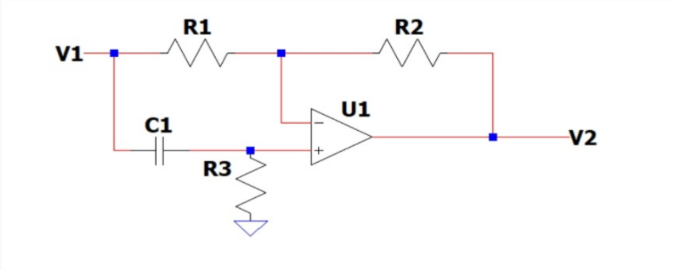
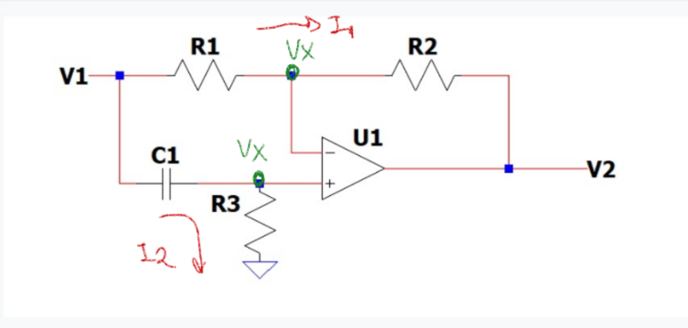
Dado el siguiente circuito:



1. Obtener la función transferencia $\frac{V_2}{V_1}$ (módulo , fase y diagrama de polos y ceros).
2. Proponga una norma de impedancia y frecuencia de forma tal de llegar a una transferencia **normalizada**.
3. Simule la **función transferencia normalizada** en Python. (Ver ejemplos)
4. Simule la **red normaliza** en LTspice, y obtenga su respuesta en frecuencia. (otro ejemplo)
5. ¿Qué tipo de filtro es? ¿Qué utilidad podría tener este tipo de circuitos?

Bonus:

- +1 💎 Obtener una **RED** normalizada que responda a la función hallada en 2)
- +1 🎓 Verifique los resultados de 1 y 2 mediante el módulo de simulación simbólica **SymPy.** (ejemplo simpy)
- +1 🤓 Analice similitudes y diferencias con **ambas** redes del TP1, ej 7.



① $\frac{V_2}{V_1}$

C: $\frac{S}{\Omega}$ L = Ω·S

$$V_x = V_1 \cdot \frac{R_3}{\frac{1}{SC_1}+R3} \quad (I) \qquad \frac{V_1 - V_x}{R_1} = \frac{V_x - V_2}{R_2} \quad (II)$$

desarrollo (II)

$$V_1\cdot\frac{1}{R_1} - V_x\cdot\frac{1}{R_1} = V_x\cdot\frac{1}{R_2} - V_2\cdot\frac{1}{R_2} \qquad V_1\cdot\frac{1}{R_1} = V_x\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right) - V_2\cdot\frac{1}{R_2}$$

Reemplazo (I)

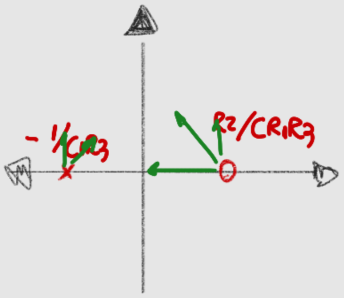
$$V_1\cdot\frac{1}{R_1} = V_1\cdot\frac{S\cdot C R_3}{1+S\cdot C\cdot R_3}\cdot\left(\frac{R_2+R_1}{R_2\cdot R_1}\right) - V_2\cdot\frac{1}{R_2}$$

