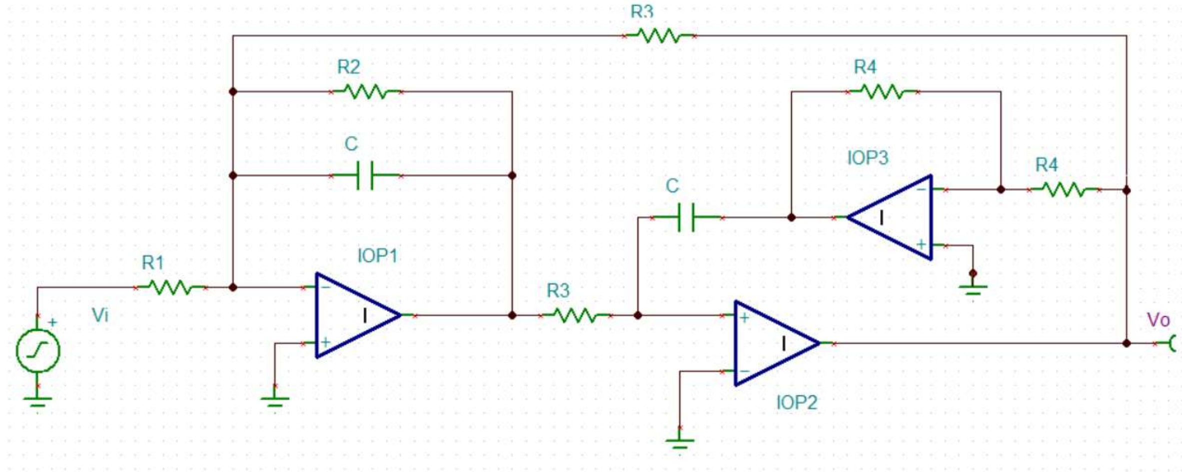
Tarea Semanal 2

Nicolás Locatti

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL BUENOS AIRES

Entrega 03/5. Entregado 03/5

Para la siguiente red se pide:



1. Hallar la transferencia $T = \frac{V_o}{V_i}$ en función de ω_o y Q.

2. Obtener el valor de los componentes del circuito de forma tal que $\omega_o = 1$ y $Q = 3$

3. Ajustar el valor de R_1 de forma tal que $|T(0)| = 20dB$.

Bonus:

+10 💎 Obtener los valores de la red normalizados en frecuencia e impedancia.

+10 🎓 Calcular las sensibilidades $S_C^{\omega_o}$, $S_{R_2}^Q$ y $S_{R_3}^Q$

+10 🤯 Recalcular los valores de la red para que cumpla con una transferencia Butterworth.

+10 🎸 Cómo podría obtener un circuito pasabanda con los mismos componentes originales y con qué parámetros quedaría diseñado (Ver ejemplo 4.6 en Schaumann).

+10 ⚽ Simulación circuital de todos los experimentos.

+10 🍺 Presentación en jupyter notebook

---

1. Hallar la transferencia $T = \frac{V_o}{V_i}$ en función de ω_o y Q.

Transferencia hallada:

$$T(S) = \frac{V_o}{V_i} = -\frac{R_3}{R_1} . \frac{\frac{1}{C^2 R_3^2}}{S^2 + S\frac{1}{CR_2} + \frac{1}{C^2 R_3^2}}$$

$$T(S) = \frac{V_o}{V_i} = K . \frac{\omega_o^2}{S^2 + S\frac{\omega_o}{Q} + \omega_o^2}$$

