443.53 \Omega$$

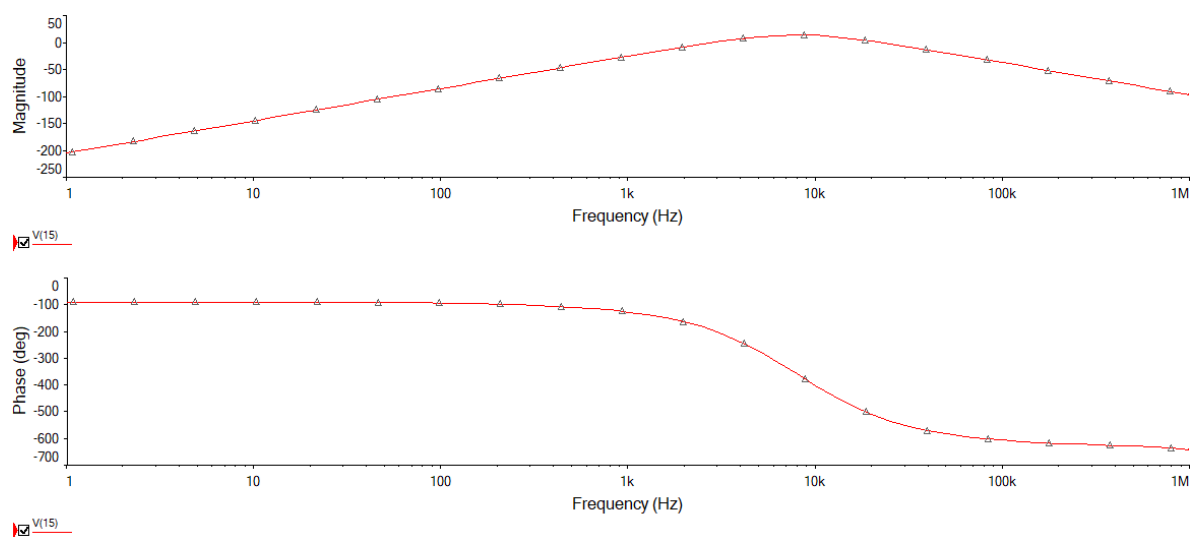
Segunda etapa

$$R_D = \frac{5k\Omega}{1.327} = 3767.9 \Omega$$

## Simulaciones y circuito



**Figura 10:** Circuito con filtro Paso Banda Bessel de tres polos



**Figura 11:** Grafica Bode de Bessel de magnitud y fase con un barrido de 1 MHz

## Problema 5

Diseñe un filtro activo Supresor de Banda utilizando la aproximación de Butterworth, con pendiente de caída de 60dB/década y frecuencias de corte inferior y superior de 120Hz y 360Hz respectivamente. Debe:

- Detallar el procedimiento de diseño y mostrar el diagrama del circuito final.
- Realizar en Multisim la captura y simulación del esquemático del circuito. Obtenga las gráficas de la respuesta de frecuencia para la Magnitud y Fase.

### Diseño

Para la estructura del filtro Supresor Banda se pretende utilizar una etapa de filtro paso alto de segundo orden en cascada con una segunda etapa de filtro paso alto de primer orden, esto para generar la pendiente de caída de -60 dB/década antes de la frecuencia de corte superior y también se debe contempla la utilización de una tercera etapa con un filtro paso bajas de segundo orden y una cuarta etapa con otro filtro paso bajo de primer orden, con el cual generar la pendiente de caída de -60 dB/década después de la frecuencia de corte inferior, ambas etapas deben estar contempladas con un sumador, por lo cual se toman las siguientes consideraciones.

Para simplificar la explicación de los pasos, las dos etapas de paso altas y las dos etapas de paso bajo, simplemente se le dirán etapa de paso alto y etapa de paso bajo.

