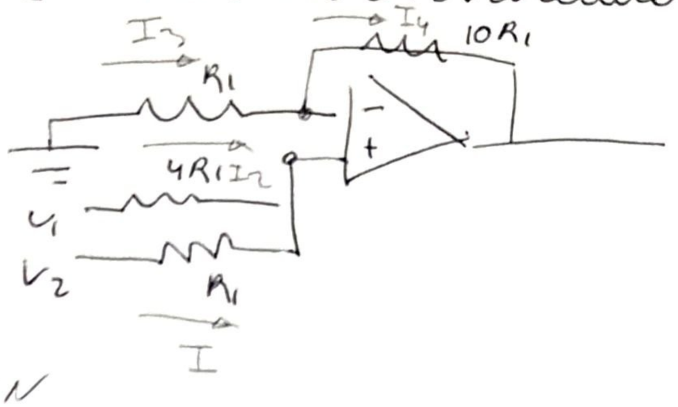
Ej Amplificadores operacionales

Ej 1 Hallar V_0 en el circuito de la figura



Suponemos que es un AO ideal y por tanto $R_{int} = \infty$

$I^+ = I^- = 0$

Retroalimentado negativamente región lineal $V_+ \simeq V_-$

LKN

$I_1 + I_2 = 0 \qquad \frac{V_2 - V_+}{R_1} + \frac{V_1 - V_+}{4R_1} = 0$

$\frac{4(V_2 - V_+) + V_1 - V_+}{4R_1} = 0 \qquad 4V_2 - 4V_+ + V_1 - V_+ = 0$

$-5V_+ + 4V_2 + V_1 = 0 \qquad -5V_+ = -4V_2 - V_1 \qquad V_+ = \frac{4V_2 + V_1}{5}$

LKN

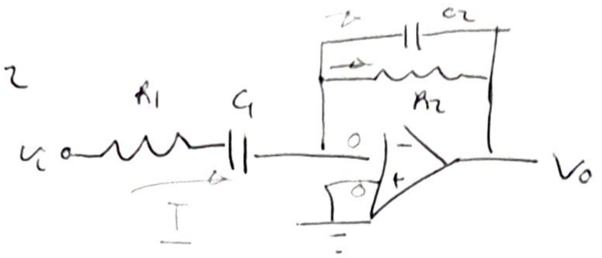
$I_3 = I_4 \qquad \frac{0 - V_-}{R_1} = \frac{V_- - V_0}{10R_1} \qquad \frac{-V_-}{R_1} - \frac{V_- + V_0}{10R_1} = 0$

$\frac{-10V_- - V_- + V_0}{10R_1} = 0 \qquad -11V_- + V_0 = 0 \qquad V_0 = 11V_-$

Como tiene retroalimentación negativa $V_- = V_+$

$V_0 = 11V_- = 11V_+ = 11\left(\frac{4V_2 + V_1}{5}\right)$

Ej 2



realimentación negativa

$V_+ = V_-$ y AO Ideal luego $i_- = i_+ = 0$

$$I = I_2 + I_3 \qquad \frac{V_i}{R+Z_c} = \frac{-V_o}{R_2} - \frac{V_o}{Z_{C_2}}$$

$$R+Z_c = R + \frac{1}{jwc} = \frac{Rjwc_1+1}{jwc_1} \qquad \frac{V_i}{Z_{eq}} = \frac{-V_o}{R_2} - \frac{V_o}{Z_{C_2}}$$

$$\frac{V_i}{Z_{eq}} = \frac{-V_o}{R_2} - V_o jwC_2 \qquad \frac{V_i}{Z_{eq}} = \frac{-V_o - V_o jwC_2R_2}{R_2}$$

$$\frac{V_i}{Z_{eq}} = V_o\left(\frac{-1-jwC_2R_2}{R_2}\right)$$

$$\frac{(Z_{eq})^{-1}}{\left(\frac{-1-jwC_2R_2}{R_2}\right)} = Av \qquad \frac{\frac{jwC_1}{Rjwc_1+1}}{\frac{-1-jwC_2R_2}{R_2}} =$$

$$\frac{jwC_1R_2}{(Rjwc_1+1)(-1-jwC_2R_2)} = \frac{jwC_1R_2}{-Rjwc_1+Rw^2C_1C_2R_2-1-jwC_2R_2} =$$

$$Av = \frac{jwC_1R_2}{-Rjwc_1+Rw^2C_1C_2R_2-1-jwC_2R_2} = \frac{jwC_1R_2}{jw(-RC_1+R_2C_2)+Rw^2C_1C_2R_2-1}$$

$$jw(-2x)+x^2w^2-1 = -\; jw(2x)+x^2w^2+1$$

b) Si $R_1C_1 = R_2C_c$ calcular hasta que frecuencia debe ser restringida para que el circuito funcione como diferenciador