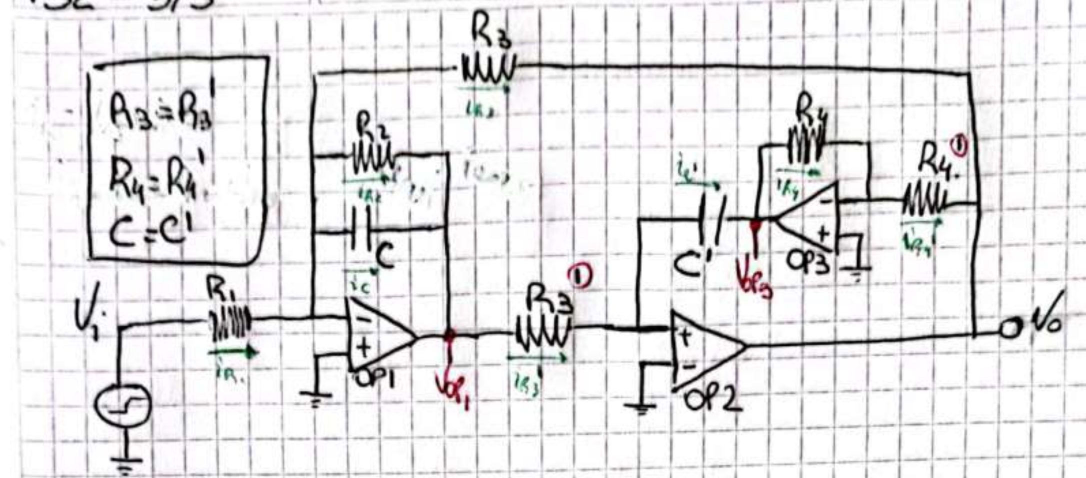
$$\omega_o = \frac{1}{CR_3}$$

$$K = -\frac{R_3}{R_1}$$

$$Q = \frac{R_2}{R_3}$$

Desarrollo:

TS2 - 3/5



$$\begin{cases} i_{R_1} = i_C + i_{R_2} + i_{R_3} \longrightarrow \dfrac{V_i}{R_1} = -V_{op_1}\cdot sC - \dfrac{V_{op_1}}{R_2} - \dfrac{V_o}{R_3} \quad (1) \\ i_{R_3'} = i_{C'} \longrightarrow \dfrac{V_{op_1}}{R_3'} = -sC' V_{op_3} \Rightarrow V_{op_1} = -sC' V_{op_3}\cdot R_3' \quad (2) \\ i_{R_4} = i_{R_4'} \longrightarrow \dfrac{V_{op_3}}{R_4} = -\dfrac{V_o}{R_4'} \xrightarrow{R_4 = R_4'} V_o = -V_{op_3} \quad (3) \end{cases}$$

(3) en (2) y $R_3' = R_3$ $C' = C$

$$V_{op_1} = sCR_3V_o \quad (4)$$

(4) en (1)

$$\frac{V_i}{R_1} = sC(-sCR_3V_o) - \frac{sCR_3V_o}{R_2} - \frac{V_o}{R_3}$$

$$\frac{V_i}{R_1} = -s^2C^2R_3V_o - \frac{sCR_3V_o}{R_2} - \frac{V_o}{R_3}$$

$$\frac{V_i}{R_1} = -V_o\left(+s^2C^2R_3 + \frac{sCR_3}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right)$$

$$T = \frac{V_o}{V_i} = -\frac{1}{s^2C^2R_1R_3 + \frac{sCR_1R_3}{R_2} + \frac{R_1}{R_3}} = -\frac{R_2R_3}{\underbrace{s^2C^2R_1R_2R_3^2}_{} + sCR_1R_3^2 + R_1R_2}$$

$$T = \frac{V_o}{V_i} = -\frac{1}{s^2 + s\underbrace{\left(\frac{1}{CR_2}\right)}_{\frac{\omega_0}{Q}} + \underbrace{\frac{1}{C^2R_3^2}}_{\omega_0^2}} \cdot \frac{\cancel{R_2}\cancel{R_3}}{C^2R_1\cancel{R_2}\cancel{R_3^2}}$$

$$T = \frac{V_o}{V_i} = \underbrace{\left(-\frac{R_3}{R_1}\right)}_{k} \cdot \frac{\overbrace{\frac{1}{C^2R_3^2}}^{\omega_0^2}}{s^2 + s\underbrace{\frac{1}{CR_2}}_{\frac{\omega_0}{Q}} + \frac{1}{C^2R_3^2}} \quad Q = \frac{R_2 C}{C R_3}$$

$$k = -\frac{R_3}{R_1} \qquad \omega_0 = \frac{1}{CR_3} \qquad Q = \frac{R_2}{R_3}$$

$$\boxed{T = \frac{V_o}{V_i} = -\frac{R_3}{R_1}\,\frac{\frac{1}{C^2R_3^2}}{s^2 + s\frac{1}{CR_2} + \frac{1}{C^2R_3^2}}}$$