En primeras instancias se trabaja con la etapa de filtro paso alto, con lo cual suponiendo que  $R_A = R_B$  y  $C_A = C_B$  y que  $R_A = 5\text{ k}\Omega$ , encontramos el valor de los capacitores utilizando la siguiente fórmula de frecuencia de corte superior ( $f_{c2}$ ) de la formula (5).

$$f_{c2} = \frac{1}{2\pi R_A C_A}$$

Despejando  $C_A$  y sustituyendo los valores conocidos

$$C_A = \frac{1}{2\pi \cdot 5\text{ k}\Omega \cdot 360\text{ Hz}} = 88.42\text{ nF}$$

Calculamos las resistencias de realimentación teniendo en cuenta la caracterización de Butterworth.

Primera etapa, suponemos que  $R_2 = 10\text{ k}\Omega$

$$R_1 = R_2 \cdot 0.553 = 10\text{ k}\Omega \cdot 1 = 10\text{ k}\Omega$$

Segunda etapa, suponemos que  $R_4 = 10\text{ k}\Omega$

$$R_3 = R_4 \cdot 1 = 10\text{ k}\Omega \cdot 1 = 10\text{ k}\Omega$$

Para el cálculo del filtro Paso Bajo se utiliza la frecuencia de corte inferior, teniendo que usar la siguiente fórmula (4) de  $(f_{c1})$  y trabaja suponiendo que  $R_C = R_D$  y  $C_C = C_D$  y que  $R_C = 5\text{ k}\Omega$

$$f_{c1} = \frac{1}{2\pi R_C C_C} \quad (4)$$

Despejando  $C_C$  y sustituyendo los valores conocidos

$$C_C = \frac{1}{2\pi \cdot 5\text{ k}\Omega \cdot 120\text{ Hz}} = 265.26\text{ nF}$$

Calculamos las resistencias de realimentación teniendo en cuenta la caracterización de Butterworth.

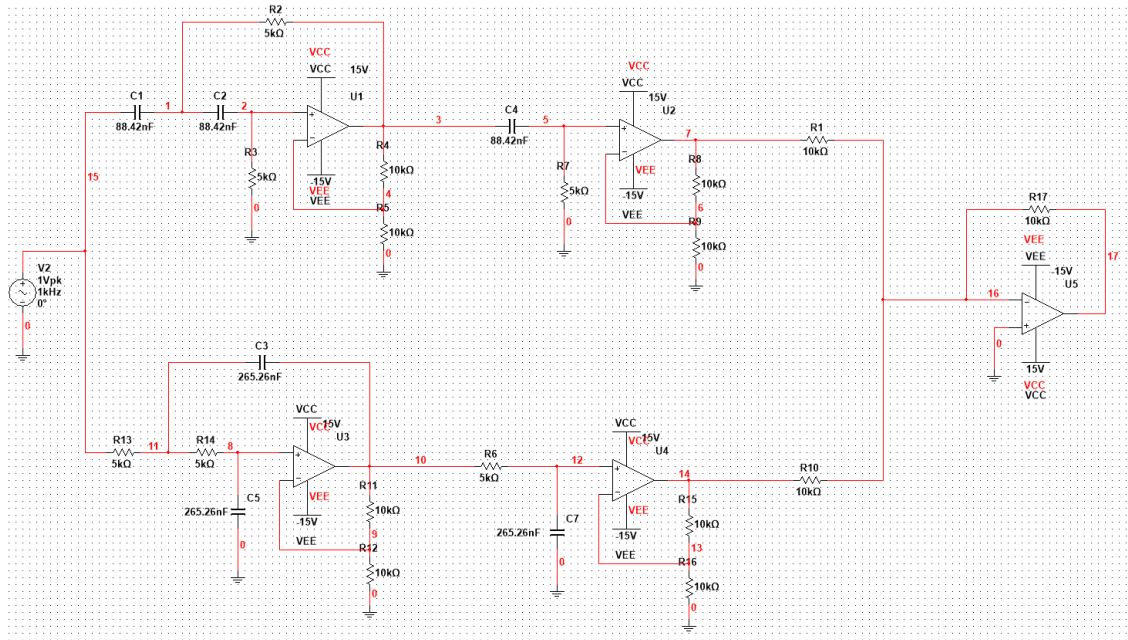
Primera etapa, suponemos que  $R_2 = 10\text{ k}\Omega$

