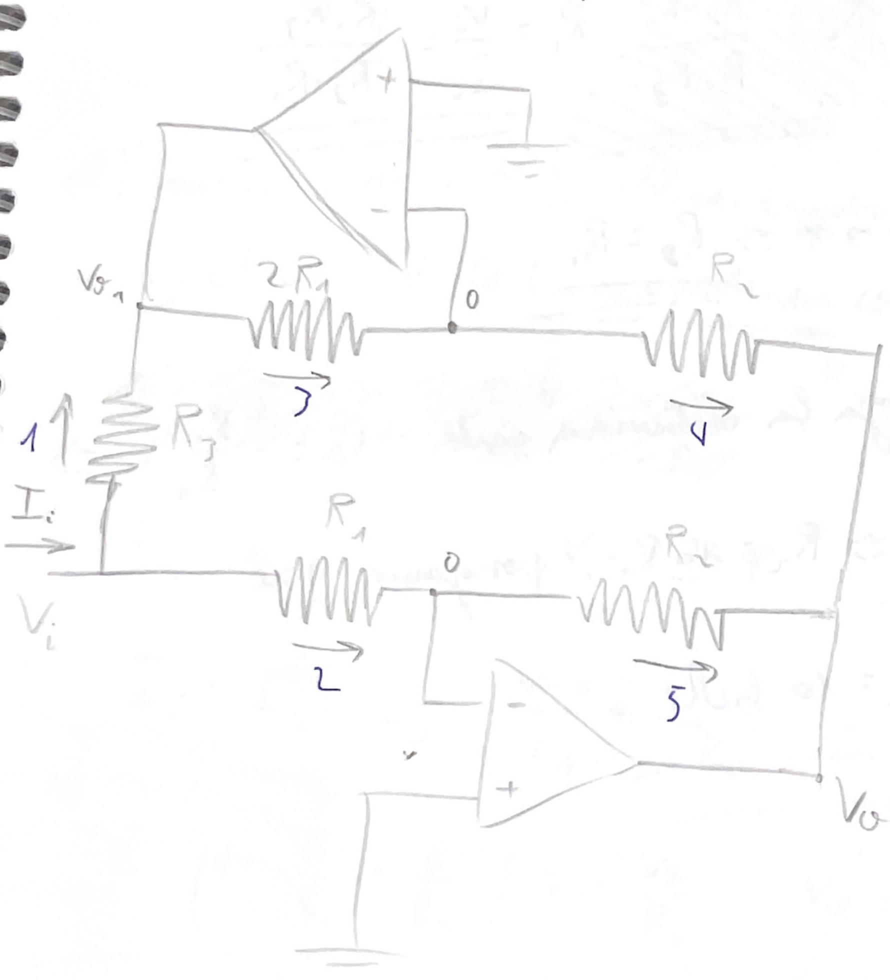
ENERO 2022

① ENERO 2016

Obtener la expresión de su impedancia de entrada. ¿Bajo qué condición esa impedancia se hace ∞?

Diseña el circuito para que $A_v = -10\,V/V$ con $R_i = \infty$. Asumir A.O.I



$$\begin{cases} I_i = I_1 + I_2 & (1) \\ I_3 = I_4 & (2) \\ I_2 = I_5 & (3) \end{cases}$$

$$I_i = I_1 + I_2 = \frac{V_i - V_{o1}}{R_3} + \frac{V_i - 0}{R_1}$$

$$I_3 = I_4 ; \quad \frac{V_{o1} - 0}{2R_1} = \frac{0 - V_o}{R_2} ; \quad V_{o1} = -V_o \frac{2R_1}{R_2}$$

$I_2 = I_5$; $\frac{V_i - 0}{R_1} = \frac{0 - V_o}{R_2}$; $V_i = -V_o \frac{R_1}{R_2}$; $V_o = -V_i \frac{R_2}{R_1}$

$\Rightarrow V_{o_1} = +V_i \frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{2R_1}{R_2} = +2V_i$

$I_i = \frac{V_i - 2V_i}{R_3} + \frac{V_i}{R_1} = -\frac{V_i}{R_3} + \frac{V_i}{R_1} = V_i\left(-\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_1}\right) =$

$= V_i\left(\frac{R_3 - R_1}{R_1 R_3}\right) \Rightarrow$ ~~$R_i = \frac{R_3 - R_1}{R_1 R_3}$~~ $R_i = \frac{V_i}{I_i} = \frac{R_1 R_3}{R_3 - R_1}$

