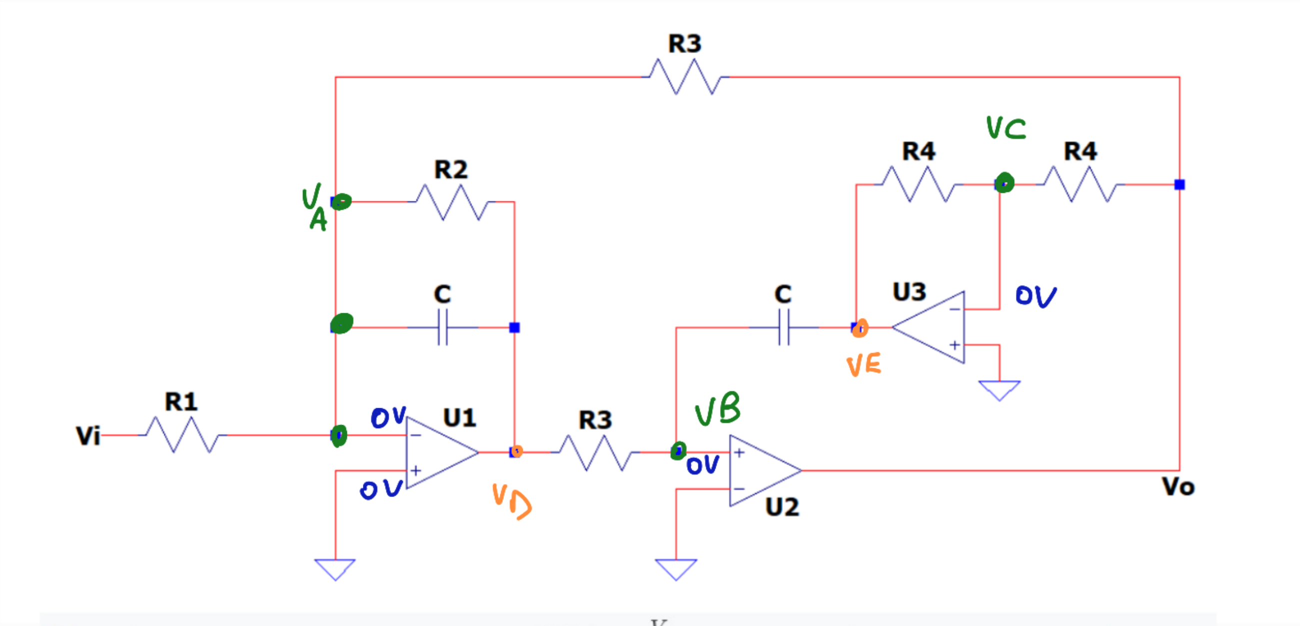


👉 01. Obtenga la función transferencia $H(s) = \frac{V_o}{V_i}$ a partir de método sistemático de nodos e identifique k (ganancia de la red), ω_0 (pulsación angular de resonancia) y Q (factor de selectividad).

VA (I) $V_A \cdot (G_2 + G_1 + S \cdot C) - V_D(SC + G_2) - V_O(G_3) - V_i(G_1) = 0$

VB (II) $V_B(G_3 + SC) - V_D(G_3) - V_E(SC) = 0$

Vc (III) $V_C(G_4 + G_4) - V_O(G_4) - V_E(G_4) = 0$

OPAMP IDEAL $V_A = V_B = V_C = 0V$

(III) $V_E \cdot G_4 = V_C \cdot 2 \cdot G_4 - V_O \cdot G_4$

$V_E = V_C \cdot 2 - V_O$

(II) $V_D \cdot G_3 = V_B \cdot (G_3 + SC) - (V_C \cdot 2 - V_O) \cdot SC$

$V_D = V_B \cdot \left(1 + S \cdot \frac{C}{G_3}\right) - V_C \cdot 2 \cdot \frac{SC}{G_3} + V_O \cdot \frac{SC}{G_3}$

(I) $V_A \cdot (G_2 + G_1 + SC) - \left(V_B \cdot \frac{G_3 + SC}{G_3} - V_C \cdot 2 \cdot \frac{SC}{G_3} + V_O \cdot \frac{SC}{G_3}\right)(SC + G_2)$

$- V_O \cdot G_3 - V_i \cdot G_1 = 0$

$$V_A \cdot (G_2+G_1+SC) - V_B \cdot \frac{(G_3+SC)(SC+G_2)}{G_3} + V_C \cdot 2 \cdot \frac{SC}{G_3}(SC+G_2)$$

$$-V_O\left(\frac{S^2C^2+S\cdot C\cdot G_2}{G_3}\right) - V_O\, G_3 - V_i \cdot G_1 = 0$$

con $V_A = V_B = V_C = 0$

$$-V_O\left(\frac{S^2C^2+S\cdot C\cdot G_2}{G_3}\right) - V_O \cdot G_3 = V_i \cdot G_1$$

$$-V_O \cdot \left(\frac{S^2C^2+S\cdot C\cdot G_2}{G_3} + G_3\right) = V_i \cdot G_1$$

$$V_O \cdot (-1) \quad \frac{S^2C^2+S\cdot C\cdot G_2+G_3^2}{G_3} = V_i \cdot G_1$$

$$H(s) = -\frac{G_1 \cdot G_3}{S^2C^2+S\cdot C\cdot G_2+G_3^2}$$

$$H(s) = -\frac{\frac{G_1 \cdot G_3}{C^2}}{S^2+S\cdot\frac{G_2}{C}+\left(\frac{G_3}{C}\right)^2}$$