2. Obtener el valor de los componentes del circuito de forma tal que $\omega_o = 1$ y $Q = 3$

$\omega_o = 1 = \frac{1}{CR_3}$

$R_3 = \frac{1}{C}$

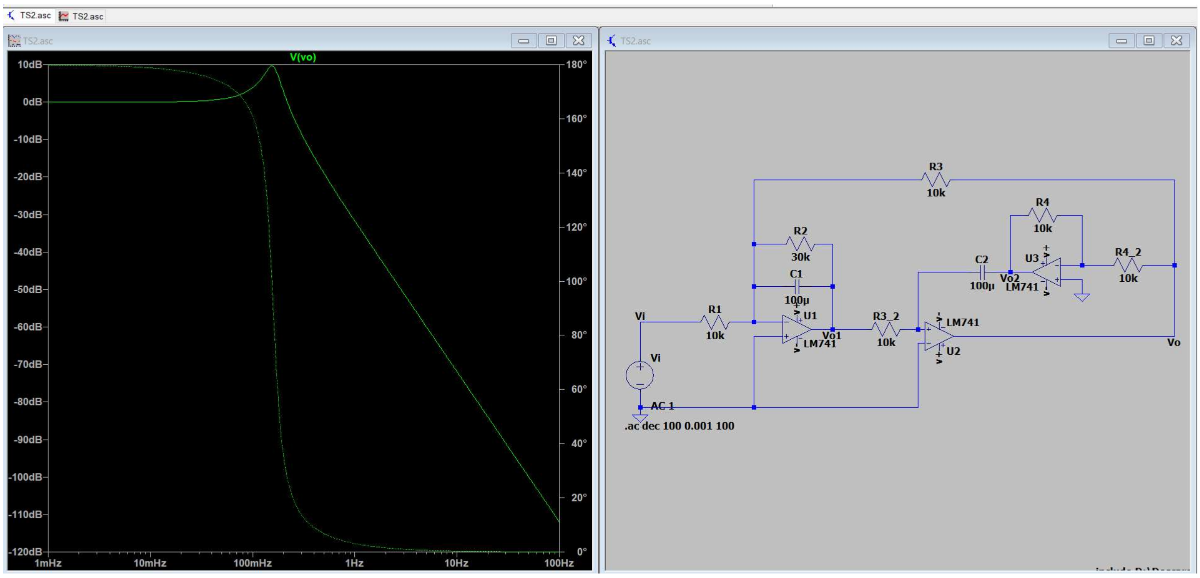
Si adoptamos $R_3 = 10K\Omega$

$C = 100uF$

$Q = 3 = \frac{R_2}{R_3}$

$R_2 = 3.10k\Omega$

$R_2 = 30k\Omega$



---

3. Ajustar el valor de R_1 de forma tal que $|T(0)| = 20dB$.

$|T(0)|_{dB} = 20log(|T(0)|_{veces})$

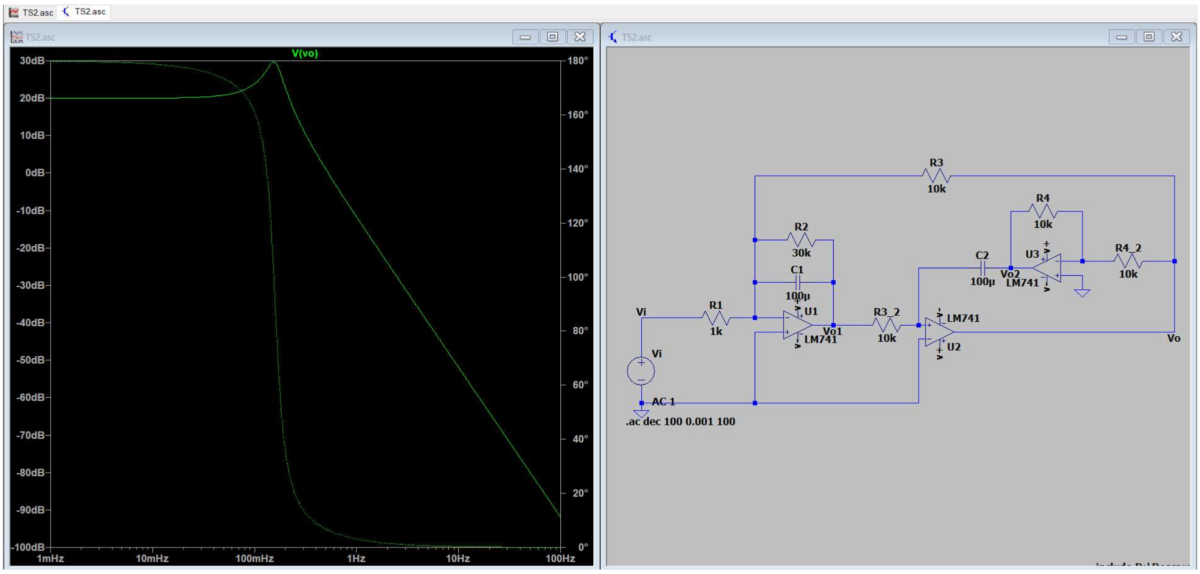
$1 = log(|T(0)|)$

$|T(0)| = 10 = K$

$K = \frac{R_3}{R_1}$

$R_1 = \frac{R_3}{K} = \frac{10k\Omega}{10}$

$R_1 = 1K\Omega$



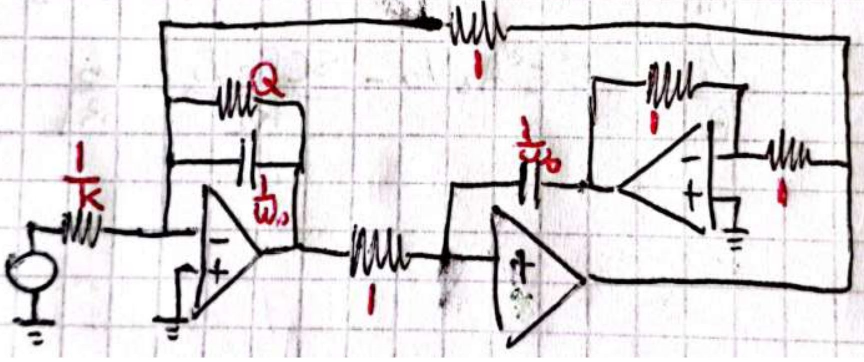
Bonus:

+10 💎 Obtener los valores de la red normalizados en frecuencia e impedancia. ✔

* Red Normalizada en frec. e impedancia

