ENERO 2017

1. DICIEMBRE 2016

2. DICIEMBRE 2016

3. DICIEMBRE 2016

4. DICIEMBRE 2016 Y ENERO 2019

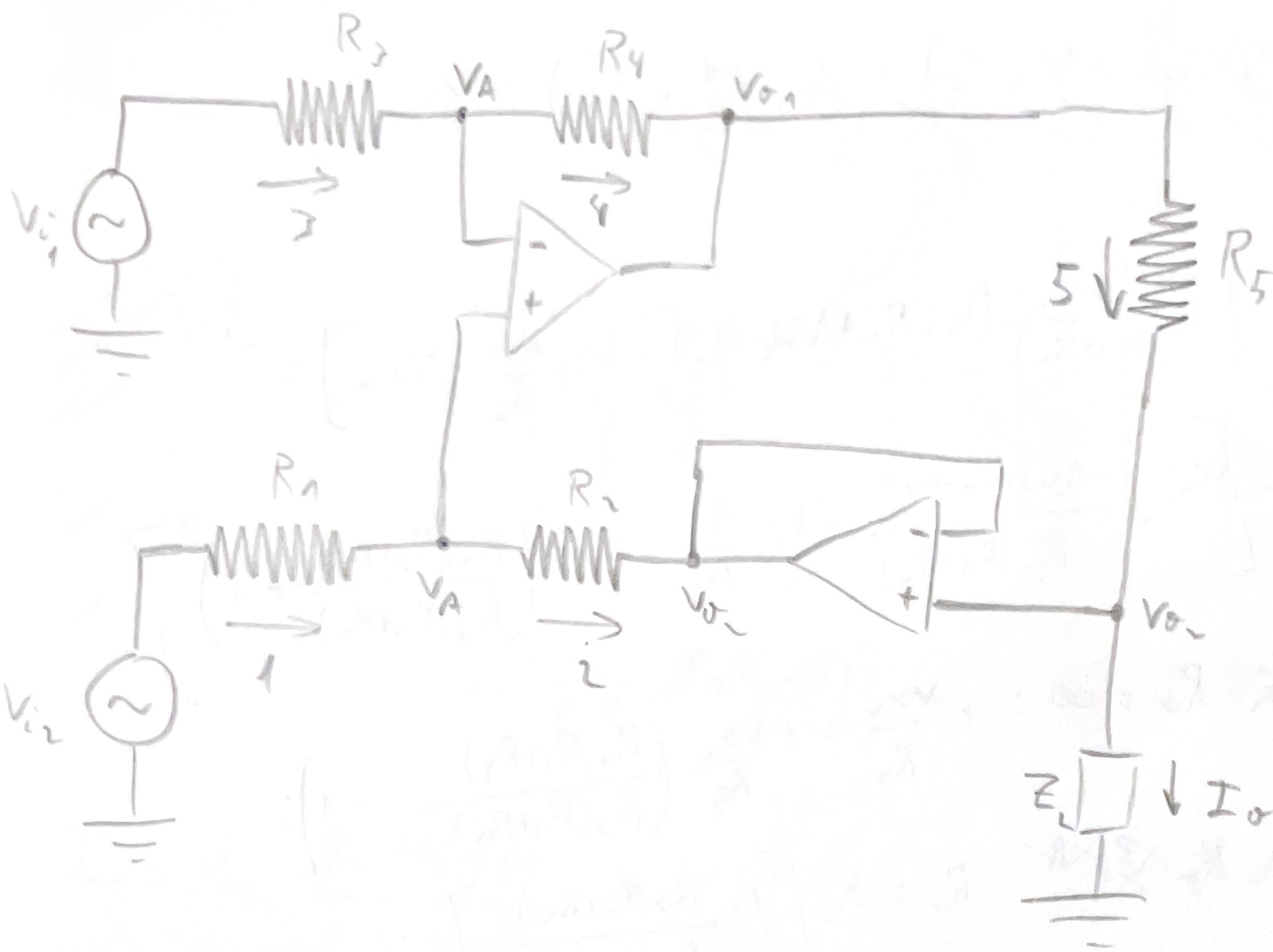
ENERO 2018

1. JUNIO 2023

Amplificador a transductancia que realiza función de conversión V/I.

¿Corriente de carga y establece la condición de resistencia de salida ∞?

Bajo esa situación de resistencia de salida ∞ obtener función de transferencia del amplificador a transductancia resultante. Asumir A.O.Id



$$I_o = I_5 = \frac{V_{o_1} - V_{o_2}}{R_5} = \frac{V_{o_2}}{Z_L}$$

$$\frac{V_{i_2} - V_A}{R_1} = \frac{V_A - V_{o_2}}{R_2} \; ; \; V_A\left(\frac{R_1+R_2}{R_1 R_2}\right) = \frac{V_{i_2}}{R_1} + \frac{V_{o_2}}{R_2} \; ;$$

$$V_A = V_{i_2}\left(\frac{R_2}{R_1+R_2}\right) + V_{o_2}\left(\frac{R_1}{R_1+R_2}\right) = \frac{1}{R_1+R_2}\left(V_{i_2}R_2 + V_{o_2}R_1\right)$$