$R_1C_1 = x$

$$V_o(jw) = cte \cdot jwV_i(jw)$$

$$Av = -\frac{jwC_1R_2}{(1+jwx)^2} \qquad x = C_1R_1 = C_2R_2$$

$$\frac{C_1R_2}{(1+jwx)^2} \cdot jw\,V_i \qquad \frac{1}{x} = \text{Fcorte}$$

$$\frac{}{(1+jwx)^2}$$

Ej 2

$$Av = \frac{jwC_1R_2}{(1-w^2C_1C_2R_1R_2)+jw(C_1R_1+C_2R_2)}$$

Si $C_1=0 \rightarrow A_V=0$

Si $C_2=0 \rightarrow AV = -\frac{jwC_1R_2}{1+jwC_1R_1}$ paso alto

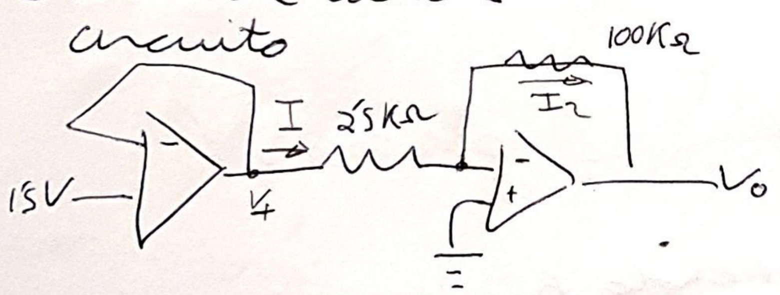
Si $C_1=\infty$ $\frac{jwR_2}{-w^2C_2R_1R_2+jw\cancel{C}R_1}$ = Filtro paso bajo

$$\frac{\cancel{w}(jR_2)}{\cancel{w}R_1(wR_2+jC_2)}$$

Si $C_2=\infty$ $AV=0$

3 Determinar amplitud y onda de salida cuando a la entrada le suministramos una señal triangular de ±3V y frecuencia igual a 25Hz (*)

1) Calcular la tensión de salida V_o en el siguiente circuito



realimentación negativa luego $V_+=V_-$
y AO ideal luego $i_-=i_+=0$

$V_-=V_+=1'5V$ $\qquad I_1=I_2$ $\qquad I_1=\frac{V_+-0}{2'5\cdot10^3}$

$$I_2=\frac{\cancel{V_2}^{\,0}-V_o}{100\cdot10^3}$$

$$\frac{V_- -0}{2'5\cdot10^3}=\frac{-V_o}{100\cdot10^3} \qquad V_+=1'5$$

$$\frac{1'5}{2'5\cdot10^3}=\frac{-V_o}{100\cdot10^3} \qquad V_o=-100\cdot10^3\,\frac{1'5}{2'5\cdot10^3}=-60V$$

$$A_V = \left(\frac{R_1+R_2}{R_1}\right)^2 \frac{jwC_1R_3}{(1+jwC_1R_3)(1+jwC_2R_3)}$$

$C_1 / C_2 / f = 20Hz, 20KHz$

$w_c \rightarrow |A_V|_{fc} = \frac{|A_V|_{max}}{\sqrt{2}}$

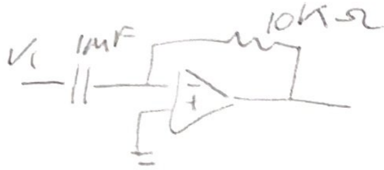
$$\frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{R_1+R_2}{R_1} = \frac{R_1+R_2}{R_1} \frac{wC_1R_3}{\sqrt{1+w^2C_1^2R_3}} \quad f_1 \rightarrow C_1 = \frac{1}{2\pi f_1 R_3} =$$

$= 7'96 \cdot 10^{-7} F \ldots$

(*)

3 hoja 3

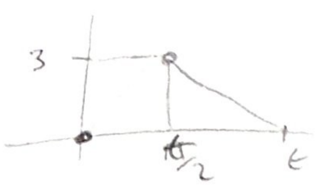
$f = 25Hz \quad T = \frac{1}{f} = 0'04 s$