$\leadsto$ La condición para $R_i \to \infty \Rightarrow R_3 = R_1$

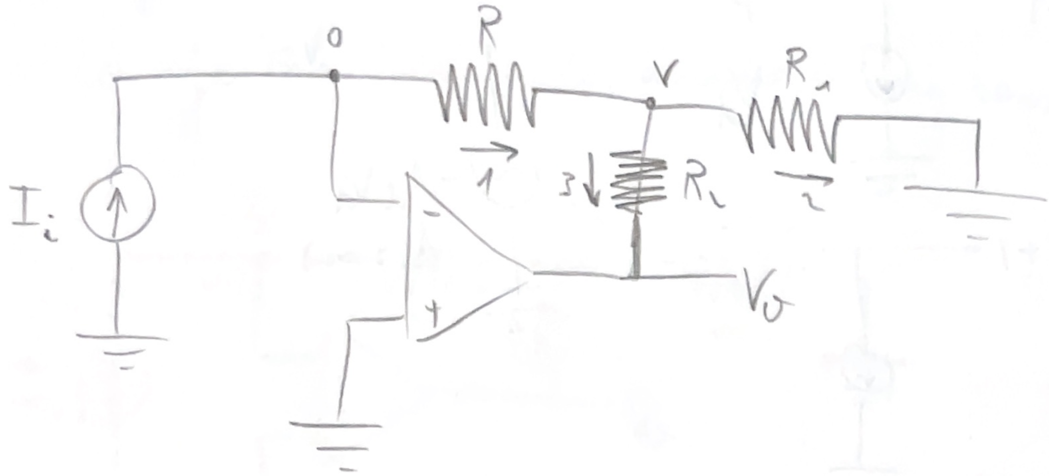
$\leadsto$ La cc $V_o = A_v V_{in}$ ya la obtuvimos antes: $V_o = -\frac{R_2}{R_1} V_i \Rightarrow$

$\Rightarrow A_v = \frac{R_2}{R_1} = 10 \Rightarrow R_2 = 10 R_1$, pongamos que

$R_1 = 1\,k\Omega$ y $R_2 = 10\,k\Omega$

2 ENERO 2019

Circuito convertidor I/V de alta sensibilidad



a) Considerando A.O.I, obtener expresión de la tensión de salida y el valor de la transimpedancia conseguido.

~~$I_i = I_1 + I_3 = \frac{0-V}{R} + \frac{V-V_o}{R_2}$~~

$$R_m = \frac{V_o}{I_i}$$

$$I_i = I_1 = \frac{0-V}{R} \; ; \; V = -I_i R$$

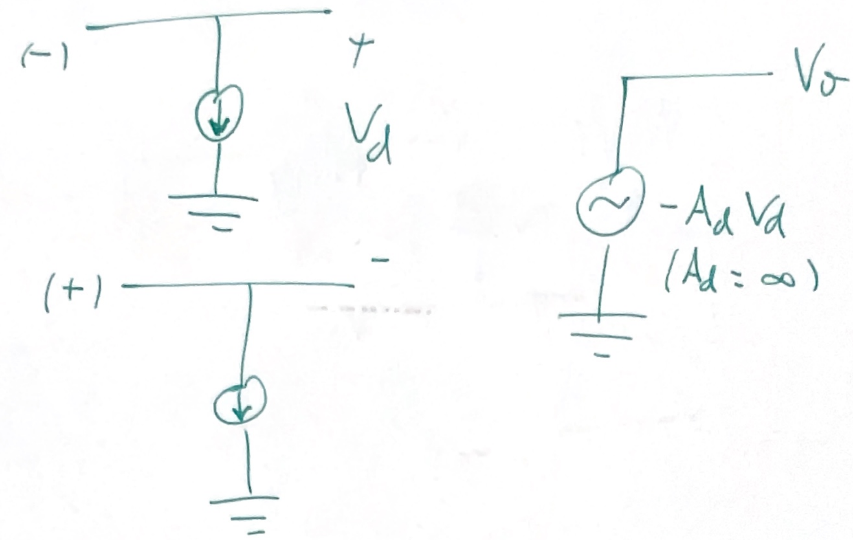
$$I_i = I_2 + I_3 = \frac{V-0}{R_1} + \frac{V-V_o}{R_2} = -\frac{I_i R}{R_1} + \frac{-I_i R - V_o}{R_2} \; ;$$

$$I_i \left(1 + \frac{R}{R_1} + \frac{R}{R_2}\right) = -\frac{V_o}{R_2} \; ; \; V_o = -I_i \left(R_2 + \frac{R R_2}{R_1} + R\right)$$

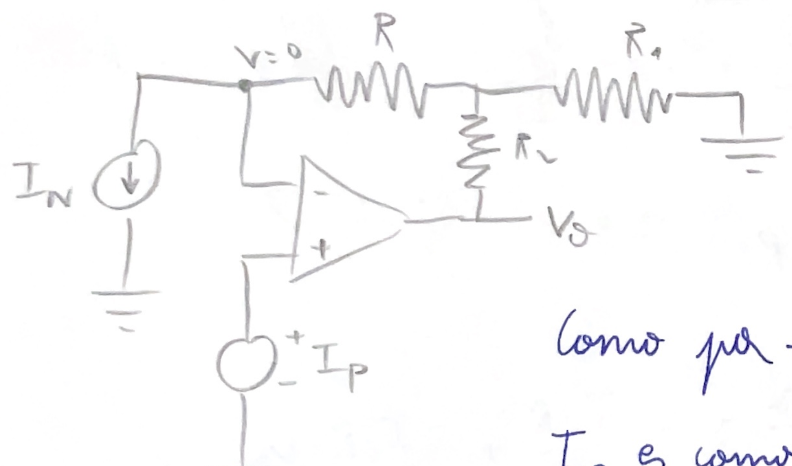
$$R_m = \frac{V_o}{I_i} = -\left(R_2 + \frac{R R_2}{R_1} + R\right)$$

b) ¿Cómo afecta al convertidor la existencia de corriente de polarización en el A.O, considerándolo ideal en todos los demás aspectos?