$$\frac{V_{i_1} - V_A}{R_3} = \frac{V_A - V_{o_1}}{R_4} \; ; \; V_A = V_{i_1}\left(\frac{R_4}{R_3+R_4}\right) + V_{o_1}\left(\frac{R_3}{R_3+R_4}\right) = \frac{1}{R_3+R_4}\left(V_{i_1}R_4 + V_{o_1}R_3\right)$$

$$V_{i_1}R_4 + V_{o_1}R_3 = \frac{R_3+R_4}{R_1+R_2}\left(V_{i_2}R_2 + V_{o_2}R_1\right) \; ;$$

$$V_{o_1} = \frac{R_3+R_4}{R_3(R_1+R_2)}\left(V_{i_2}R_2 + V_{o_2}R_1\right) - V_{i_1}\frac{R_4}{R_3} \; ;$$

$$\cancel{\frac{R_3+R_4}{R_5R_3(R_1+R_2)}(V_{i_2}R_2 - V_{o_2}R_1) = V_{o_2}\left(\frac{1}{R_5}+\frac{1}{Z_2}\right)+V_i\frac{R_4}{R_3R_5}}$$

$$I_o = \frac{1}{R_5}\left[\frac{R_3+R_4}{R_3(R_1+R_2)}(V_{i_2}R_2+V_{o_2}R_1) - V_{i_1}\frac{R_4}{R_3} - V_{o_2}\right] =$$

$$= \frac{1}{R_5}\left[V_{i_2}\frac{R_2(R_3+R_4)}{R_3(R_1+R_2)} - V_{i_1}\frac{R_4}{R_3} + V_{o_2}\left(\frac{R_1(R_3+R_4)}{R_3(R_1+R_2)} - 1\right)\right]$$

⇝ Condición $R_o = \infty$: $+\frac{V_{o_2}}{R_o} = +\frac{V_{o_2}}{R_5}\left(\frac{R_1(R_3+R_4)}{R_3(R_1+R_2)} - 1\right)$;

$$R_o = R_5\left[1-\frac{R_3(R_1+R_2)}{R_1(R_3+R_4)}\right];$$

$$\cancel{R_o = R_5\left[\frac{R_1R_3+R_1R_4-R_1R_3-R_3R_2}{R_1(R_3+R_4)}\right] = \frac{R_3R_5(R_1R_4-R_3R_2)}{R_1(R_3+R_4)} = \infty};$$

$$\cancel{R_o = R_5\,\frac{R_3(R_1+R_2)}{R_1(R_3+R_4)} - 1}$$

$$R_o = R_5\cdot\frac{1}{\left(\frac{R_1(R_3+R_4)}{R_3(R_1+R_2)} - 1\right)} = \frac{R_3R_5(R_1+R_2)}{R_1(R_3+R_4)-R_3(R_1+R_2)} = \infty;$$

$$R_1(R_3+R_4) = R_3(R_1+R_2);\quad \cancel{R_1R_3}+R_1R_4 = \cancel{R_3R_1}+R_2R_3;$$

$$R_1R_4 = R_2R_3;\quad \frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$$

⤳ Función transferencia (sustituimos $\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$ en I_o):

$$\cancel{I_o = \frac{1}{R_5} V_{i2} \left(\frac{1+\frac{R_3}{R_4}}{\underbrace{1+\frac{R_1}{R_2}}_{\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}}} \right) = 1 \cdot \frac{R_2}{\frac{R_1 R_2}{R_4}} - V_{i1} \frac{R_2}{R_1 R_5} =}$$

$$\cancel{= (V_{i2} - V_{i1}) \frac{R_2}{R_1 R_5} (R_4 R_2 - 1)}$$

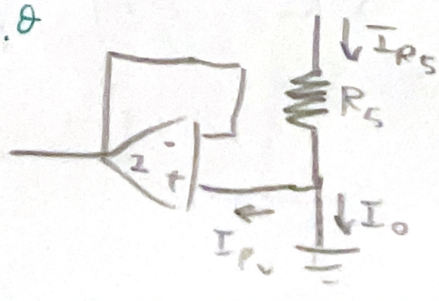
$$I_o = V_{i2} \frac{R_2 (R_3 + R_4)}{R_3 R_5 (R_1 + R_2)} - V_{i1} \frac{R_4}{R_3 R_5} =$$