Para tener ω_0^2 Arriba y abajo, Podria decirse

$$\boxed{H(s) = -\frac{G_1}{G_3} \cdot \frac{\left(\frac{G_3}{C}\right)^2}{S^2+S\cdot\frac{G_2}{C}+\left(\frac{G_3}{C}\right)^2}}$$

$$\frac{\omega_0}{Q} = \frac{G_2}{C}$$

$$\frac{G_3/C}{Q} = \frac{G_2}{C}$$

$$Q = \frac{G_3}{G_2}$$

$$K = -\frac{G_1}{G_3} \qquad \omega_0 = \frac{G_3}{C} \qquad Q = \frac{G_3}{G_2}$$

👉 02. Realice el estudio correspondiente a la respuesta en frecuencia (módulo y fase), en aquellos puntos que considere característicos (mínimamente en los extremos de banda y en ω_0), y al diagrama de polos y ceros.

$$H(\omega) = H(s)\Big|_{s=j\omega} = K \cdot \frac{\omega_0^2}{j\omega \cdot \frac{\omega_0}{Q} + \omega_0^2 - \omega^2}$$

$$|H(\omega)| = \frac{\omega_0^2}{\sqrt{\frac{\omega^2\omega_0^2}{Q^2} + (\omega_0^2-\omega^2)^2}} \cdot |K|$$

$\omega = 0$

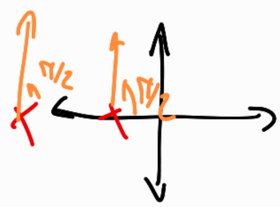
$$|H(0)| = \frac{K \cdot \omega_0^2}{\omega_0^2} = |K|$$

$\omega = \omega_0$

$$|H(\omega_0)| = |K| \cdot \frac{\omega_0^2}{\sqrt{\frac{\omega_0^4}{Q^2}}} = |K| \cdot Q$$

$\lim \omega \to \infty$

$$\lim_{\omega \to \infty} |H(\omega)| = 0$$



$$\measuredangle H(\omega) = \pi - tg^{-1}\left(\frac{\frac{\omega \cdot \omega_0}{Q}}{\omega_0^2 - \omega^2}\right)$$

$\omega = 0$

$$\measuredangle H(\omega) = \pi - tg^{-1}(0) = \pi$$

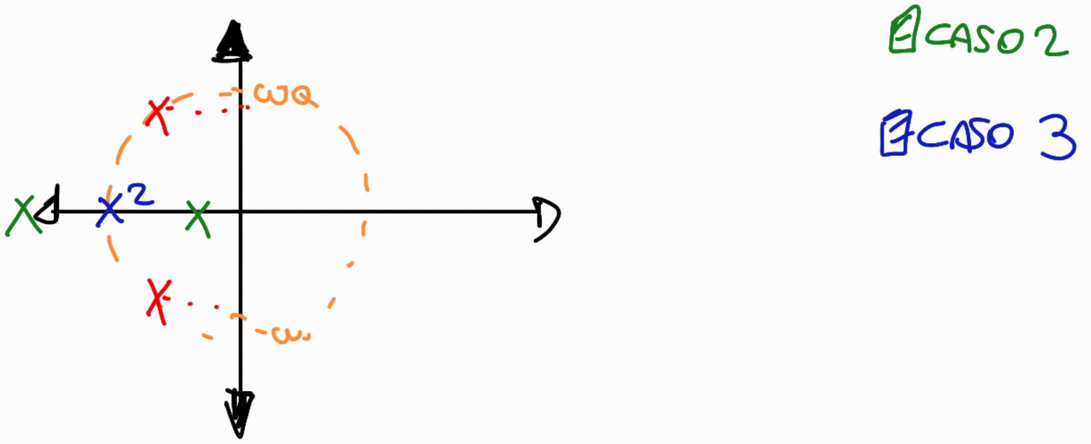
$\omega = \omega_0$

$$\measuredangle H(\omega) = \pi - \pi/2 = \pi/2$$

$\lim \omega \to \infty$

$$\lim_{\omega \to \infty} \measuredangle H(\omega) = \pi - \pi = 0$$

El diagrama de polos y ceros sería



👉 03. Identifique el tipo de filtro y describa su comportamiento en función de los resultados obtenidos en el punto anterior: ganancia en banda de paso, roll-off y su relación con las singularidades, tipo de función y desenvolvimiento de fase total, retardo de grupo y su relación con la fase y cualquier otro aspecto que le parezca relevante mencionar.