$$R_1 = R_2 \cdot 0.553 = 10\text{ k}\Omega \cdot 1 = 10\text{ k}\Omega$$

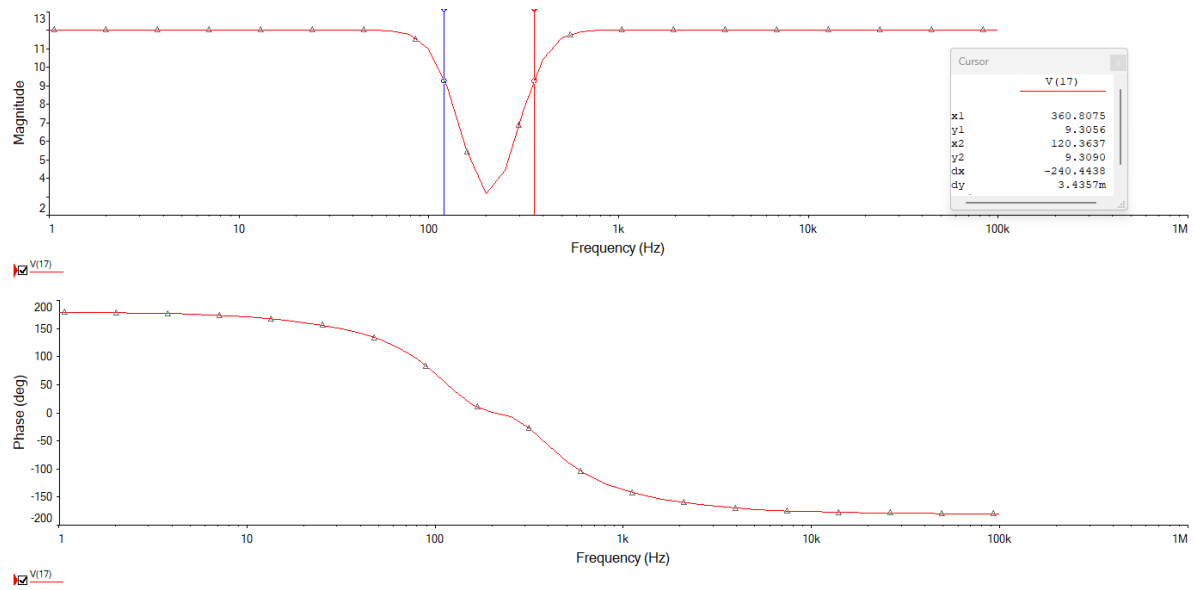
Segunda etapa, suponemos que  $R_4 = 10\text{ k}\Omega$

$$R_3 = R_4 \cdot 1 = 10\text{ k}\Omega \cdot 1 = 10\text{ k}\Omega$$

## Circuito y Simulación



**Figura 12:** Circuito con filtro Supresor Banda Butterworth de tres polos



**Figura 13:** Grafica Bode de Butterworth de magnitud y fase con un barrido de 110 kHz



### Problema 6:

Diseñe un filtro activo Supresor de Banda, notch, de banda angosta utilizando un filtro tipo de Variable de Estado (VE) con las siguientes características de atenuación:

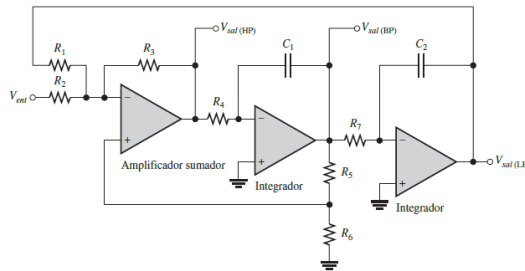
- Frecuencia central a 1KHz
- Selectividad  $Q = 30$ .