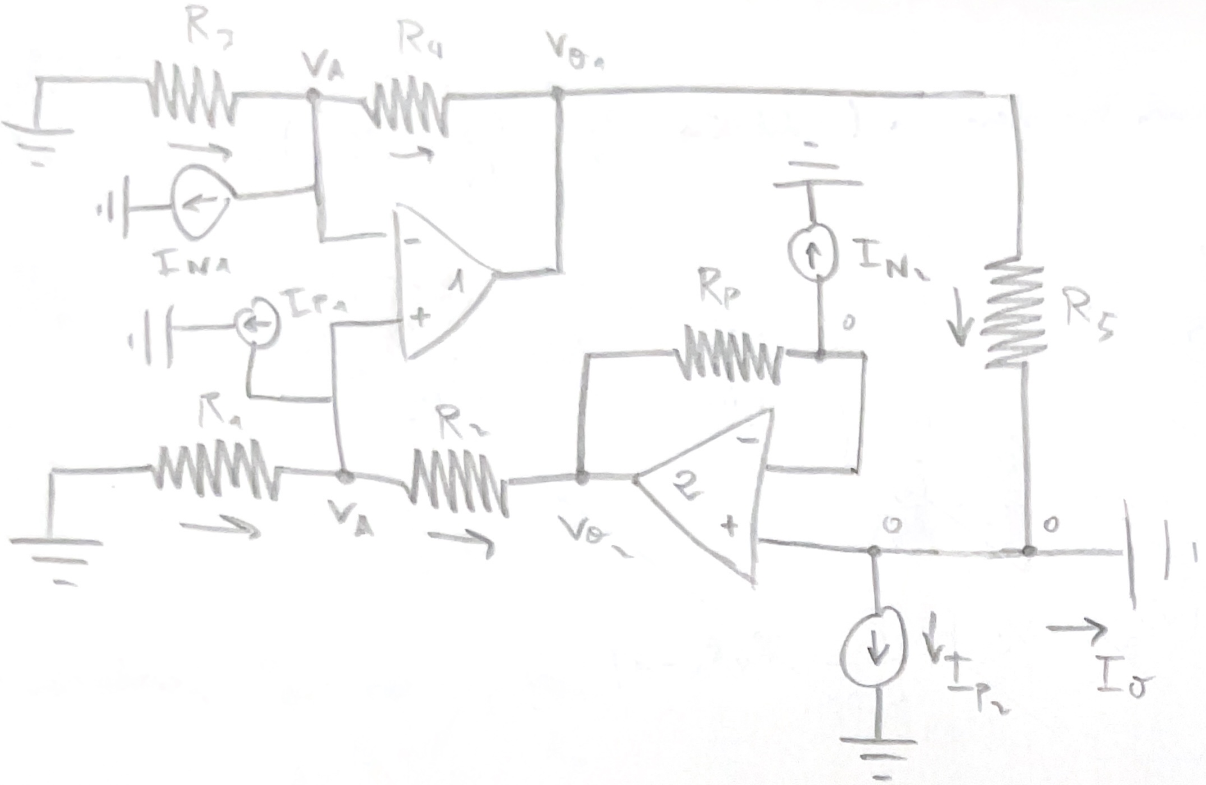
$$= V_{i2} \cdot \frac{\cancel{R_2}}{R_3 R_5} \cdot \frac{R_4 \cdot \cancel{\left(1 + \frac{R_3}{R_4}\right)}}{\cancel{R_2} \cdot \cancel{\left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right)}} - V_{i1} \frac{R_4}{R_3 R_5} = \frac{R_4}{R_3 R_5} (V_{i2} - V_{i1})$$

Considerando el circuito anterior bajo condición de resistencia de salida ∞, ¿cómo le afectará a su comportamiento las corrientes de polarización y offset de los A.O.s? Modela su efecto como una fuente de tensión de error equivalente en la entrada y determina su valor.

Por simplicidad de cálculos, cortocircuito a la salida.

¿Cómo podríamos modificar el circuito para mejorar su comportamiento en continua? Se adjunta circuito eq del A.O que tiene en cuenta corrientes de polarización e ideal en el resto de términos.





$$I_{N_1} + \frac{V_A - V_{o_1}}{R_4} = -\frac{V_A}{R_3} \;;\; V_A = \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4}\left(\frac{V_{o_1}}{R_4} - I_{N_1}\right)$$

$$I_{P_1} + \frac{V_A - V_{o_2}}{R_2} = -\frac{V_A}{R_1} \;;\; V_A = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}\left(\frac{V_{o_2}}{R_2} - I_{P_1}\right)$$

$$I_{P_2} + I_o = \frac{V_{o_1}}{R_5} \;;\; I_o = \frac{V_{o_1}}{R_5} - I_{P_2}$$

$$I_{N_2} = \frac{V_{o_2}}{R_p} \;;\; V_{o_2} = I_{N_2} R_p$$

$$\frac{V_{o_1}}{R_4} - I_{N_1} = \left(\frac{V_{o_2}}{R_2} - I_{P_1}\right)\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}\,\frac{R_3 + R_4}{R_3 R_4} \;;$$

$$V_{o_1} = \left(\frac{V_{o_2}}{R_2} - I_{P_1}\right)\frac{R_1 R_2}{R_3}\cdot\frac{R_3 + R_4}{R_1 + R_2} + I_{N_1} R_4$$

$$I_o = \left(\frac{I_{N_2} R_p}{R_2} - I_{P_1}\right) \frac{R_1 R_2}{R_3 R_5}\, \frac{R_3+R_4}{R_1+R_2} + I_{N_1}\frac{R_4}{R_5} - I_{P_2} =$$

$$= I_{N_2}\frac{R_p R_1}{R_3 R_5}\cdot\frac{R_3+R_4}{R_1+R_2} - I_{P_2} + I_{N_1}\frac{R_4}{R_5} - I_{P_1}\frac{R_1R_2}{R_3R_5}\cdot\frac{R_3+R_4}{R_1+R_2}$$