$$S: \begin{cases} \omega_0 = 1 = \dfrac{1}{C R_3} \Rightarrow \boxed{C=1} \wedge \boxed{R_3=1} \\ Q = 3 \Rightarrow R_2 = Q R_3 \Rightarrow \boxed{R_2 = 3} \Rightarrow \\ R_1 = \dfrac{R_3}{k} = \dfrac{1}{\underset{\to 10}{k}} \Rightarrow \boxed{R_1 = \dfrac{1}{10}} \end{cases} \qquad \begin{cases} C = \dfrac{1}{\omega_0} \\ R_3 = 1 \\ R_2 = Q \\ R_1 = \dfrac{1}{k} \\ R_4 = 1 \end{cases}$$

Circuito equivalente genérico (valores norm).



+10 🎓 Calcular las sensibilidades $S_C^{\omega_o}$, $S_{R_2}^{Q}$ y $S_{R_3}^{Q}$ ✔

* Sensibilidad

$$S_C^{\omega_0} = \frac{C}{\omega_0}\cdot\frac{\partial \omega_0}{\partial C} = \frac{C}{\frac{1}{R_3 C}} \cdot -\frac{1}{R_3 \cdot C^2} = -\frac{\cancel{C^2}\cdot \cancel{R_3}}{\cancel{R_3}\cdot \cancel{C^2}} = \boxed{-1 = S_C^{\omega_0}}$$

$$S_{R_2}^{Q} = \frac{R_2}{Q}\cdot\frac{\partial Q}{\partial R_2} = \frac{\cancel{R_2}}{\frac{\cancel{R_2}}{\cancel{R_3}}}\cdot\frac{1}{\cancel{R_3}} = \boxed{1 = S_{R_2}^{Q}}$$