Debe:

- a) Detallar el procedimiento de diseño y mostrar el diagrama del circuito final.
- b) Realizar en Multisim la captura y simulación del esquemático del circuito. Obtenga las gráficas de la respuesta de frecuencia para la Magnitud y Fase.

### Diseño

Para este diseño, para simplificar la explicación del diseño del circuito, se hará uso de una imagen de una imagen en donde se muestra un filtro paso banda, pero la estructura es muy similar a un filtro Supresor de Banda, simplemente que al final de dicha etapa se debe colocar un sumador, pero los cálculos de interés se hacen antes de llegar a dicha etapa.



**Figura 14:** Circuito con filtro Paso Banda

Primeramente, es importante notar que no piden un factor de calidad de  $Q = 30$  y también contamos con el valor de la frecuencia crítica central, por lo cual suponiendo que  $R_4 = R_7$  y  $C_1 = C_2$ , y que el valor de  $R_4 = 5 \text{ k}\Omega$ , con la siguiente fórmula se puede encontrar el valor del capacitor  $C_1$ .

$$f_0 = \frac{1}{2\pi R_4 C_1} = \frac{1}{2\pi R_7 C_2} \quad (6)$$

Despejando  $C_1$  y sustituyendo los valores conocidos

$$C_1 = \frac{1}{2\pi \cdot 5 \text{ k}\Omega \cdot 1 \text{ kHz}} = 31.83 \text{ nF}$$

Para generar un valor aproximado al factor de calidad de  $Q = 30$  se deben modificar las resistencias de realimentación  $R_5$  y  $R_6$ , para ello se utiliza la siguiente formula y también suponiendo que  $R_6 = 10 \text{ k}\Omega$ , se tiene lo siguiente.

$$Q = \frac{1}{3} \left( 1 + \frac{R_5}{R_6} \right) \quad (7)$$

Despejando  $R_5$  y sustituyendo los valores conocidos

$$3Q = \left( 1 + \frac{R_5}{R_6} \right)$$

$$3Q - 1 = \frac{R_5}{R_6}$$

$$R_5 = R_6 \cdot (3Q - 1)$$

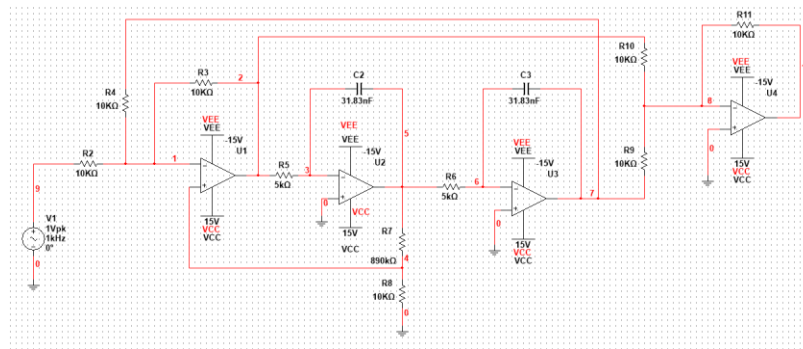
Tenemos el siguiente valor

$$R_5 = 10 \text{ k}\Omega \cdot (3(30) - 1)$$

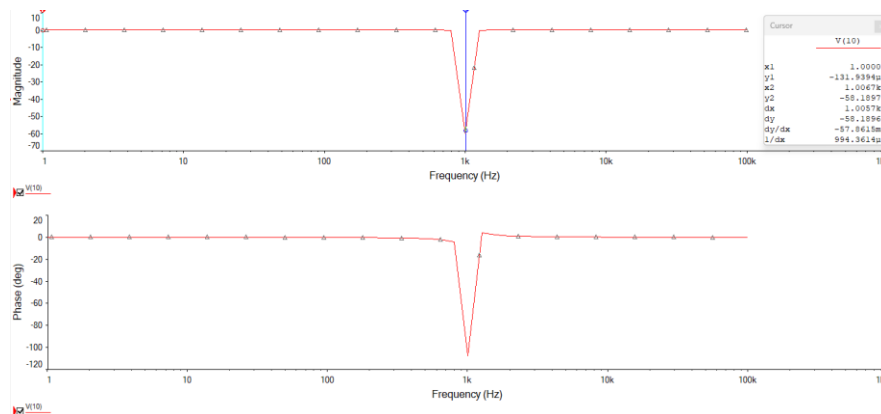
$$R_5 = 10 \text{ k}\Omega \cdot (3(30) - 1) = 890 \text{ k}\Omega$$