$i^+ = i^- \quad V^+ \approx V^-$

$$\frac{V_i}{Z_c} = \frac{-V_o}{10K\Omega} \quad -R(jwCV_i) = V_o$$

$$C \frac{d(V_i - V^-)}{dt} = C \cdot \frac{dV_i}{dt} = -\frac{V_o}{R} \quad V_o = -CR \frac{dV_i}{dt}$$



$$V_i = \frac{3}{t/2} \cdot t =$$

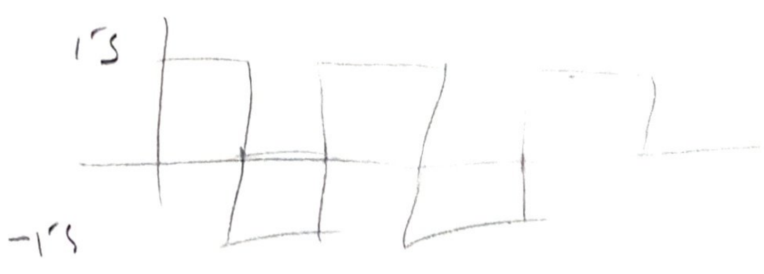
$$V_i = 3 - \frac{6}{t}(t - t/2) \quad V_i - 3 = \frac{-3}{T - T/2}(t - \frac{T}{2})$$

$0 \leq t \leq t/2$

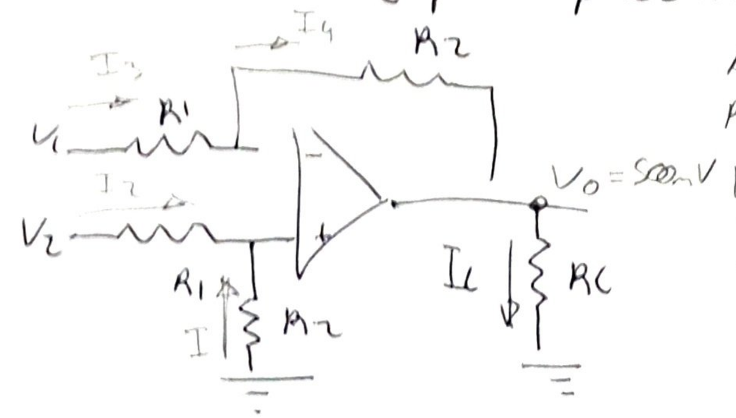
$\frac{t}{2} \leq t \leq t$

$$V_o = -CR \frac{dV_i}{dt} \quad -CR \cdot \frac{6}{T} \quad 0 \leq t \leq t/2$$

$$-CR\left(-\frac{6}{t}\right) = CR\frac{6}{T}$$



5) Valor de V_2 para producir 500mV a la salida



AO ideal luego $i_- = i_+ = 0A$
Retroalimentación negativa
$V_+ \approx V_-$

$R_1 = 50K\Omega$ $R_2 = 150K\Omega$ $V_1 = 40mV$

$$I_2 + I_1 = 0 \qquad I_2 = \frac{V_2 - V_+}{R_1} \qquad I_1 = \frac{-V_+}{R_2}$$

$$I_3 = I_4 \qquad I_3 = \frac{V_1 - V_-}{R_1} = I_4 = \frac{V_- - V_0}{R_2}$$

$$\frac{40\cdot10^{-3} - x}{50\cdot10^3} = \frac{x - 500\cdot10^{-3}}{150\cdot10^3} \qquad 6\cdot10^3 - 150\cdot10^3 x = 50\cdot10^3 x - 2'5\cdot10^4$$

$$3'1\cdot10^4 = 200\cdot10^3 x \qquad x = 1'55\cdot10^{-1} V$$

$$\frac{V_2 - 1'55\cdot10^{-1}}{50\cdot10^3} = \frac{-1'55\cdot10^{-1}}{150\cdot10^3} \qquad 150\cdot10^3 V_2 - 2'325\cdot10^4 = 7'75\cdot10^3$$

$$V_2 = \frac{7'775\cdot10^3 + 2'325\cdot10^4}{150\cdot10^3} = 0'20683V$$

b) Calcular I_L suponiendo $R_L = 4K\Omega$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{V_0}{R_L} = \frac{500\cdot10^{-3}}{4\cdot10^3} = 1'25\cdot10^{-4} A$$

c) Calcular la corriente suministrada por el AO

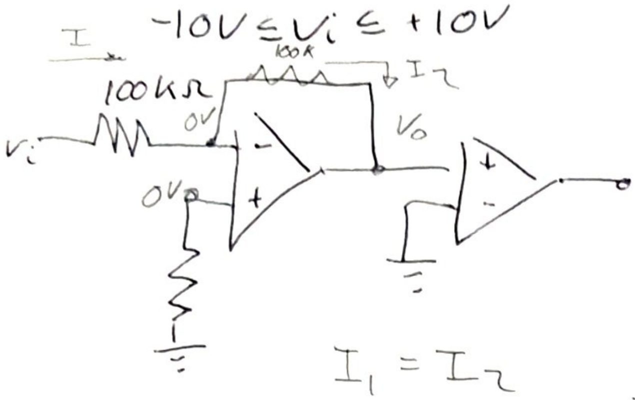
$$I_{salida} + I_4 = I_L \qquad I_{salida} = I_L - I_4$$

$$I_{salida} = 1'25\cdot10^{-4} - \frac{1'55\cdot10^{-1} - 500\cdot10^{-3}}{150\cdot10^3}$$

$$I_{salida} = 1'273\cdot10^{-4} A$$

6 En el circuito de la figura, los amplificadores operacionales alimentados con $\pm V_{cc} = \pm 12V$ la tensión de entrada toma valores en el rango