Modelo A.O:



Quitamos I_i a circuito abierto y añadimos I_N e I_P



Como por + no puede entrar corriente I_P es como si estuviera entre dos tierras por lo que no afecta e I_P es nula.

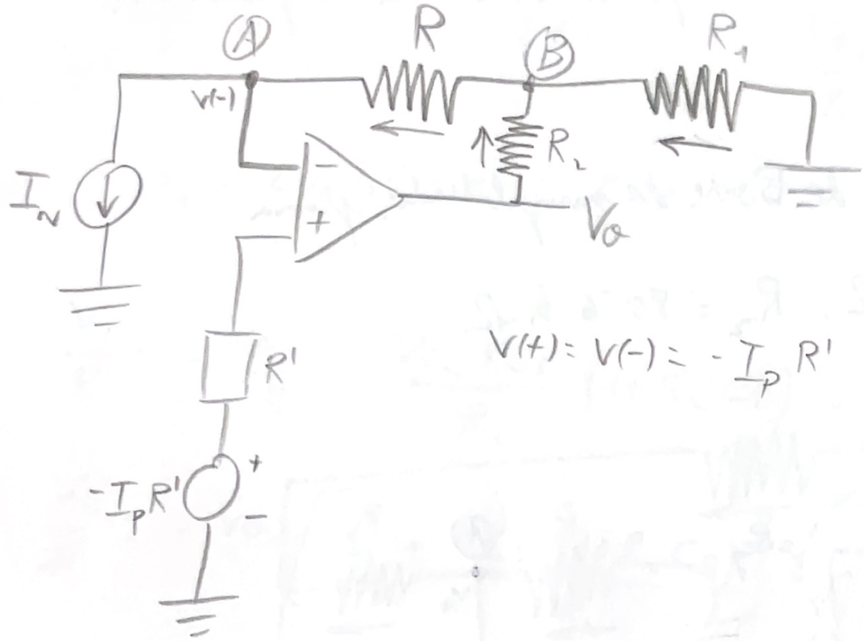
~~Por la misma~~ I_N también está entre dos tierras por lo que tampoco afectará y será nula.

~~CORRIENTES POLARIZACIÓN NULAS~~

NO ES CIERTO
(lo hemos hecho más adelante en ENERO 2019)

c) ¿Cómo podríamos modificar el circuito para minimizar su efecto?

Para estudiar la corriente de polarización primero eliminamos el generador de corriente (I_i), añadimos I_N e I_P y para que los efectos no sean nulos añadimos una resistencia prueba R'.



$V(+) = V(-) = -I_P R'$

(A) $I_N = \frac{V + I_P R'}{R}$; $V = I_N R - I_P R'$

(B) $I_N = \frac{0 - V}{R_1} + \frac{V_o - V}{R_2}$; $I_N = \frac{V_o}{R_2} - V\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$;

$$I_N = \frac{V_o}{R_2} - I_N R\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right) + I_P R'\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right) ;$$

$$V_o = I_N\left(R_2 + \frac{RR_2}{R_1} + R\right) - I_P R'\left(\frac{R_2}{R_1} + 1\right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow R_2 + \frac{RR_2}{R_1} + R = \frac{R'R_2}{R_1} + R' = R'\left(\frac{R_2}{R_1} + 1\right) ; \quad \underline{\underline{R' = \frac{R_1R_2 + RR_2 + RR_1}{R_1 + R_2}}}$$