$$V_2\cdot\frac{1}{R_2} = V_1\cdot\left(\frac{S\cdot C\cdot R_3\cdot(R_2+R_1)}{R_2R_1+SCR_3R_2R_1} - \frac{1}{R_1}\right) \qquad \frac{V_2}{R_2} = V_1\cdot\left(\frac{\cancel{S\cdot C R_2 R_3}+S\cdot C\cdot R_1R_3 - R_2 - \cancel{S C R_2 R_3}}{R_1(R_2+SCR_2R_3)}\right)$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \cancel{R_2}\cdot\frac{S\cdot C\cdot R_1R_3 - R_2}{R_1\cancel{R_2}+SCR_1\cancel{R_2}R_3} = \frac{S\cdot C\cdot R_1R_3-R_2}{SCR_1R_3+R_1} = \frac{S - \frac{R_2}{CR_1R_3}}{S+\frac{1}{C_1R_3}} \quad \begin{matrix}\left[\frac{1}{s}\right] \\ \left[\frac{1}{s}\right]\end{matrix}$$

$$\boxed{\omega_0 = \frac{1}{C_1R_3}}$$

DIAG. Polos y Ceros



MÓDULO

$S = j\omega$

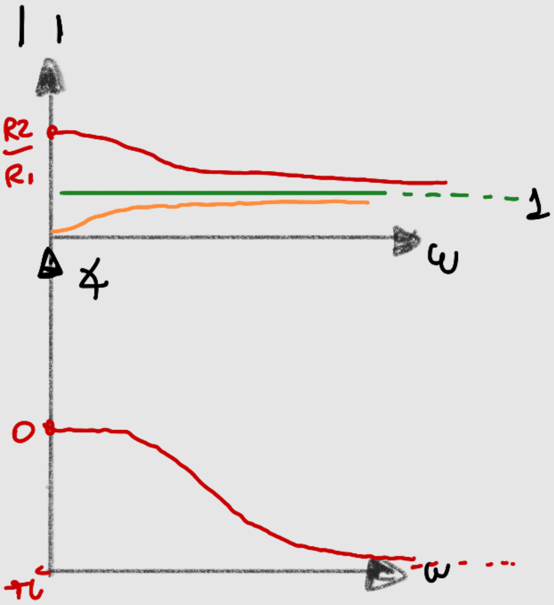
$$\frac{V_2}{V_1}(j\omega) = \frac{j\omega - \frac{R_2}{CR_1R_3}}{j\omega + \frac{1}{CR_3}} \qquad \left|\frac{V_2}{V_1}\right| = \frac{\sqrt{\omega^2+\left(\frac{R_2}{CR_1R_3}\right)^2}}{\sqrt{\omega^2+\frac{1}{(C^2R_3^2)}}}$$

$\omega = 0 : \frac{R_2}{R_1}$

$\omega \to \infty : |\,| = 1$

$\omega = \omega_o$

$$\left|\frac{V_2}{V_1}\right| = \sqrt{\frac{\omega_o^2 + \frac{R_2^2}{R_1^2}\omega_o^2}{\omega_o^2 + \omega_o^2}} = \sqrt{\frac{1+\frac{R_2^2}{R_1^2}}{2}}$$



$$\measuredangle \frac{V_2}{V_1} = \underbrace{tg^{-1}\left(\frac{-\omega C R_1 R_3}{R_2}\right)}_{NUM(T(j\omega))} - \underbrace{tg^{-1}(\omega \cdot C \cdot R_3)}_{den(T(j\omega))}$$

$\omega = 0 \quad \measuredangle = 0$

$\omega \to \infty \quad \measuredangle = -\pi$

$$= -tg^{-1}\left(\omega \cdot C R_3 \cdot \frac{R_1}{R_2}\right) - tg^{-1}(\omega C R_3)$$

desfase temporal distinto p/c ω

$\omega = \omega_o$

$$\measuredangle = tg^{-1}\left(\frac{\omega_o}{\omega_o} \cdot \frac{R_1}{R_2}\right) - tg^{-1}\left(\frac{\omega_o}{\omega_o}\right) = tg^{-1}\left(\frac{R_1}{R_2}\right) - \frac{\pi}{4}$$

CONCL.