$-10V \leq V_i \leq +10V$



El primero está en retroalimentación negativa y el segundo en lazo abierto

Son ideales luego $i_+ = i_- = 0A$

$0A = 0V$

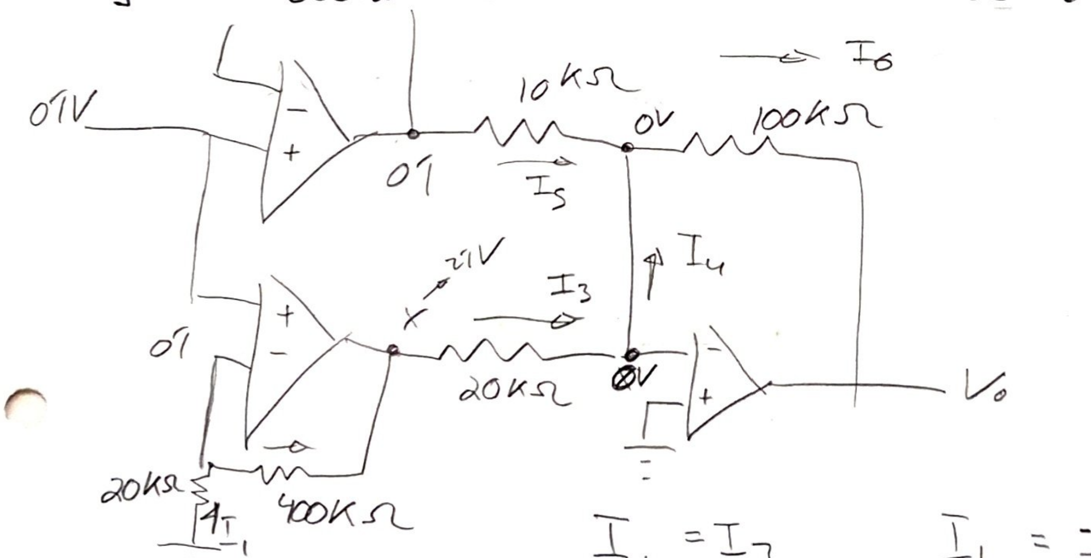
$I_1 = I_2$ $\qquad \dfrac{V_i}{\cancel{100k\Omega}} = \dfrac{-V_o}{\cancel{100k\Omega}}$ $\qquad V_i = -V_o$

El segundo suponemos que está en saturación

$12V$ V_{cc+} V_- si $V_+ > V_- \rightarrow V_i < 0$

$-12V$ V_{cc-} si $V_+ < V_- \rightarrow V_i > 0$

Ej 7 Calcular la tensión de salida V_o



$I_1 = I_2$ $\qquad I_1 = \dfrac{-0'1}{20 \cdot 10^3}$

$I_2 = \dfrac{0'1 - x}{400 \cdot 10^3}$ $\qquad -\left(\dfrac{-0'1}{20 \cdot 10^3} \cdot 400 \cdot 10^3 - 0'1\right) = x$

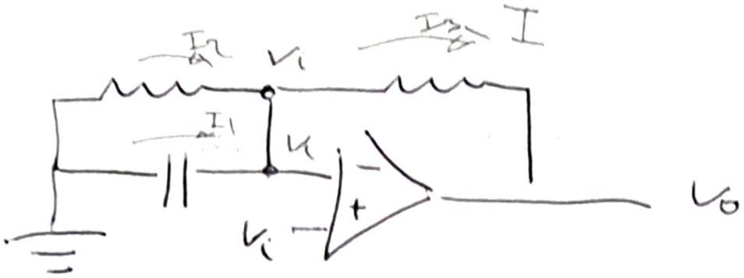
$x = 2'1V$

$I_3 = I_4 = \dfrac{2'1 - 0}{20 \cdot 10^3} = 1'05 \cdot 10^{-4} A$

$I_5 = \dfrac{0'1}{10k\Omega} = 10^{-5} A$ $\qquad I_4 + I_5 = I_6 = 1'15 \cdot 10^{-4} A$

$\dfrac{0 - V_o}{100 \cdot 10^3} = 1'15 \cdot 10^{-4}$ $\quad V_o = -(1'15 \cdot 10^{-4} \cdot 100 \cdot 10^3) = -11'5V$

8 En el circuito de la figura, el amplificador es ideal



Retroalimentación negativa

$V^- = V^+$

$I_2 + I_1 = I_3$ $\qquad I_2 = \frac{0 - V_i}{R}$ $\qquad I_1 = \frac{-V_i}{Z_C}$