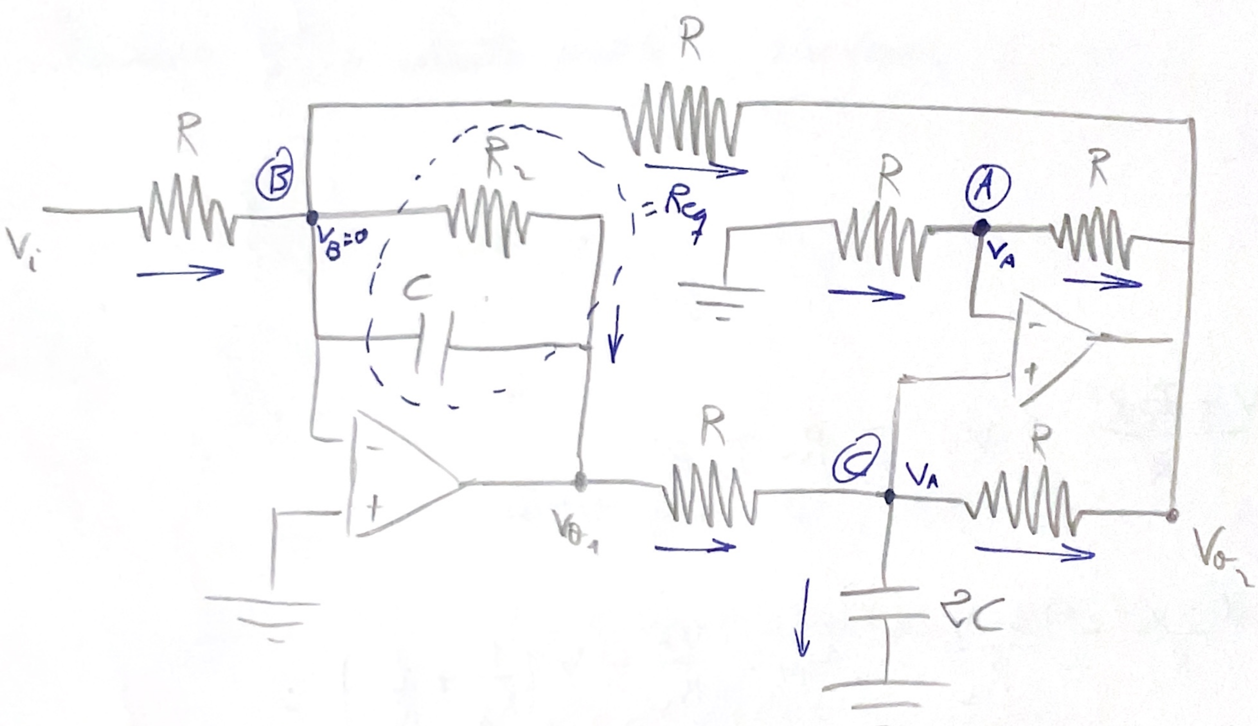
③ ENERO 2020

Asumiendo A.O.I.

a) Obtener su funciones de transferencia. ¿Que términos implementan? Obtener la expresión de todos los parámetros significativos.

b) Esboza sus diagramas de Bode de amplitudes para

$C = 1\,nF$, $R = 15'8\,k\Omega$, $R_2 = 80'6\,k\Omega$



a) $R_{eq} = \dfrac{1}{\frac{1}{R_2} + Cs} = \dfrac{R_2}{1 + R_2 C s}$

(A) $\dfrac{0 - V_A}{R} = \dfrac{V_A - V_{o_2}}{R}$; $V_{o_2} = 2V_A$

(B) $\dfrac{V_i - 0}{R} = \dfrac{0 - V_{o_2}}{R} + \dfrac{0 - V_{o_1}}{R_2}(1 + R_2 C s)$;

$$\frac{V_i}{R} = -\frac{V_{o_2}}{R} - \frac{V_{o_1}}{R_2}(1+R_2Cs)$$

(C) $$\frac{V_{o_1}-V_A}{R} = (V_A-0)\cdot 2Cs + \frac{V_A-V_{o_2}}{R} ; \quad \frac{V_{o_1}}{R} - \frac{V_A}{R} = V_A \cdot 2Cs + \frac{V_A}{R} - \frac{V_{o_2}}{R} ;$$

$$\frac{V_{o_1}}{R} + \frac{V_{o_2}}{R} = V_A\left(2Cs + \frac{2}{R}\right) ; \quad \frac{V_{o_1}}{R} + \frac{2\cancel{V_A}}{\cancel{R}} = 2V_A\left(Cs + \frac{1}{\cancel{R}}\right) ;$$

$$V_{o_1} = 2V_A RCs = V_{o_2} RCs$$

$$\frac{V_i}{R} = -\frac{V_{o_2}}{R} - \frac{V_{o_2} RCs}{R_2}(1+R_2 Cs) ;$$

$$\frac{V_i}{\cancel{R}} = -V_{o_2}\left[\frac{1}{R} + \frac{RCs\,(1+R_2Cs)}{R_2}\right] = -V_{o_2}\left(\frac{R_2 + R^2Cs + RR_2C^2s^2}{\cancel{R}R_2}\right) ;$$

$$V_i = -V_{o_2}\left(\frac{R_2 + R^2Cs + R^2R_2C^2s^2}{R_2}\right)$$

$$G_2 = \frac{V_{o_2}}{V_i} = -\frac{R_2}{R_2 + R^2Cs + R^2R_2C^2s^2} = -\frac{\frac{\cancel{R_2}}{R^2\cancel{R_2}C^2}}{s^2 + \frac{\cancel{R^2}Cs}{\cancel{R^2}R_2C^2} + \frac{R_2}{R^2\cancel{R_2}C^2}} =$$

$$G_2 = -\frac{\frac{1}{R^2C^2}}{s^2 + \left(\frac{1}{R_2C}\right)s + \frac{1}{R^2C^2}}$$

FILTRO PASA BAJA → $$\frac{H_0 w_0^2}{s^2 + \frac{w_0}{Q}s + w_0^2}$$

Como $\dfrac{V_{o_2}}{V_i} = \dfrac{V_{o_1}}{RCs\,V_i} \Rightarrow G_1 = RCs \cdot \left(- \dfrac{\frac{1}{R^2C^2}}{s^2 + \left(\frac{1}{R_2C}\right)s + \frac{1}{R^2C^2}} \right) \Rightarrow$

$$G_1 = - \frac{\left(\frac{1}{RC}\right)s}{s^2 + \left(\frac{1}{R_2C}\right)s + \frac{1}{R^2C^2}}$$

FILTRO PASA BANDA $\rightarrow \dfrac{\frac{H_0 w_0 s}{Q}}{s^2 + \frac{w_0}{Q}s + w_0^2}$