$$\frac{R_4}{R_5} - \frac{R_1R_2}{R_3R_5}\cdot\frac{R_3+R_4}{R_1+R_2} = 0;\quad R_4 = \frac{R_1R_2}{R_3}\cdot\frac{R_3+R_4}{R_1+R_2};$$

$$R_3R_4(R_1+R_2) = R_1R_2(R_3+R_4) \Rightarrow \underline{\underline{R_1=R_3,\quad R_2=R_4}}$$

$$\frac{R_pR_1}{R_3R_5}\,\frac{R_3+R_4}{R_1+R_2} - 1 = 0;\quad \frac{R_p}{R_5}=1;\quad \underline{\underline{R_p = R_5}}$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{I_o = \underbrace{I_{N_2} - I_{P_2}}_{I_{off_2}} + \underbrace{I_{N_1}\frac{R_4}{R_5} - I_{P_1}\frac{R_2}{R_5}}_{-\frac{R_2}{R_5} I_{off_1}}}}$$

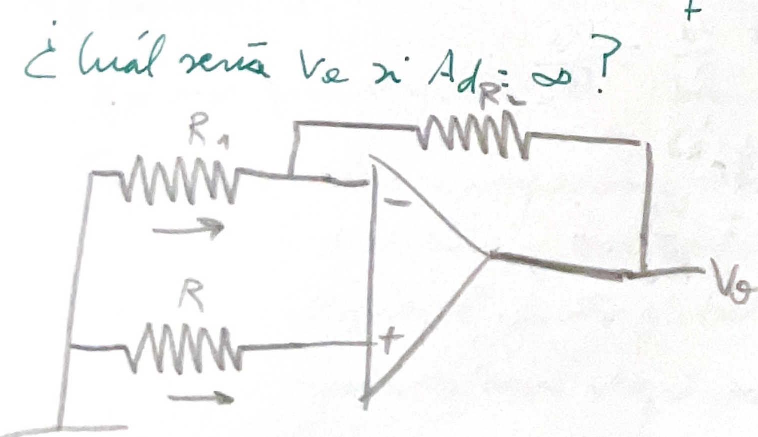
I_{off_1}

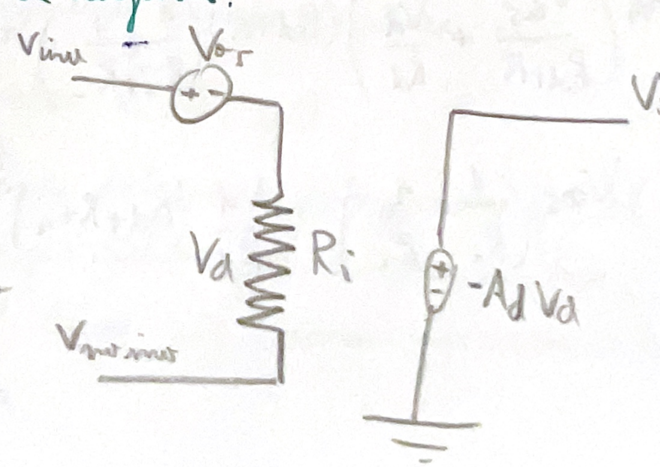
2

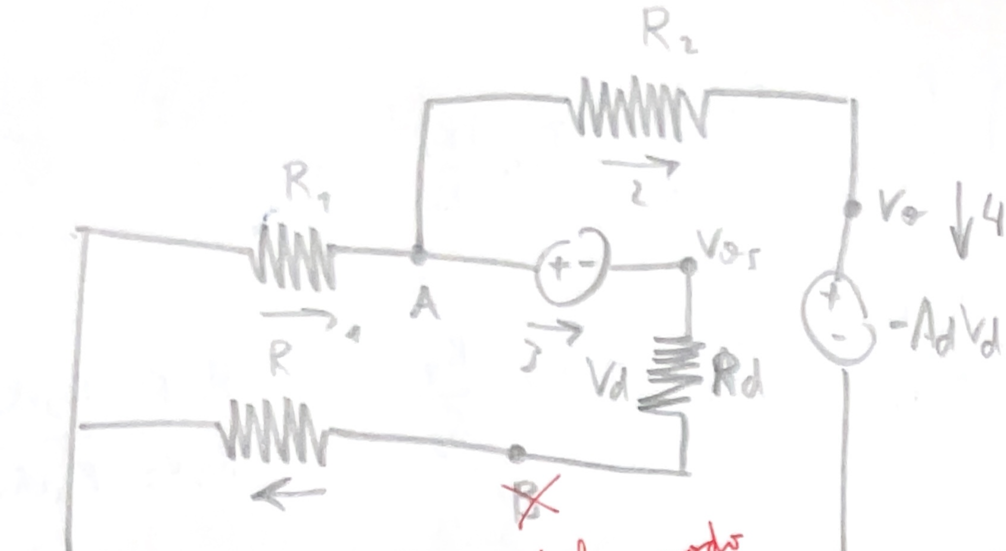
¿Tensión salida originada por la tensión offset del A.O?

Considera el modelo de A.O que se adjunta.