Es un PASA BAJOS

La ganancia en la banda de paso va desde $|K| \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$ hasta $|K| \cdot Q$

Busco $\omega \,\Big|\, |H(\omega)| = \frac{|K|}{\sqrt{2}}$

$$|H(\omega_{HP})| = \frac{1}{\sqrt{2}} \cancel{|K|} = \cancel{|K|} \frac{\omega_0^2}{\sqrt{\omega^2 \frac{\omega_0^2}{Q^2} + (\omega_0^2 - \omega^2)^2}}$$

$$\sqrt{\omega^2 \left(\frac{\omega_0}{Q}\right)^2 + (\omega_0^2 - \omega^2)^2} = \omega_0^2 \cdot \sqrt{2}$$

$$\omega^2 \left(\frac{\omega_0}{Q}\right)^2 + \omega_0^4 - 2\omega^2\omega_0^2 + \omega^4 = \omega_0^4 \cdot 2$$

$$\omega^4 + \omega^2 \left(\frac{\omega_0}{Q}\right)^2 - \omega^2 \cdot 2\omega_0^2 + \omega_0^4 = \omega_0^4 \cdot 2$$

$$\omega^4 + \omega^2 \cdot \omega_0^2\left(\frac{1}{Q^2} - 2\right) - \omega_0^4 = 0$$

$$\omega_s = \omega^2$$

$$\omega_s^2 + \omega_s \cdot \omega_0\left(\frac{1}{Q^2} - 2\right) - \omega_0^4 = 0$$

$$\omega_{s_{1-2}} = \frac{\omega_0\left(2 - \frac{1}{Q^2}\right) \pm \sqrt{\omega_0^2\left(\frac{1}{Q^2}-2\right)^2 - 4 \cdot 1 \cdot (-\omega_0^4)}}{2 \cdot 1} =$$

$$\omega_{s_{1-2}} = \omega_0\left(1 - \frac{1}{2Q^2}\right) \pm \frac{\sqrt{\omega_0^2\left(\frac{1}{Q^2}-2\right)^2 + 4\omega_0^4}}{2}$$

$$= \underbrace{\omega_0\left(1 - \frac{1}{2Q^2}\right)}_{+} \pm \omega_0 \frac{\sqrt{\left(\frac{1}{Q^2} - 2\right)^2 + 4\omega_0^2}}{2}$$

OBS si tomo caso $\pm = -$, llegaría a $\omega_{s_{1-2}}$ $(-)$, imposible para ω^2

$$\omega_s = \omega_0\left(1 - \frac{1}{2Q^2}\right) + \omega_0\sqrt{\left(\frac{1}{2Q^2} - 1\right)^2 + \omega_0^2} \quad (+)$$

$$\omega^2 = \omega_s \rightarrow \omega = \pm\sqrt{\omega_0\left(1 - \frac{1}{2Q^2}\right) + \omega_0\sqrt{\left(\frac{1}{2Q^2} - 1\right)^2 + \omega_0^2}}$$

$$\omega = \pm\sqrt{\omega_0} \cdot \sqrt{\left(1 - \frac{1}{2Q^2}\right) + \sqrt{\left(\frac{1}{2Q^2} - 1\right)^2 + \omega_0^2}}$$

NO SÉ COMO CONTINUAR

Respecto al desenvolvimiento de fase, sería de π a 0

El retardo de Grupo..

$$D_{(\omega)} = \frac{\partial \measuredangle T(\omega)}{\partial \omega} = \frac{\partial \left(\pi - tg^{-1}\left(\dfrac{\frac{\omega \cdot \omega_0}{Q}}{\omega_0^2 - \omega^2} \right) \right)}{\partial \omega}$$

$$D_{(\omega)} = \frac{-1}{1 + \left(\frac{\omega \cdot \omega_0}{Q}\right)^2 \cdot \left(\frac{1}{\omega_0^2 - \omega^2}\right)^2} \cdot \frac{\frac{\omega_0}{Q} \cdot (\omega_0^2 - \omega^2) - (-1) \cdot 2\omega^2 \frac{\omega_0}{Q}}{(\omega_0^2 - \omega^2)^2}$$

$$D_{(\omega)} = \frac{-1}{1 + \omega^2 \left(\frac{\omega_0}{Q}\right)^2 \left(\frac{1}{\omega_0^2 - \omega^2}\right)^2} \cdot \frac{\frac{\omega_0}{Q} \cdot (\omega_0^2 - \omega^2) + 2\omega^2 \cdot \frac{\omega_0}{Q}}{(\omega_0^2 - \omega^2)^2}$$

$$= -\frac{\omega_0}{Q} \cdot \frac{\omega_0^2 + \omega^2}{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + \omega^2 \cdot \left(\frac{\omega_0}{Q}\right)^2}$$

$$\boxed{D_{(\omega)} = -\frac{\omega_0}{Q} \, \frac{\omega_0^2 + \omega^2}{\omega^4 + \omega^2 \cdot \omega_0^2 \left(\frac{1}{Q^2} - 2 \right) + \omega_0^4}}$$