$\rightarrow$ Para filtro pasa baja: $G(s) = \dfrac{H_0 w_0^2}{s^2 + \frac{w_0}{Q}s + w_0^2}$

$w_0 = \dfrac{1}{RC}$, $H_0 w_0^2 = \dfrac{1}{R^2C^2} \Rightarrow H_0 = 1$

$\dfrac{w_0}{Q} = \dfrac{1}{R_2C}$; $Q = R_2 C w_0 = R_2 C \dfrac{1}{RC} = \dfrac{R_2}{R}$

$\rightarrow$ Para filtro pasa banda: $G(s) = \dfrac{H_0 \frac{w_0}{Q} s}{s^2 + \frac{w_0}{Q}s + w_0^2}$

$w_0 = \dfrac{1}{RC}$, $\dfrac{H_0 w_0}{Q} = \dfrac{1}{RC}$; $H_0 = \dfrac{R_2}{R} \cdot \dfrac{1}{RC} \cdot RC = \dfrac{R_2^{*}}{R}$

$Q = \dfrac{R_2}{R}$

* w_0, f_0, Q iguales que para G_1

b) $C = 1\,nF = 10^{-9}\,F$

$R = 15'8\,k\Omega = 15'8 \cdot 10^{3}\,\Omega$

$R_2 = 80'6\,k\Omega = 80'6 \cdot 10^{3}\,\Omega$

$$w_0 = \frac{1}{RC} = \frac{1}{10^{-9} \cdot 15'8 \cdot 10^{3}} = \underline{63291'14\,Hz}$$

$$f_0 = \frac{w_0}{2\pi} = \underline{10073'10\,Hz}$$

$$Q = \frac{R_2}{R} = \frac{80'6 \cdot 10^{3}}{15'8 \cdot 10^{3}} = \underline{5'101}$$

$$H_{0,G_1} = Q = \underline{5'101}$$

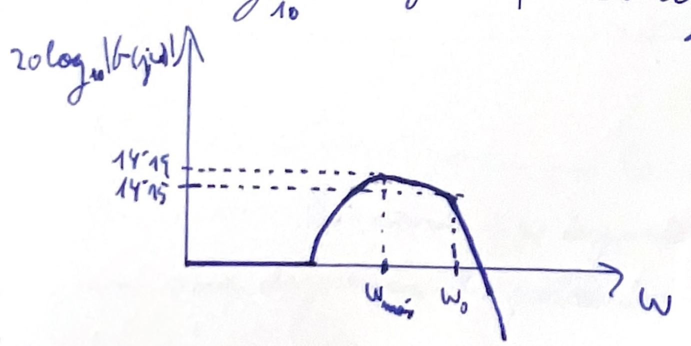
$$H_{0,G_2} = \underline{1}$$

$\rightsquigarrow G_2$:

$$w_{max} = w_0 \sqrt{1 - \frac{1}{2Q^2}} = 62680'09\,Hz$$

$$20 \log_{10} |G(j w_{max})| = 20 \log_{10} \left| \frac{H_0 Q}{\sqrt{1 - \frac{1}{4Q^2}}} \right| = 14'19\,dB$$

$$20 \log_{10} |G(j w_0)| = 20 \log_{10} |H_0 Q| = 14'15\,dB$$



$\rightarrow G_1$:

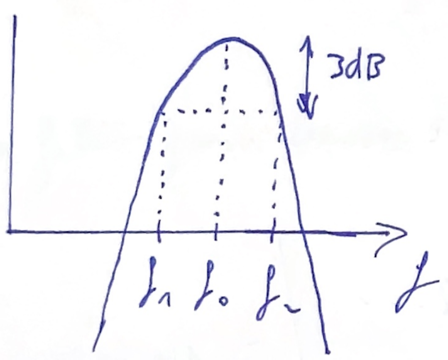
$$BW = f_2 - f_1 = \frac{f_0}{Q} = 1974'73\ Hz$$
$$f_1 f_2 = f_0^2 = 101'467 \cdot 10^6\ Hz^2$$
$$\left.\right\} \frac{f_0^2}{f_1} - f_1 = \frac{f_0}{Q};$$
$$f_1^2 + \frac{f_0}{Q} f_1 - f_0^2 = 0;$$

$$f_1^2 + 1974'73 f_1 - 101'467 \cdot 10^6 = 0;$$

$$f_1 = \frac{-1974'73 \pm \sqrt{1974'73^2 + 4 \cdot 101'467 \cdot 10^6}}{2} = \frac{-1974'73 \pm 20242'75}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow f_1 = 9134'01\ Hz$$