$\frac{-V_i}{R} - \frac{V_i}{Z_C} = \frac{V_i - V_o}{R}$ $\qquad Z_C = \frac{1}{jwC}$

$\frac{-V_i}{R} - jwCV_i = \frac{V_i - V_o}{R}$

$\frac{-V_i - RjwCV_i}{\cancel{R}} = \frac{V_i - V_o}{\cancel{R}}$

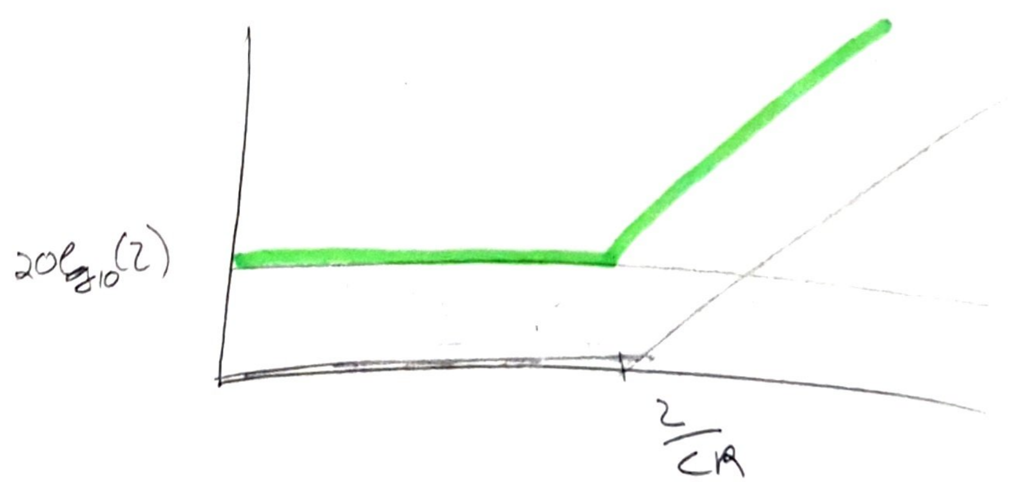
$-V_i - RjwCV_i - V_i = -V_o$ $\qquad V_i + RjwCV_i + V_i = V_o$

$V_i(1 + RjwC + 1) = V_o$ $\qquad \frac{V_o}{V_i} = 2 + RjwC = 2\left(1 + \frac{RjwC}{2}\right)$

$|Av| = \sqrt{2^2 + \left(\cancel{2}\frac{RwC}{\cancel{2}}\right)^2}$ $\qquad 20\log_{10}(2) + 20\log_{10}\left(\sqrt{1 + \left(\frac{w}{\frac{2}{CR}}\right)^2}\right)$

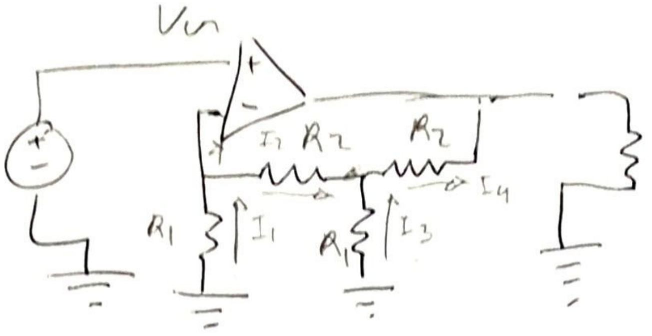
$\lim_{f \to 0} |Av| = 2$

$\lim_{f \to \infty} |Av| = \infty$



Ej 1 obtener la expresión de la ganancia de tensión

Realimentación negativa
$V^+ = V^-$



$I_1 = I_3 + I_4$ $\qquad I_1 = \frac{-V_{in}}{R_1}$ $\qquad I_2 = \frac{V_{in} - V_x}{R_2}$ $\qquad I_2 = I_1$

$I_3 = \frac{0 - V_x}{R_1}$ $\qquad I_4 = \frac{V_x - V_o}{R_2}$

$\frac{-V_{in}}{R_1} = \frac{V_{in} - V_x}{R_2}$ $\qquad \frac{-V_{in}}{R_1} - \frac{V_{in}}{R_2} = \frac{-V_x}{R_2}$

$\frac{-V_{in} R_2 - V_{in} R_1}{R_1 R_2} = -\frac{V_x}{R_2}$ $\qquad -V_{in} \frac{(R_2 + R_1)}{R_1 R_2} = -\frac{V_x}{R_2}$