El comportamiento depende de la relación R_2/R_1, oscilando entre un PASA BAJOS $\left(\frac{R_2}{R_1} > \frac{\sqrt{2}}{2}\right)$ y un PASA ALTOS $\left(\text{si } \frac{R_2}{R_1} < \frac{\sqrt{2}}{2}\right)$

El desenvolvimiento de fase es siempre de 0 a π, sin importar $\frac{R_2}{R_1}$

② NORMALIZAR

como encuentro una repitencia en $\frac{1}{CR_3}$, es decir, ω_o

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

$$\frac{V_2}{V_1}(S) = \frac{\$ \cdot \frac{1}{C_1R_3} - \frac{R_2}{R_1C_1R_3}}{\$ \cdot \frac{1}{C_1R_3} + \frac{1}{C_1R_3}} = \frac{\frac{\$ \cdot R_1 - R_2}{\cancel{C_1 R_3} R_1}}{\frac{\$ + 1}{\cancel{C_1R_3}}} = \frac{\$ - \frac{R_2}{R_1}}{\$ + 1}$$

Para las impedancias, elijo arbitrariamente R_3, que aparece más repetido

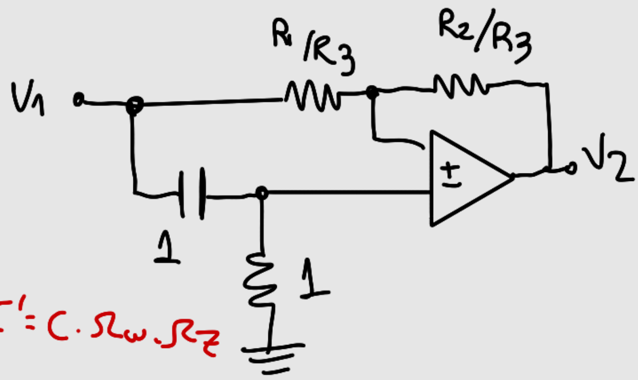
$$\Omega_z = R_3$$

$$R_1' = R_1/R_3 \qquad R_2' = R_2/R_3 \qquad R_3' = 1$$

$$\frac{V_2}{V_1}(s) = \frac{s - \frac{R_2}{R_1}}{s+1}$$ ← La relación $\frac{R_2}{R_1}$ no se ve afectada por la Ω_z

RED NORMALIZADA (Bonus 1)

me quedaría que



$C' = C \cdot \Omega_\omega \cdot \Omega_z$

$$V_x = V_1 \cdot \frac{1}{1+\frac{1}{s}} = V_1 \cdot \frac{s}{s+1}$$

$$V_1 \cdot \frac{R_3}{R_1} - V_x \frac{R_3}{R_1} = V_x \cdot \frac{R_3}{R_2} - V_2 \frac{R_3}{R_2}$$

$$V_1 \cdot \frac{R_3}{R_1} - V_1 \cdot \frac{sR_3}{sR_1 + \cancel{R_3} R_1} = V_1 \cdot \frac{sR_3}{sR_2 + \cancel{R_3} R_2} - V_2 \frac{R_3}{R_2}$$

$$V_1 \left(\frac{R_3}{R_1} - \frac{sR_3}{sR_2 + R_2} - \frac{sR_3}{sR_1 + R_1} \right) = -V_2 \frac{R_3}{R_2}$$

$$V_1 \cdot \left(\frac{R_3 \cdot R_2(s+1) - sR_3R_1 - sR_3R_2}{R_1 \cdot R_2 \cdot (s+1)} \right) = -V_2 \frac{R_3}{R_2}$$

$$V_1 \left(\frac{R_3 \quad R_2 + \cancel{sR_3R_2} - sR_3R_1 - \cancel{sR_3R_2}}{R_1 R_2 (s+1)} \right) = V_2 \left(-\frac{R_3}{R_2} \right)$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{s\cancel{R_3} R_1 - \cancel{R_3} R_2}{R_1 R_2 (s+1)} \cdot \frac{\cancel{R_2}}{\cancel{R_3}} = \frac{sR_1 - R_2}{sR_1 + R_1} = \frac{s - \frac{R_2}{R_1}}{s+1}$$