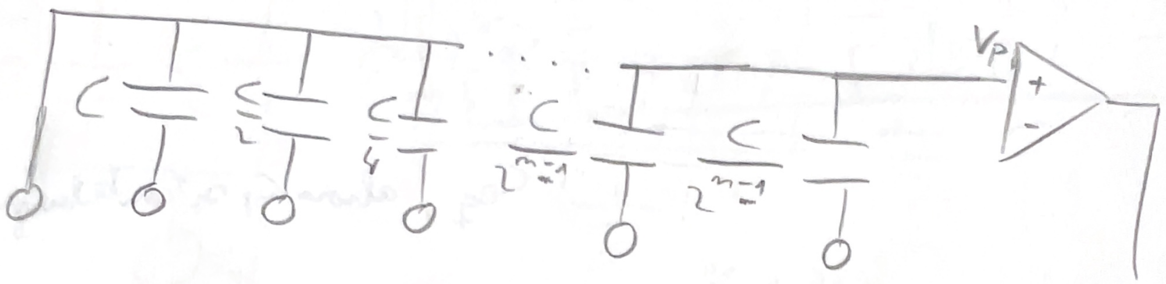
$$f_2 = \frac{f_0^2}{f_1} = 11108'70\ Hz$$

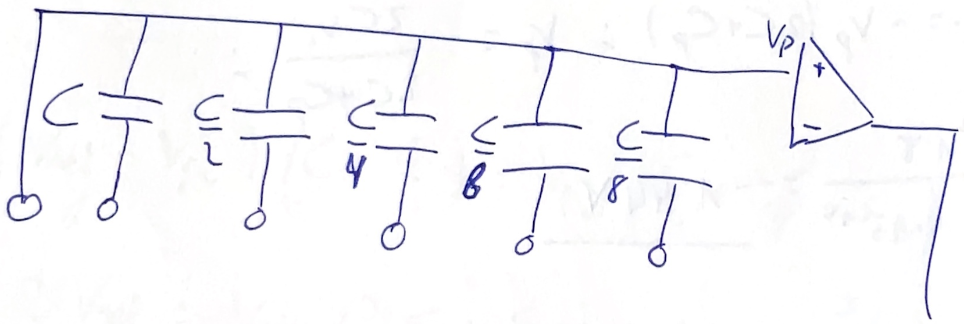


④ ENERO 2020

Considerar un ADC por redistribución de carga con $n = 4$, $V_{REF} = 5.0V$ y $C = 8pF$. Suponiendo la capacidad parásita $C_p = 4pF$ hacia la tierra, encontrar los valores intermedios en V_p si $V_i = 1.8V$.

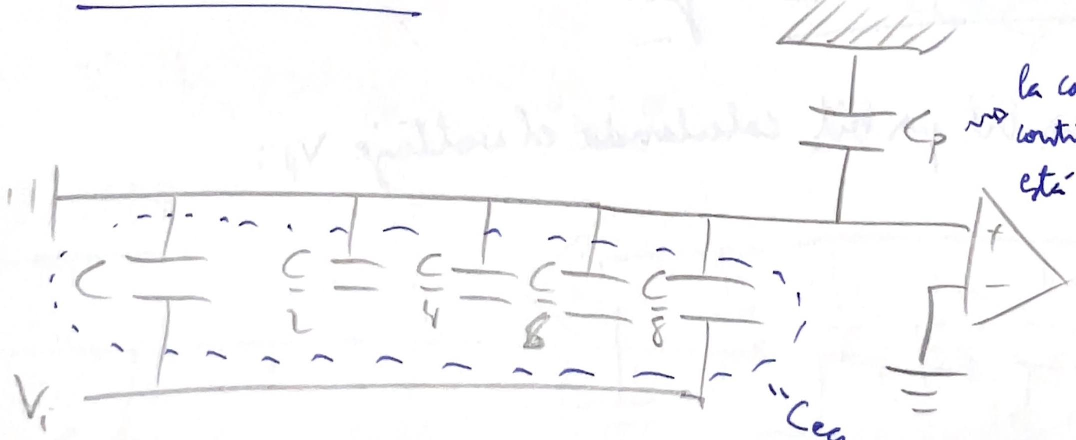
¿Qué código de salida se genera? ¿Cuál es el error de cuantificación?





3 ciclos { muestreo, retención, redistribución }

→ Ciclo de muestreo:



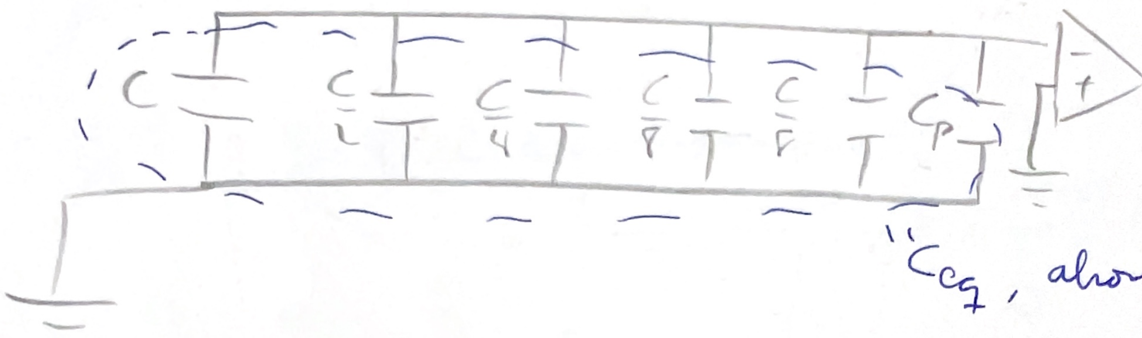
la capacidad parásita no contribuye en este ciclo porque está entre dos tierras

SW_0 está a tierra por lo que todos los condensadores conectados a tierra por arriba. Los demás SW dispuestos / los conds están por abajo a V_i, creándose así una diferencia de potencial.