$\frac{V_{in}(R_2 + R_1)}{R_1} = V_x$

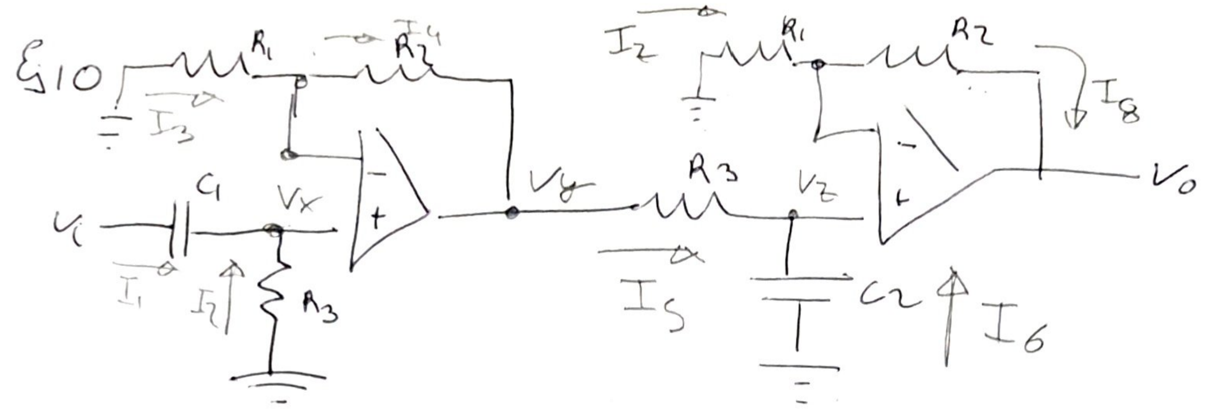
$I_1 = I_3 + I_4$ $\qquad \frac{-V_{in}}{R_1} = \frac{-V_x}{R_1} + \frac{V_x - V_o}{R_2}$

$$\frac{-V_{in}}{R_1} = \frac{\frac{-V_{in}(R_2+R_1)}{R_1}}{R_1} + \frac{\frac{-V_{in}(R_2+R_1)}{R_1} - V_o}{R_2}$$

$$\frac{-V_{in}}{R_1} = \frac{-V_{in}(R_2+R_1)}{R_1^2} + \frac{-V_{in}(R_2+R_1)}{R_1 R_2} - \frac{V_o}{R_2}$$

$$\frac{-V_{in} R_1 + V_{in}(R_2+R_1)}{R_1^2} = \frac{-V_{in}(R_2+R_1)}{R_1 R_2} - \frac{V_o}{R_2}$$

$$\frac{V_o}{V_{in}} = -\frac{(R_2^2 + R_2 R_1 + R_1^2)}{R_1^2} = -111\ V\ ?$$



$I_1 + I_2 = 0$ $\quad \frac{V_i - V_x}{Z_C} + \frac{V_x}{R_3} = 0$ $\quad jwC(V_i - V_x) - \frac{V_x}{R_3} = 0$

$jwCV_i - jwCV_x - \frac{V_x}{R_3} = 0$ $\quad jwCV_i = jwCV_x + \frac{V_x}{R_3}$

$jwCV_i = \frac{R_3 jwCV_x + V_x}{R_3}$ $\quad R_3 jwCV_i = V_x(R_3 jwC + 1)$

$\frac{R_3 jwCV_i}{R_3 jwC + 1} = V_x = \frac{R_3 V_i}{R_3 + Z_{C_1}}$

$I_3 = I_4$ $\quad \frac{0 - V_x}{R_1} = \frac{V_x - V_y}{R_2}$

$-V_x R_2 = R_1 V_x - R_1 V_y$ $\quad \frac{V_x(R_1 + R_2)}{R_1} = V_y$

$I_5 + I_6 = I^+$, A.O ideal, $I^+ = 0$

$I_5 = -I_6 \to \frac{V_y - V_z}{R_3} = -\frac{0 - V_z}{Z_{C2}} \to \frac{V_y - V_z}{R_3} = \frac{V_z}{Z_{C2}}$

$\frac{V_y}{R_3} = \frac{V_z}{Z_{C2}} + \frac{V_z}{R_3} \to \frac{V_y}{R_3} = V_z\left(\frac{1}{Z_{C2}} + \frac{1}{R_3}\right)$

$\frac{V_y}{R_3} = V_z \frac{R_3 + Z_{C2}}{Z_{C2} R_3} \to V_z = \frac{V_y \cdot Z_{C2} \cancel{R_3}}{\cancel{R_3}(R_3 + Z_{C2})}$

$V_z = \frac{V_x(R_1 + R_2)}{R_1} \cdot \frac{Z_{C2}}{R_3 + Z_{C2}} = \frac{R_3 V_i}{R_3 + Z_{C1}} \cdot \frac{R_1 + R_2}{R_1} \cdot \frac{Z_{C2}}{R_3 + Z_{C2}}$