también teniendo en cuenta que las resistencias que no se tomaron en cuenta para estos cálculos tiene un valor determinado de  $10 \text{ k}\Omega$ .

### Circuito y Simulación



**Figura 15:** Circuito con filtro Supresor Banda tipo de Variable de Estado



**Figura 16:** Grafica Bode de magnitud y fase con un barrido de 110 kHz

### Problema 7

Diseñe un filtro activo Paso Banda empleando la estructura de Retroalimentación Múltiple (Rauch), que cumpla con las siguientes características:

- Frecuencia central de 800Hz
- Factor de calidad,  $Q=5$
- Ganancia máxima en la banda pasante de 6dB.

Debe:

- a) Detallar el procedimiento de diseño y mostrar el diagrama del circuito final.
- b) Realizar en Multisim la captura y simulación del esquemático del circuito. Obtenga las gráficas de la respuesta de frecuencia para la Magnitud y Fase.

### Diseño

Para este caso se puede desarrollar un filtro paso banda con diseño (Rauch), con características de  $Q = 5$ , con frecuencia central de  $f_0 = 800 \text{ Hz}$  y una ganancia de 6 dB.

En primeras instancias se debe de cambiar la unidad de la ganancia a  $V/V$ , por lo cual se plantea lo siguiente

$$6 = 20 \log_{10}(A_0) \quad (9)$$

Despejando el valor de  $A_0$

$$10^{\frac{6}{20}} = A_0$$

Por lo cual se tiene el siguiente valor aproximado de  $A_0$

$$A_0 \approx 2$$

Para el cálculo de las resistencias se plantean las siguientes formulas, tomando en cuenta que el capacitor a utilizar es de  $C = 10 \text{ nF}$  y que los dos capacitores en el circuito presentan el mismo valor, por ello se plantean las siguientes fórmulas.

$$R_1 = \frac{Q}{2\pi \cdot A_0 \cdot f_0 \cdot C} \quad (10)$$

$$R_2 = \frac{Q}{2\pi \cdot f_0 \cdot C} \quad (11)$$

$$R_3 = \frac{Q}{2\pi \cdot f_0 \cdot C \cdot (2 \cdot Q^2 - A_0)} \quad (12)$$

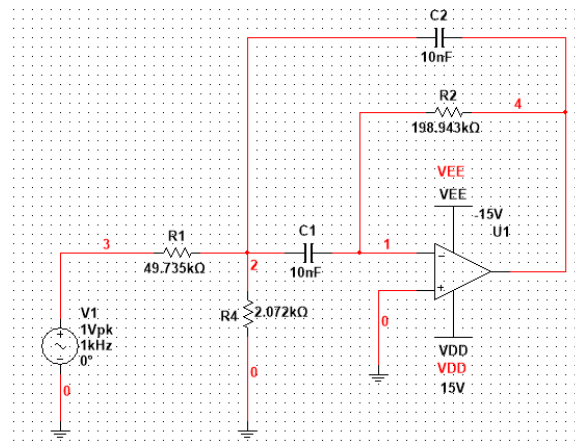
Con dichas formulas se pueden calcular los valores de las resistencias

$$R_1 = \frac{5}{2\pi \cdot 2 \cdot 800 \text{ Hz} \cdot 10 \text{ nF}} \approx 49.735 \text{ k}\Omega$$