Se acumula carga: $Q_s = V_i C_{eq} = V_i\left(C + \frac{C}{2} + \frac{C}{4} + \frac{2C}{8}\right) = 2CV_i$

Ciclo de retención:

Abrimos SW_0 y todos los sw de los condensadores se ponen a tierra. La carga que había en el circuito debe conservarse:



"C_{eq}, ahora C_p sí contribuye"

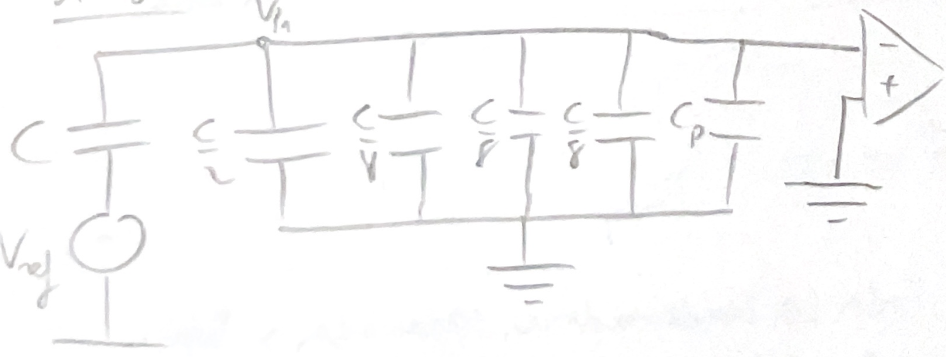
$$Q_s = Q_p \; ; \; 2CV_i = -V_p(\overbrace{2C}^{C+\frac{C}{2}+\frac{C}{4}+\frac{2C}{8}}+C_p) \; ; \; V_p = -\frac{2CV_i}{2C+C_p} \; ;$$

$$V_p = -\frac{2\cdot 8\cdot 10^{-12}\cdot 1'8}{2\cdot 8\cdot 10^{-12} + 4\cdot 10^{-12}} = \underline{-1'44\ V}$$

Ciclo de redistribución de carga:

Ahora vamos bit por bit calculando el voltaje V_p:

1ª BIT

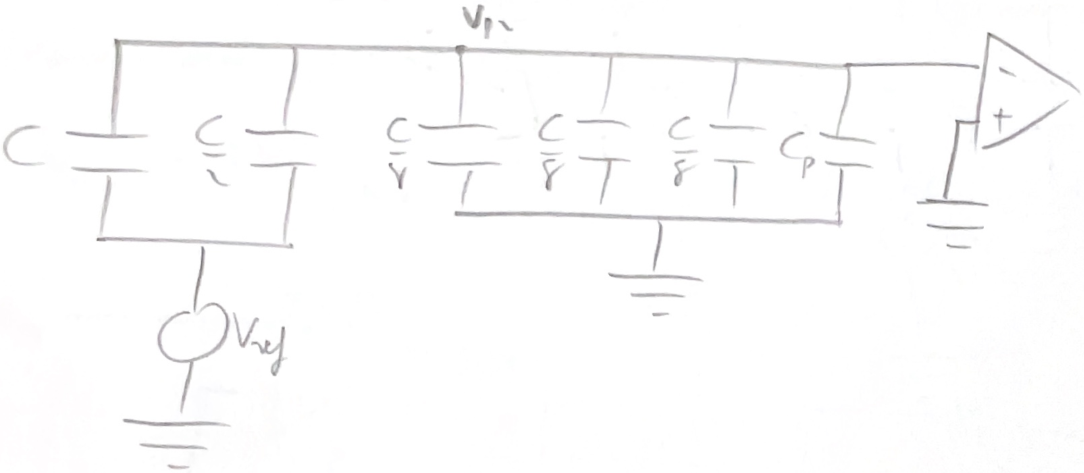


Continuidad de corriente:

$$(V_{ref} - V_{p_1})C = V_{p_1}\left(\frac{C}{2} + \frac{C}{4} + \frac{2C}{8} + C_p\right) ; \quad V_{ref}C = V_{p_1}(2C + C_p) ;$$

$$V_{p_1} = \frac{V_{ref}C}{2C + C_p} = \frac{3 \cdot 8 \cdot \cancel{10^{-12}}}{(2 \cdot 8 + 4) \cdot \cancel{10^{-12}}} = 1'2 \Rightarrow |V_{p_1}| < |V_p| \Rightarrow \underline{b_1 = 1}$$