$I_7 + \cancel{I_-}^{\,0} = I_8 \qquad I_7 = \frac{0 - V_-}{R_1} = \frac{0 - V^+}{R_1} \qquad I_8 = \frac{V_- - V_0}{R_2}$

$V_+ = V_- = V_z$ al estar en rehoalimentación negativa

$$\frac{-V_z}{R_1} = \frac{V_z - V_0}{R_2} \rightarrow -R_2 V_z = R_1 V_z - R_1 V_0 \rightarrow R_1 V_0 = V_z (R_1 + R_2)$$

$$V_0 = V_z \frac{(R_1 + R_2)}{R_1} \rightarrow V_0 = \frac{R_3 V_i}{R_3 + Z_{c1}} \cdot \frac{R_1 + R_2}{R_2} \cdot \frac{Z_{c2}}{R_3 + Z_{c2}} \cdot \frac{R_1 + R_2}{R_1}$$

$$\frac{V_0}{V_i} = \frac{R_3}{R_3 + Z_{c1}} \cdot \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1}\right)^2 \cdot \frac{Z_{c2}}{R_3 + Z_{c2}} = \frac{R_3/R_3}{\frac{R_3}{R_3} + \frac{Z_{c1}}{R_3}} \cdot \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1}\right)^2 \cdot \frac{Z_{c2}/Z_{c2}}{\frac{R_3}{Z_{c2}} + \frac{Z_{c2}}{Z_{c2}}} =$$

$$= \left(\frac{1}{1 + \frac{Z_{c1}}{R_3}}\right) \cdot \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1}\right)^2 \cdot \left(\frac{1}{1 + \frac{R_3}{Z_{c2}}}\right) =$$

$$= \left(\frac{1}{1 + \frac{1}{jwC_1 R_3}}\right) \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1}\right)^2 \cdot \left(\frac{1}{1 + R_3 jwC_2}\right)$$

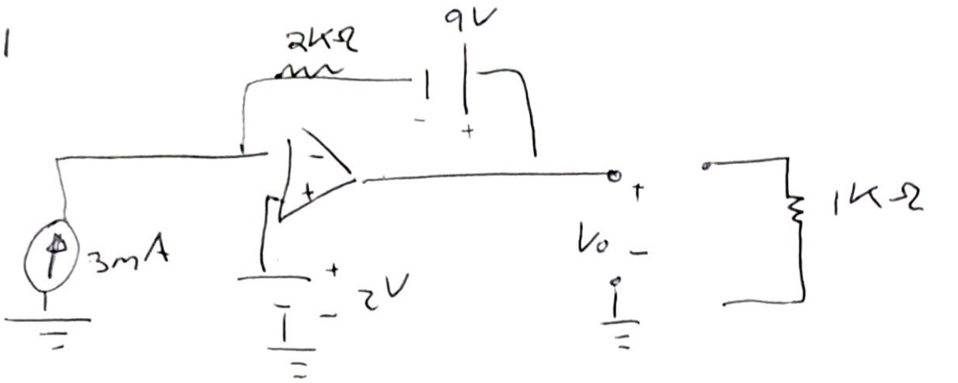
$$= \left(\frac{1}{\frac{jwC_1 R_3 + 1}{jwC_1 R_3}}\right) \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1}\right)^2 \left(\frac{1}{1 + R_3 jwC_2}\right) =$$

$$= \left(\frac{jwC_1 R_3}{jwC_1 R_3 + 1}\right) \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1}\right)^2 \left(\frac{1}{1 + R_3 jwC_2}\right)$$

No da lo mismo que la hoja, no sé ¯\(°_°)/¯

-20

Ej 11 5-11-20



ⓐ V_o
ⓑ I_o

Amplificador ideal $i^+ = i^- = 0$

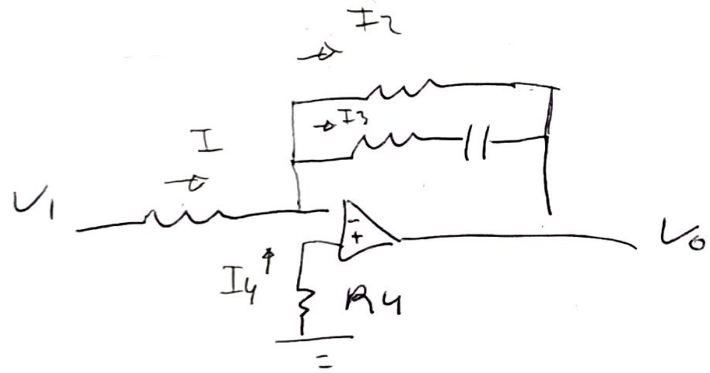
retroalimentación negativa $V_1^+ = V_1^-$

$V_1^+ = 2V = V_1^-$

ⓐ LKN $\quad I_1 = 3 \cdot 10^{-3} \qquad I_1 = \dfrac{V^- + 9 - V_o}{2 \cdot 10^{-3}} \qquad V_o = 5V$

