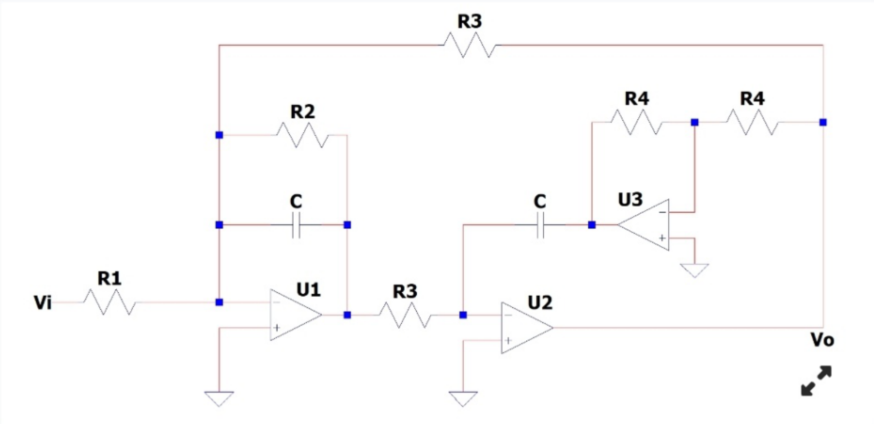
Para la siguiente red se pide:



Consignas de la actividad:

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

👉 Hallar los parámetros ω_o y Q y k.

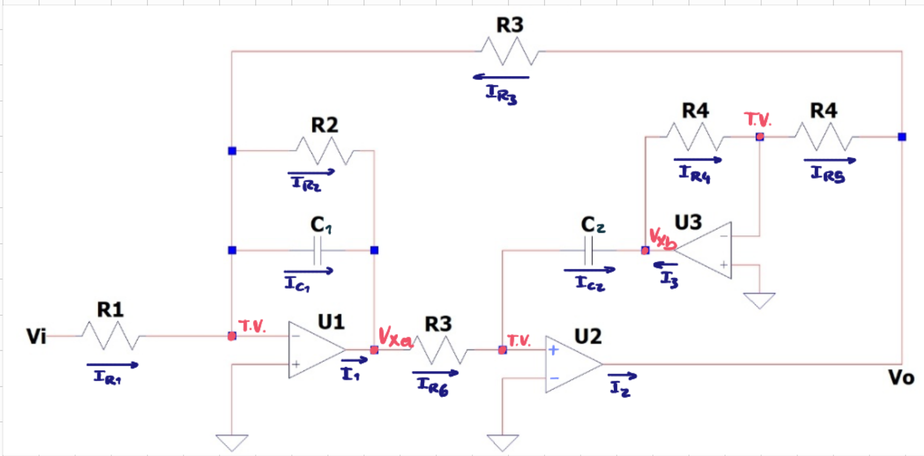
👉 Obtener el valor de los componentes para que el circuito se comporte como un Butterworth de 2do orden.

👉 Cómo podría obtener un filtro pasabajo Butterworth de 4to orden, a partir de un prototipo basado en este circuito, y que cumpla con $|T(0)| = 20\,\mathrm{dB}$.

Bonus:

- +10 💎 Obtener los valores de la red normalizados en frecuencia e impedancia.
- +10 ⚽ Simulación circuital de todos los experimentos.
- +10 🎸 Cómo podría obtener un circuito pasabanda con los mismos componentes originales y con qué parámetros quedaría diseñado (Ver ejemplo 4.6 en Schaumann).

#1/ #2



(1) $I_{R1} = \frac{V_i}{R_1}$

(2) $I_{R1} + I_{R3} = I_{C1} + I_{R2}$

(3) $I_{C1} = -sC_1 V_{xa}$

(4) $I_{R2} = -\frac{1}{R_2} V_{xa}$

(5) $I_{R3} = \frac{V_o - V_i}{R_3}$

(6) $I_{R6} = \frac{V_{xa}}{R_3} = I_{C2}$

(7) $I_{C2} = -sC_2 V_{xb}$

(8) $I_{R4} = \frac{1}{R_4} V_{xb} = I_{R5} = -\frac{1}{R_4} V_o$

$V_{xb} = -V_o$ (9)

(9),(7),(6) $V_{xa} = s R_3 C_2 V_o$ (10)

(10),(4) $I_{R2} = -s \frac{R_3 C_2}{R_2} V_o$ (11)

(10),(3) $I_{C1} = -s^2 R_3 C_1 C_2 V_o$ (12)