¿Cuál será Vo si $A_d = \infty$?







No hay modo bueno

$i_1 = i_2 + i_3$; $-\frac{V_A}{R_1} = \frac{V_A - V_{os}}{R_d+R} + \frac{V_A - V_o}{R_2}$;

$\frac{V_A - V_{os}}{R_d+R} = \frac{V_d}{R_d}$; $\frac{V_A}{R_d+R} = \frac{V_{os}}{R_d+R} + \frac{V_d}{R_d}$; $\cancel{V_A = V_{os} + V_d \frac{R_d+R}{R}}$

$V_A = V_{os} + V_d \frac{R_d+R}{R}$

$V_o = -V_d A_d$; $V_d = -\frac{V_o}{A_d}$

$V_A\left(\frac{1}{R_d+R} + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right) = \frac{V_{os}}{R_d+R} + \frac{V_o}{R_2}$;

$\cancel{\left(\frac{V_{os}}{R_d+R} + \frac{V_d}{R_d}\right)\left(\frac{1}{R_d+R} + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right) = \frac{V_{os}}{R_d+R} + \frac{V_d}{R_2}}$;

$\cancel{V_A\left(\frac{1}{R_1+R_2}\right)}$ $V_A\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right) + \frac{V_d}{R_d} = \frac{V_o}{R_2}$;

$\left(\frac{V_{os}}{R_d+R} + \frac{V_d}{R_d}\right)(R_d+R)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right) + \frac{V_d}{R_d} = \frac{V_o}{R_2}$;

$V_{os}\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right) + \frac{V_d}{R_d}(R_d + R + 1)^{\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)} = \frac{V_o}{R_2}$;

$$V_{os}\left(\frac{R_1+R_2}{R_1R_2}\right) - \frac{V_o}{A_dR_d}\left[\frac{(R_1+R_2)(R_d+R+1)}{R_1R_2}\right] = \frac{V_o}{R_2} \;;$$

$$V_o\left[1+\frac{1}{A_dR_d}\left(\frac{(R_1+R_2)(R_d+R+1)}{R_1}\right)\right] = V_{os}\,\frac{R_1+R_2}{R_1} \;;$$

$$V_o\left[1+\frac{(R_1+R_2)(R_d+R)+(R_1+R_2)}{A_dR_dR_1}\right] = V_{os}\,\frac{R_1+R_2}{R_1} \;;$$

$$V_o = V_{os}\,\frac{R_1+R_2}{\cancel{R_1}}\cdot\frac{A_dR_d\cancel{R_1}}{A_dR_dR_1+(R_1+R_2)(R_d+R)+R_1+R_2} \;;$$

$$V_o = \frac{A_dR_d(R_1+R_2)}{A_dR_dR_1+(R_1+R_2)(R_d+R)+R_1+R_2}\cdot V_{os}$$

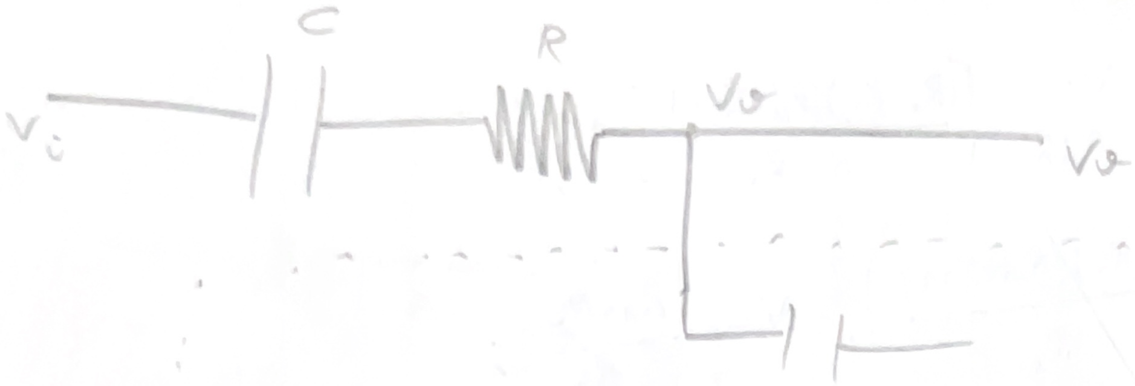
Si $A_d \to \infty \Rightarrow V_o = \left(1+\frac{R_2}{R_1}\right)V_{os}$

3

El circuito implementa término cuadrático activo basado en el uso de convertidores de impedancia generalizados.