2° BIT

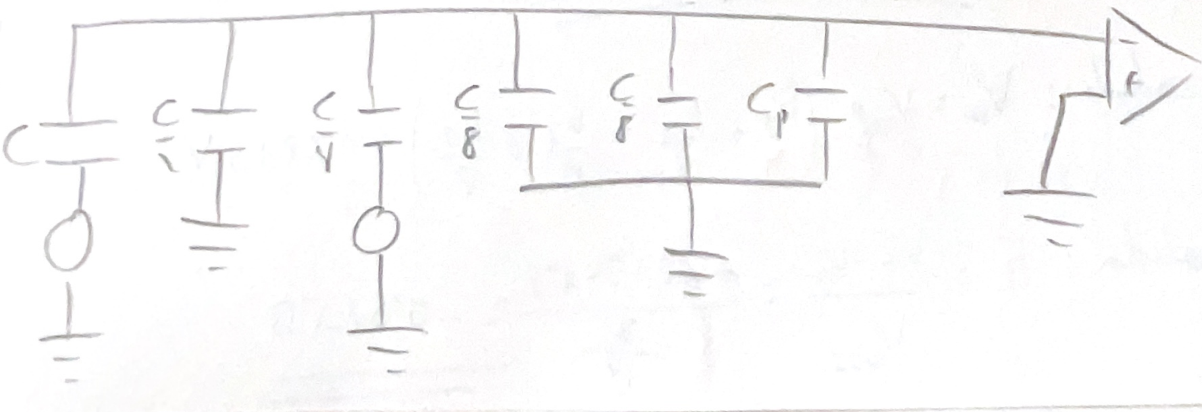


$$(V_{ref} - V_{p_2})\left(C + \frac{C}{2}\right) = V_{p_2}\left(\frac{C}{4} + \frac{2C}{8} + C_p\right) ;$$

$$\frac{3}{2}CV_{ref} = V_{p_2}\left(\frac{3}{2}C + \frac{C}{2} + C_p\right) ; \quad V_{p_2} = \frac{\frac{3}{2}CV_{ref}}{2C + C_p} = \frac{3}{2}V_{p_1} = 1'8 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow |V_{p_2}| > |V_p| \Rightarrow \underline{b_2 = 0}$$

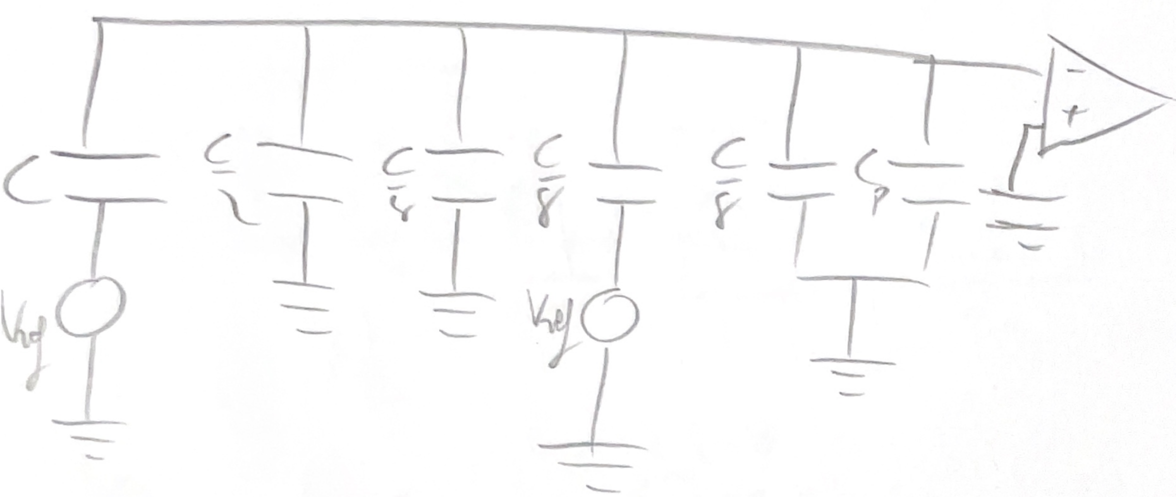
3° BIT



$(V_{ref}-V_{p_3})(C+\frac{C}{4}) = V_{p_3}\left(\frac{C}{2}+\frac{2C}{8}+C_p\right) = \frac{5}{4}V_{p_1} = 1'5 \Rightarrow$

$\Rightarrow |V_{p_3}| > |V_{p_1}| \Rightarrow \underline{b_3 = 0}$

4° BIT



$(V_{ref}-V_{p_4})(C+\frac{C}{8}) = V_{p_4}\left(\frac{C}{2}+\frac{C}{4}+\frac{C}{8}+C_p\right)$;

$\frac{9C}{8}V_{ref} = V_{p_4}\left(\frac{9}{8}C+\frac{7}{8}C+C_p\right) = V_{p_4}(2C+C_p)$;

$V_{p_4} = \frac{\frac{9}{8}CV_{ref}}{2C+C_p} = \frac{9}{8}V_{p_1} = 1'35 \Rightarrow |V_{p_4}| < |V_p| \Rightarrow \underline{b_4 = 1}$

$\Rightarrow$ Código de salida: $\underline{b_1 b_2 b_3 b_4 = 1001}$

$\Rightarrow$ Voltaje de salida: $V_o = V_{ref}\left(\frac{b_1}{2}+\frac{b_2}{4}+\frac{b_3}{8}+\frac{b_4}{8}\right) = 1'6875\,V$

$\Rightarrow$ Error de salida: $E = \frac{V_o - V_i}{V_{LSB}} = \frac{1'6875-1'8}{\frac{3}{2^4}} = \underline{-0'6\,LSB}$