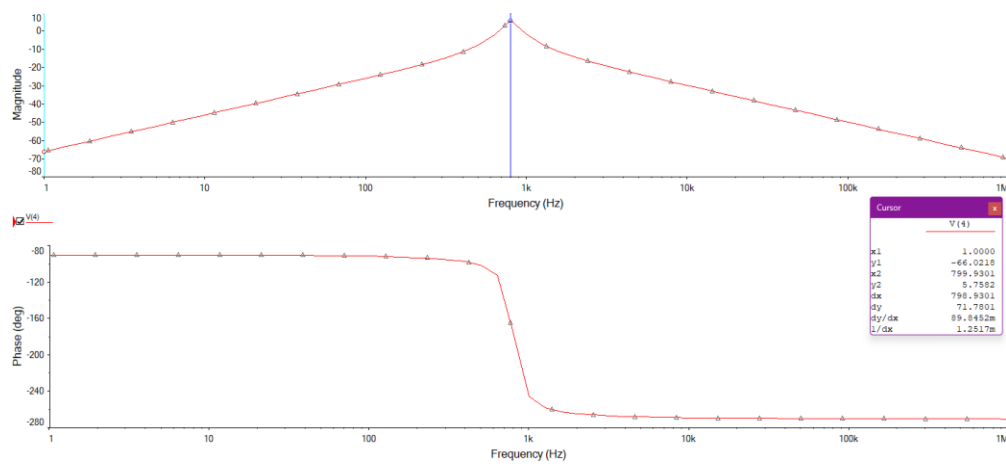
$$R_2 = \frac{5}{\pi \cdot 800 \text{ Hz} \cdot 10 \text{ nF}} \approx 198.943 \text{ k}\Omega$$

$$R_3 = \frac{5}{2\pi \cdot 800 \text{ Hz} \cdot 10 \text{ nF} \cdot (2 \cdot 5^2 - 2)} \approx 2.072 \text{ k}\Omega$$

### Circuito y simulación



**Figura 17:** Circuito con filtro Pasa Banda tipo Rauch



**Figura 18:** Grafica Bode de magnitud y fase de tipo Rauch con un barrido de 1 MHz

## Problema 8

Diseñe un filtro activo Paso Banda que cumpla con las siguientes características de atenuación:

- Frecuencia central a 300Hz
- Factor de calidad de 50.

Debe:

- a) Detallar el procedimiento de diseño y mostrar el diagrama del circuito final.
- b) Realizar en Multisim la captura y simulación del esquemático del circuito. Obtenga las gráficas de la respuesta de frecuencia para la Magnitud y Fase.

### Diseño

Para este caso se nota que el factor de calidad es muy alto, por lo cual pide ser muy selectivo con las frecuencias que se encuentran en la banda pasante, por lo cual el modelo de circuito que permite dicha selectividad es el modelo de Variable de Estado (VE), por lo cual se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones antes de comenzar las resoluciones del siguiente circuito, tomando en consideración la Fig. 14, se tiene lo siguiente.

Primeramente, es importante notar que no piden un factor de calidad de  $Q = 50$  y también contamos con el valor de la frecuencia crítica central, por lo cual suponiendo que  $R_4 = R_7$  y  $C_1 = C_2$ , y que el valor de  $R_4 = 5\text{ k}\Omega$ , con la siguiente fórmula (6) se puede encontrar el valor del capacitor  $C_1$ .

$$f_0 = \frac{1}{2\pi R_4 C_1} = \frac{1}{2\pi R_7 C_2}$$

Despejando  $C_1$  y sustituyendo los valores conocidos

$$C_1 = \frac{1}{2\pi \cdot 5\text{ k}\Omega \cdot 300\text{ Hz}} = 106,1\text{ nF}$$

Para generar un valor aproximado al factor de calidad de  $Q = 30$  se deben modificar las resistencias de realimentación  $R_5$  y  $R_6$ , para ello se utiliza la siguiente fórmula (7) y también suponiendo que  $R_6 = 10\text{ k}\Omega$ , se tiene lo siguiente.