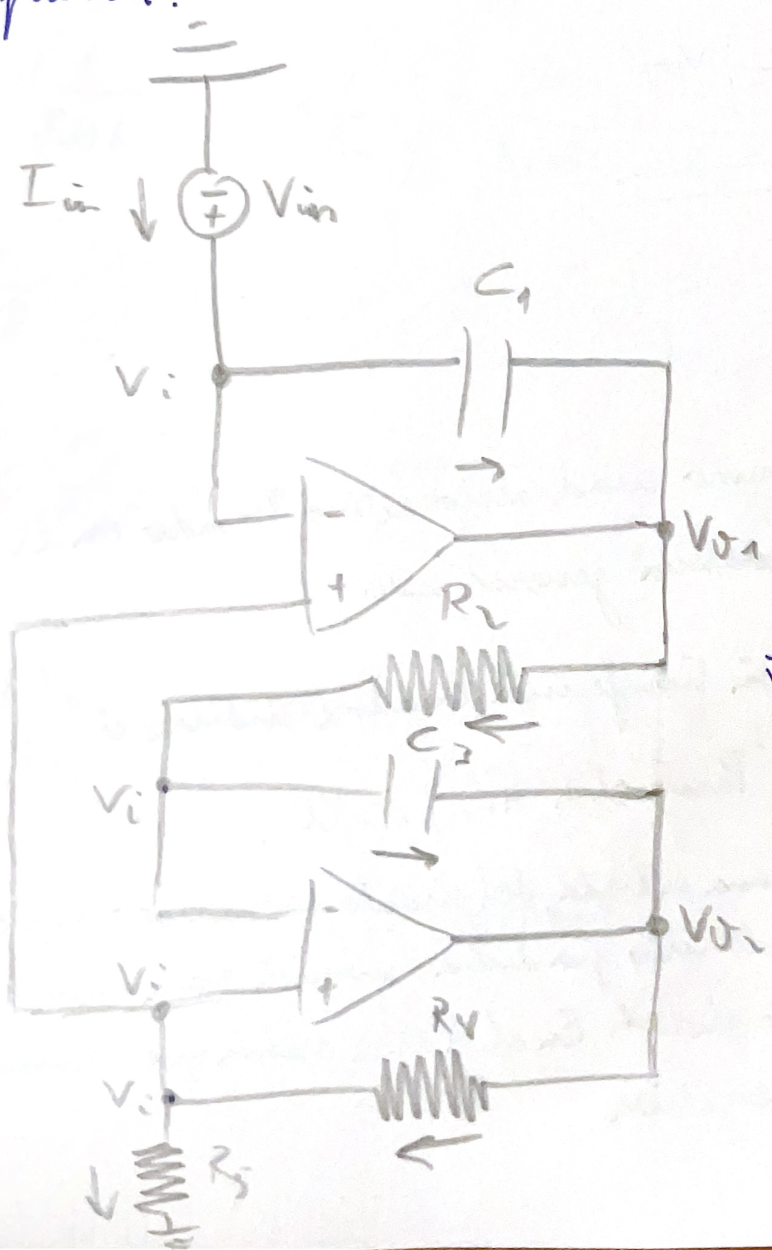
a) Suponiendo A.O.I, función transferencia circuito e indica el término que implementa. Parámetros H_o, f_o, Q.

Sugerencia: obtener impedancia entrada del circuito enmarcado por el rectángulo y sustituirlo por dicha expresión para analizar después el circuito global. En el A.O. 2 asumir que domina la realimentación negativa.



circuito enunciado

Para obtener la impedancia de entrada introducimos una fuente de prueba:



Asumiendo A.O.Is:

C.C.V $\Rightarrow V(+) = V(-)$

$$\left\{\begin{array}{l} I_i = (V_i - V_{o1}) C_1 s \\ \dfrac{V_{o1} - V_i}{R_2} = (V_i - V_{o2}) C_2 s \\ \dfrac{V_{o2} - V_i}{R_4} = \dfrac{V_i}{R_5} \end{array}\right\}$$

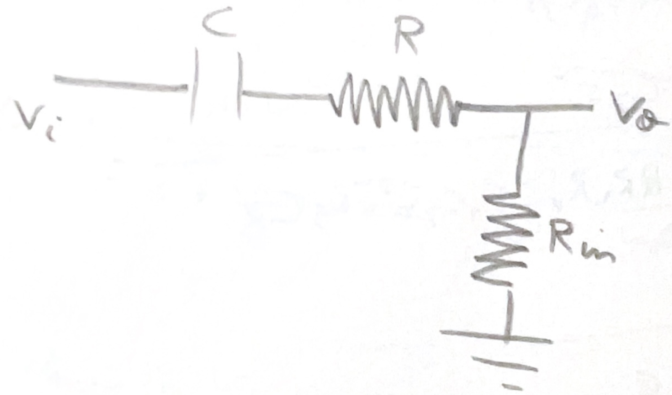
$V_i \dfrac{R_4+R_5}{R_4R_5} = \dfrac{V_{o2}}{R_4}$; $V_{o2} = V_i \dfrac{R_4+R_5}{R_5}$

$V_{o1} - V_i = V_i\left(1-\dfrac{R_4+R_5}{R_5}\right) R_2 C_3 s$; $V_{o1} = V_i\left(\dfrac{R_4R_2C_3s}{R_5}+1\right)$

$$I_i = V_i \frac{R_2R_4C_1C_3s^2}{R_5}$$

Entonces: $R_i = \dfrac{V_i}{I_i} = \dfrac{R_5}{R_2R_4C_1C_3s^2}$

Hacemos la sustitución en el circuito:



Buscamos expresión de la forma: $G(s) = \dfrac{V_o}{V_i}$

$\dfrac{V_i - V_o}{\frac{1}{Cs}+R} = \dfrac{V_o}{R_i}$; $\cancel{\dfrac{V_i}{\frac{1}{Cs}+R} = V_o\left(\dfrac{1}{\frac{1}{Cs}+R}+\dfrac{1}{R_i}\right) = V_o\left(\dfrac{1}{R_i}+\dfrac{1}{\frac{1}{Cs}+R}\right)}$;

$\cancel{\dfrac{V_i}{\frac{1+RCs}{Cs}} = V_o \dfrac{1}{\frac{R_iCs+1+RCs}{Cs}}}$; $\cancel{V_i = V_o \dfrac{1+RCs}{1+Cs(R+R_i)}}$

$\dfrac{V_i}{\frac{1}{Cs}+R} = \dfrac{V_o}{R_i} + \dfrac{V_o}{\frac{1}{Cs}+R}$; $V_i = V_o\left(\dfrac{\frac{1}{Cs}+R}{R_i}+1\right) = V_o\left(\dfrac{\frac{1+RCs}{Cs}+R_i}{R_i}\right)$;

$$V_i = \frac{1+Cs(R+R_i)}{R_i C s} V_o \; ; \; V_o = V_i \frac{R_i C s}{1+Cs(R_i+R)}$$

$$G(s) = \frac{V_o}{V_i} = \frac{R_i C s}{1+Cs(R_i+R)} =$$

$$= \frac{R_5}{R_2 R_4 C_1 C_3 s^2} \cdot \frac{Cs}{1+Cs(R_i+R)} =$$

$$= \frac{R_5 Cs}{R_2 R_4 C_1 C_3 s^2} \cdot \frac{1}{1+CsR+\frac{R_5 Cs}{R_2 R_4 C_1 C_3 s^2}} =$$

$$= \frac{R_5 Cs}{\cancel{R_2 R_4 C_1 C_3 s^2}} \cdot \frac{\cancel{R_2 R_4 C_1 C_3 s^2}}{R_2 R_4 C_1 C_3 s^2 + R R_2 R_4 C C_1 C_3 s^3 + R_5 Cs} =$$

$$= \frac{\frac{R_5 \cancel{C}}{R R_2 R_4 \cancel{C} C_1 C_3}}{s^2 + \frac{\cancel{R_2 R_4 C_1 C_3}}{R \cancel{R_2 R_4 C_1 C_3} C} s + \frac{R_5 \cancel{C}}{R R_2 R_4 \cancel{C} C_1 C_3}} =$$

$$= \frac{\frac{R_5}{R R_2 R_4 C_1 C_3}}{s^2 + \frac{1}{RC} s + \frac{R_5}{R R_2 R_4 C_1 C_3}} \Rightarrow$$

FILTRO PASA BAJA

$$\frac{H_0 \omega_0^2}{s^2 + \frac{\omega_0}{Q} s + \omega_0^2}$$

b) Parámetros y diagrama Bode para:

$C = 0'1 \mu F$

$R = 7'87 k\Omega$

$C_1 = C_3 = 10 nF$

$R_2 = R_4 = R_5 = 49'9 k\Omega$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{R_5}{R R_2 R_4 C_1 C_3}} = \sqrt{\frac{1}{R R_2 C_1^2}} = \underline{5046'17 \text{ rad/s}}$$

$$f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} = \underline{803'12 \text{ Hz}}$$

$$\frac{\omega_0}{Q} = \frac{1}{RC} \; ; \; Q = \omega_0 RC = \sqrt{\frac{1}{R R_2 C_1^2}} \cdot RC = \underline{3'97 \simeq 4}$$

$$H_0 \omega_0^2 = \frac{R_5}{R R_2 R_4 C_1 C_3} \quad H_0 = \frac{R_5}{R R_2 R_4 C_1 C_3} \; ; \; \underline{H_0 = 1 \text{ V/V}}$$

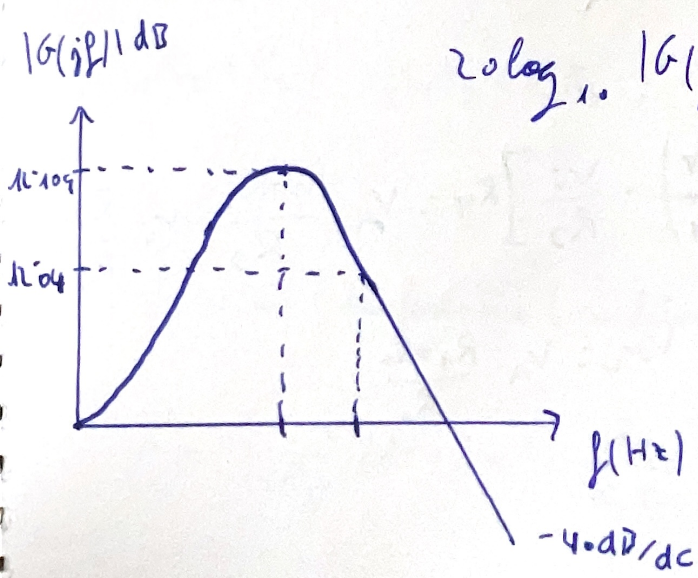
Como $Q > 0'707$ tenemos pico de resonancia:

$$G(s) = \frac{H_0 \omega_0^2}{s^2 + \frac{\omega_0}{Q} s + \omega_0^2} = \frac{H_0}{\frac{s^2}{\omega_0^2} + \frac{s}{\omega_0 Q} + 1}$$

$$\omega_{máx} = \omega_0 \sqrt{1 - \frac{1}{2Q^2}} =$$

Pto máximo $\Rightarrow 20 \log_{10} |G(j f_{máx})| = 20 \log_{10} \left| \frac{H_0 Q}{\sqrt{1 - \frac{1}{4Q^2}}} \right| = 12'109 \text{ dB}$

$$20 \log_{10} |G(j f_0)| = 20 \log_{10} |H_0 Q| = 12'04 \text{ dB}$$



- $\frac{\omega}{\omega_0} \gg 1 \Rightarrow |G(j\omega)|_{dB} \simeq -40 \log \frac{\omega}{\omega_0}$
- $\frac{\omega}{\omega_0} \ll 1 \Rightarrow |G(j\omega)|_{dB} \to 0$

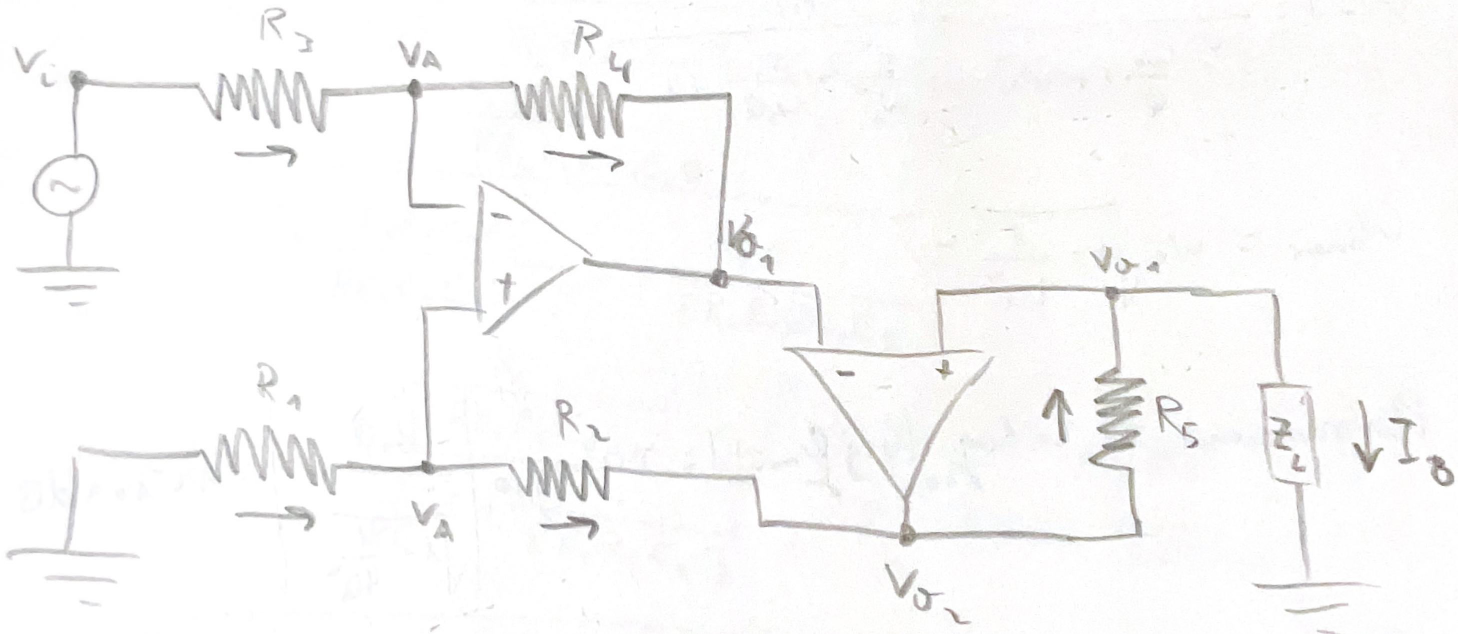
④ DICIEMBRE 2016

JUNIO 2024

①

Amplificador a transductancia que realiza función de conversión V/I. Obtener expresión corriente en la carga y establecer condición de resistencia de salida ∞. Bajo esa situación de $R_o \to \infty$ obtener expresión de función transferencia del A.O a transductancia resultante.

Asumir A.O.I.s



(1) $\frac{V_i - V_A}{R_3} = \frac{V_A - V_{o1}}{R_4}$; $V_{o1} = \left[V_A\left(\frac{R_3+R_4}{R_3 R_4}\right) - \frac{V_i}{R_3}\right]R_4 = V_A\frac{R_3+R_4}{R_3} - V_i\frac{R_4}{R_3}$

(2) $-\frac{V_A}{R_1} = \frac{V_A - V_{o2}}{R_2}$; $V_A \cdot \frac{R_1+R_2}{R_1 R_2} = \frac{V_{o2}}{R_2}$; $V_{o2} = V_A\frac{R_1+R_2}{R_1}$