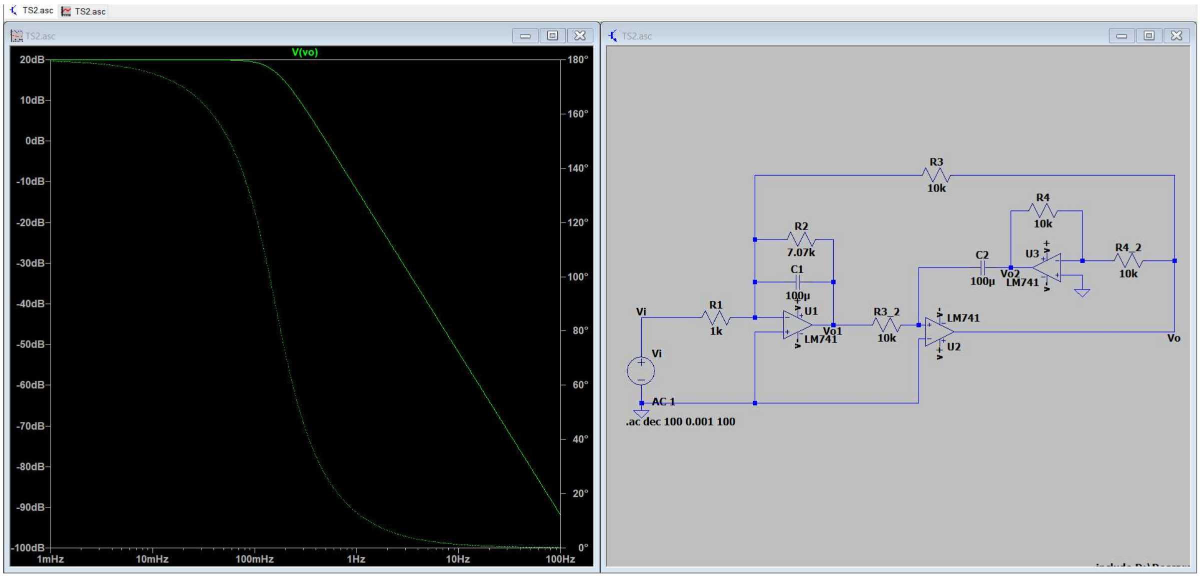
$$S_{R_3}^{Q} = \frac{R_3}{Q}\cdot\frac{\partial Q}{\partial R_3} = \frac{\cancel{R_3}}{\frac{\cancel{R_2}}{R_3}} \cdot -\frac{\cancel{R_2}}{\cancel{R_3}\cdot R_3} = \boxed{-1 = S_{R_3}^{Q}}$$

+10 🤯 Recalcular los valores de la red para que cumpla con una transferencia Butterworth. ✔

* Para cumplir con Butterworth

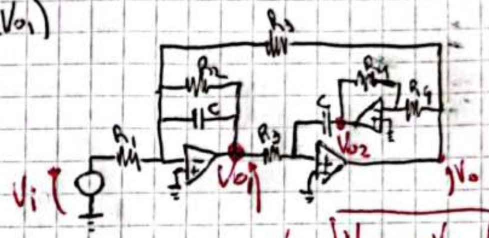
$$Q = \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow Q = \frac{R_2}{R_3} \wedge R_3 = 1 \Rightarrow \boxed{R_2 = \frac{\sqrt{2}}{2}}$$

Simulación para Butter con ganancia 20dB



+10 🎸 Cómo podría obtener un circuito pasabanda con los mismos componentes originales y con qué parámetros quedaría diseñado (Ver ejemplo 4.6 en Schaumann). ✔