ⓑ $I_1 + I_o = I_L \qquad 3 \cdot 10^{3} + I_o = \dfrac{V_o}{10^3} = \dfrac{5}{10^3} \qquad I_o = 2 \cdot 10^{-3} A$

12



realimentación negativa $V^+ \simeq V^-$

$I_1 = \dfrac{V_i}{R_1} \qquad I_1 = I_2 + I_3 \qquad I_2 = \dfrac{-V_o}{R_2} \qquad I_3 = \dfrac{V_o}{Z_C + R_3}$

signo negativo del Av

$\theta = \pi + \text{arctg}(\omega C R_3) - \text{arctg}(\omega_C (R_2+R_3))$

num. denominador

$\dfrac{V_i}{R_1} = \dfrac{-V_o}{R_2} - \dfrac{V_o}{R_3 + Z_C} \qquad \dfrac{V_1}{R_1} = -\dfrac{V_o}{R_2} - \dfrac{V_o\, j\omega C}{1 + j\omega C R_3} =$

$\dfrac{-V_o(1 + j\omega C R_3 + j\omega C R_2)}{R_2(1 + j\omega C R_3)} \qquad A_V = \dfrac{V_o}{V_1} = -\dfrac{R_2}{R_1} \dfrac{(1 + j\omega C R_3)}{(1 + j\omega C(R_2 + R_3))}$

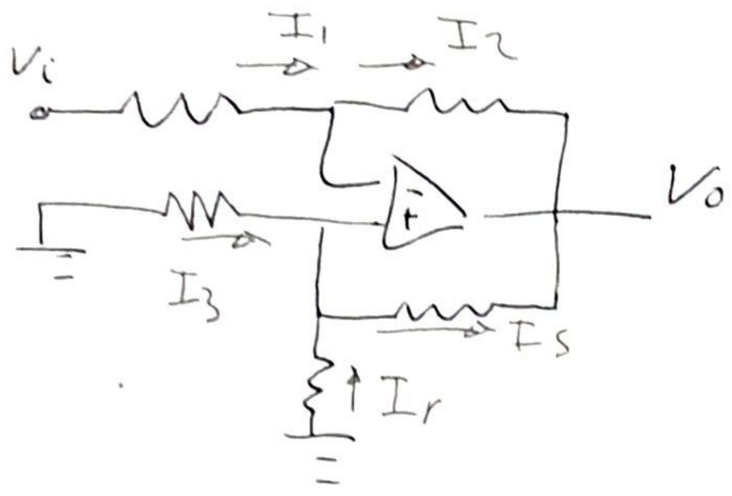
$|A_V| = \dfrac{R_2}{R_1} \dfrac{\sqrt{1 + (\omega C R_3)^3}}{(\sqrt{1 + [\omega C(R_2 + R_3)]^2}}$

$|A_V|_{dB} = 20 \log \dfrac{R_2}{R_1} + 20 \log \text{num}$

$- 20 \log \text{denominador}$

$f_Z = \dfrac{1}{2\pi C R_3} \qquad f_P = \dfrac{1}{2\pi C (R_2 + R_3)} \qquad |A_V| = \dfrac{R_2}{R_1} \dfrac{\sqrt{1 + (f/f_Z)^2}}{\sqrt{1 + (f/f_P)^2}}$

16)



$AOI \rightarrow I^+ = i^-$

$i^- = 0$ por ser ampl operacional

$I_1 = I_2$

$I_1 = \frac{V_i - V^-}{R_2}$ $\qquad I_2 = \frac{V^- - V_o}{R_3}$

$$V^- = \frac{R_3 V_i + R_2 V_o}{R_3 + R_2}$$

$i^+ = 0$ por ser ideal $\Rightarrow I_3 + I_r = I_s$ $\qquad \frac{0 - V^+}{R_2} + I_r = I_s$

$\frac{0 - V^+}{R_2} + I_r = \frac{V^+ - V_o}{R_3}$ $\qquad \frac{-V^+}{R_2} - \frac{V^+}{R} = \frac{V^+ - V_o}{R_3} =$

$$\Rightarrow V^+ = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}\left(-\frac{V^+}{R} + \frac{V_o}{R_3}\right)$$

No saber que realimentacion tener

si $-$ es más importante $\rightarrow V^+ \simeq V^- \rightarrow I_R = -\frac{V^+}{R} = \frac{V_i}{R_2}$

Si la aproximación es correcta $\rightarrow V_o = A_o(V^+ - V^-)$

$V_o = A_o(V^+ - V^-)$

$\frac{V_o}{V_i} = - \ \ldots$

$$\lim_{A_o \to \infty} AV = \frac{-(R_2 R + R_3 R + R_3 R_2)}{R_2{}^2}$$