$$Q = \frac{1}{3} \left( 1 + \frac{R_5}{R_6} \right)$$

Despejando  $R_5$  y sustituyendo los valores conocidos

$$3Q = \left( 1 + \frac{R_5}{R_6} \right)$$

$$3Q - 1 = \frac{R_5}{R_6}$$

$$R_5 = R_6 \cdot (3Q - 1)$$

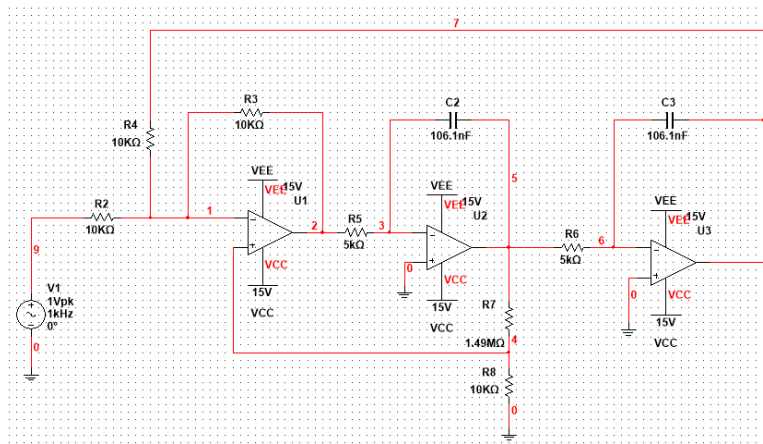
Tenemos el siguiente valor

$$R_5 = 10 \text{ k}\Omega \cdot (3(50) - 1)$$

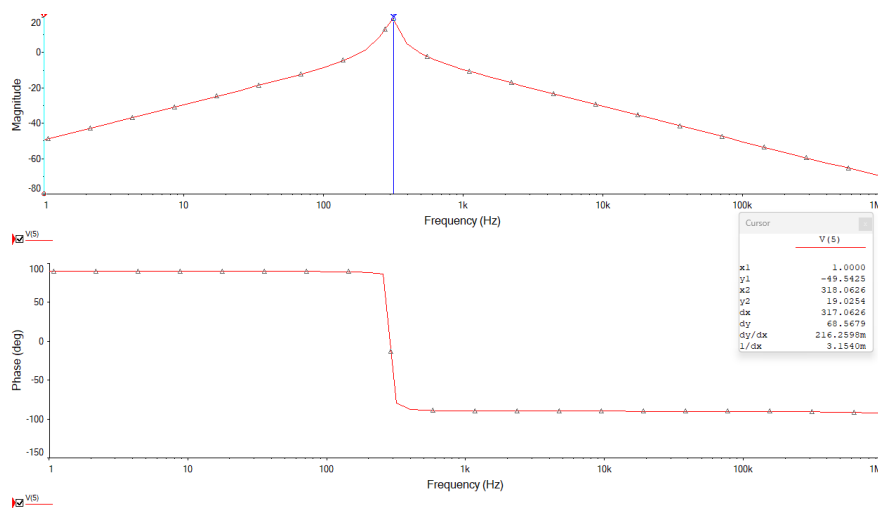
$$R_5 = 10 \text{ k}\Omega \cdot (3(50) - 1) = 1.49 \text{ M}\Omega$$

también teniendo en cuenta que las resistencias que no se tomaron en cuenta para estos cálculos tiene un valor determinado de  $10 \text{ k}\Omega$ .

### Circuito y simulación



**Figura 19:** Circuito con filtro Pasa Banda de tipo de Variable de Estado



**Figura 20:** Grafica Bode de magnitud y fase con un barrido de 1 MHz

## **Referencias Bibliográficas**

[1] Floyd Thomas L. Dispositivos Electrónicos. Pearson Prentice Hall, 8va edición, 2008.