(2),(1),(5),(11),(12)

$$\frac{V_i}{R_1} + \frac{V_o - V_i}{R_3} = -s^2 R_3 C_1 C_2 V_o - s \frac{R_3 C_2}{R_2} V_o$$

$$\left[s^2 R_3 C_1 C_2 + s \frac{R_3 C_2}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right] V_o = \left[\frac{R_1 - R_3}{R_1 R_3} \right] V_i$$

$$T = \frac{V_o}{V_i} = \frac{\frac{R_1 - R_3}{R_1 . R_3}}{R_3 C_1 C_2 \left[s^2 + s \frac{1}{R_2 C_1} + \frac{1}{R_3^2 C_1 C_2} \right]}$$

$$T = \frac{R_1 - R_3}{R_1 R_3^2 C_1 C_2} \; \frac{1}{s^2 + s \frac{1}{R_2 C_1} + \frac{1}{R_3^2 C_1 C_2}}$$ ⟶ Filtro Pasa Bajos (LP)

Chequeo de unidades:

$$T = \frac{R_1 - R_3}{R_1 R_3^2 C_1 C_2} \frac{1}{S^2 + S\frac{1}{R_2 C_1} + \frac{1}{R_3^2 C_1 C_2}} \longrightarrow \frac{[\cancel{\Omega}]}{\left[\cancel{\Omega^3}\frac{s^2}{\cancel{\Omega^2}}\right]} \frac{1}{\left[\frac{1}{\cancel{s^2}} + \frac{1}{\cancel{s}}\frac{1}{\cancel{\Omega}\cdot\frac{s}{\cancel{\Omega}}} + \frac{1}{\cancel{\Omega^2}\cdot\frac{s^2}{\cancel{\Omega^2}}}\right]} \checkmark$$

Transferencia general de un LP:

$$T_{LP} = K\frac{\omega_0^2}{S^2 + S\frac{\omega_0}{Q} + \omega_0^2}$$

Trabajo sobre la transferencia obtenida para llegar a una expresión similar:

$$T = \frac{R_1 - R_3}{R_1 R_3^2 C_1 C_2} \frac{1}{S^2 + S\frac{1}{R_2 C_1} + \frac{1}{R_3^2 C_1 C_2}}$$

$$\left.\begin{aligned} &\omega_0^2 = \frac{1}{R_3^2 C_1 C_2} \longrightarrow \omega_0 = \frac{1}{R_3\sqrt{C_1 C_2}} \\ &\frac{\omega_0}{Q} = \frac{1}{R_2 C_1} \longrightarrow Q = \frac{R_2 C_1}{R_3\sqrt{C_1 C_2}} \end{aligned}\right\} K\omega_0^2 = \frac{R_1 - R_3}{R_1 R_3^2 C_1 C_2} \longrightarrow K = \frac{R_1 - R_3}{R_1}$$

$$\therefore\ T = \frac{R_1 - R_3}{R_1} \frac{\frac{1}{R_3^2 C_1 C_2}}{S^2 + S\frac{\frac{1}{R_3\sqrt{C_1C_2}}}{\frac{R_2 C_1}{R_3\sqrt{C_1 C_2}}} + \frac{1}{R_3^2 C_1 C_2}} = K\frac{\omega_0^2}{S^2 + S\frac{\omega_0}{Q} + \omega_0^2} \ ; \text{ siendo } \begin{cases} \omega_0 = \frac{1}{R_3\sqrt{C_1 C_2}} \\ Q = \frac{R_2 C_1}{R_3\sqrt{C_1 C_2}} \\ K = \frac{R_1 - R_3}{R_1} \end{cases}$$

#3

Función transferencia para un Butterworth de orden 2:

$$T_{(S)} = \frac{K \cdot 1}{S^2 + S\sqrt{2} + 1}$$

Se procede a llevar la transferencia de nuestro filtro a una de Butterworth:

$$\begin{cases} \omega_0^2 = \frac{1}{R_3^2 C_1 C_2} = 1 \\ \frac{\omega_0}{Q} = \frac{1}{R_2 C_1} = \sqrt{2} \end{cases} \quad \begin{cases} C_2 = \frac{\sqrt{2} R_2}{R_3^2} \\ C_1 = \frac{1}{\sqrt{2} R_2} \\ Q = \frac{\sqrt{2}}{2} \end{cases} \longrightarrow \text{Si } C_1 = C_2 = C: \ \sqrt{2}\frac{R_2}{R_3^2} = \frac{1}{\sqrt{2} R_2}$$

$$2R_2^2 = R_3^2$$

$$R_3 = \sqrt{2} R_2$$

Se da valor a R_1 y R_2:

- $R_1 = 1k\Omega$
- $R_2 = 2k\Omega$

Dudas respecto a valores
- ¿Deben ser normalizados?
- La mayoría me quedan en func. de $\sqrt{2}$
- ¿Está bien la igualdad $C_1 = C_2$?
- Depende de los valores de R_1 y R_3 la fase se desfasa o no
  - ↳ ¿Cuál elijo?