Pasa Banda: según 4.6 del Schaumann se toma la salida del op1 como salida del filtro (V_{o1})



$$\frac{V_i}{R_1}+\frac{V_o}{R_3}+\frac{V_{o1}}{R_2}+V_{o1}\cdot sC=0$$

$$\boxed{V_{o2}=-V_o}\ (1)$$

$$\boxed{\frac{V_{o1}}{R_3}+V_{o2}\,sC=0}\ (2)$$

(1) en (2)

$$\boxed{V_o=\frac{V_{o1}}{sCR_3}}$$

Reemplazo V_o

$$\frac{V_i}{R_1}+\frac{V_{o1}}{sCR_3^2}+\frac{V_{o1}}{R_2}+V_{o1}\cdot sC=0$$

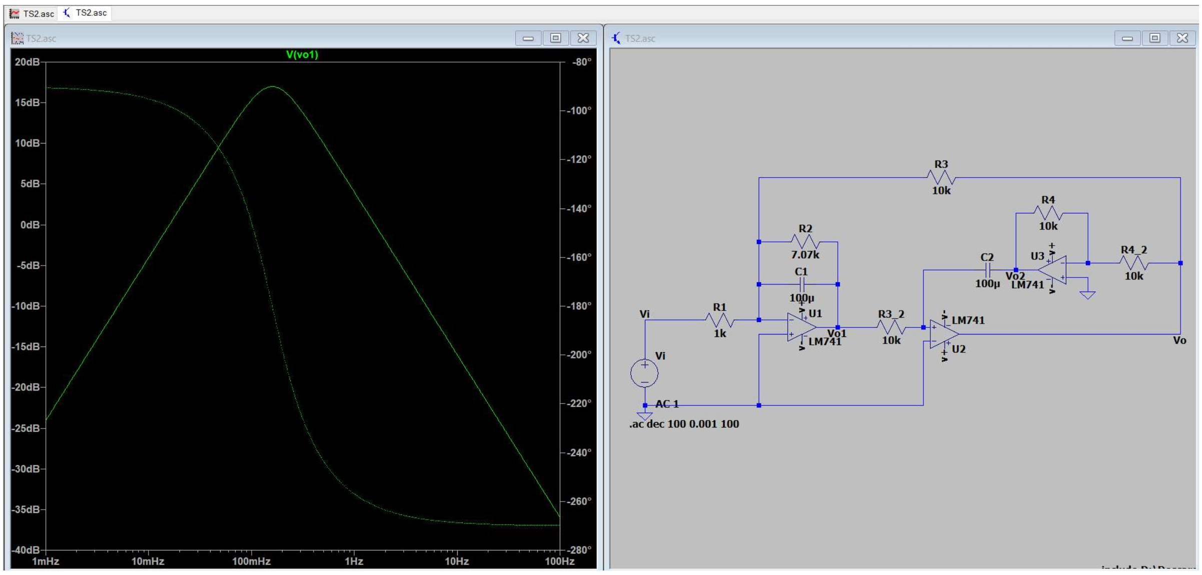
$$\frac{V_i}{R_1}+V_{o1}\left(\frac{1}{sCR_3^2}+\frac{1}{R_2}+sC\right)=0$$

$$\frac{V_i}{R_1}+V_{o1}\,\frac{s^2C^2R_3^2R_2+sCR_3^2+R_2}{sCR_2R_3^2}=0$$

$$\frac{V_{o1}}{V_i}=-\frac{1}{R_1}\cdot\frac{\cancel{C}\cancel{R_2}\cancel{R_3^2}}{C^{\cancel{2}}\cancel{R_2}\cancel{R_3^2}}\cdot\frac{s}{s^2+s\cdot\frac{1}{CR_2}+\frac{1}{C^2R_3^2}}\Rightarrow\boxed{\frac{V_{o1}}{V_i}=-\frac{1}{CR_1}\cdot\frac{s}{s^2+s\cdot\frac{1}{CR_2}+\frac{1}{C^2R_3^2}}}$$

$$\boxed{Q=\omega_0R_2C}\qquad\boxed{\omega_0=\frac{1}{CR_3}}$$

$$\boxed{Q=\frac{R_2}{R_3}}$$



+10 ⚽ Simulación circuital de todos los experimentos. ✔

+10 🍺 Presentación en jupyter notebook ✔

In [ ]: