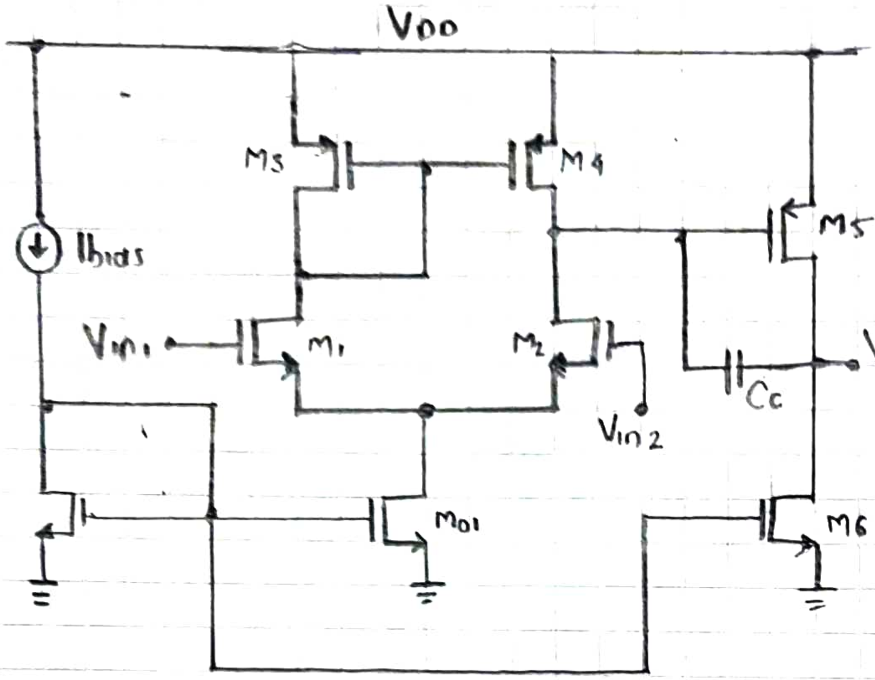
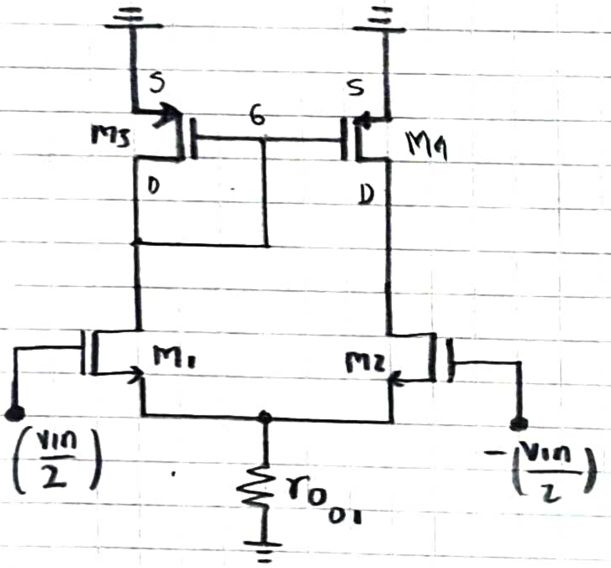


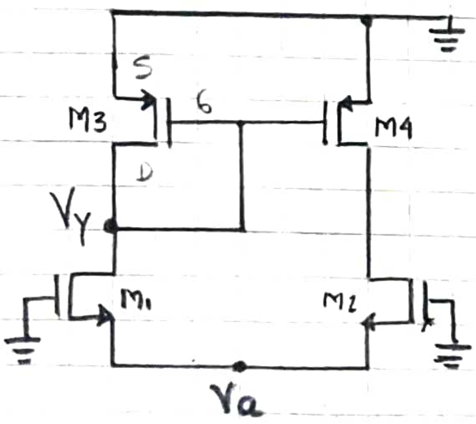
Para circuitos lineales la ganancia puede aproximarse a $A_v = -g_m R_{out}$

Amplificador de 2 etapas con entrada diferencial.

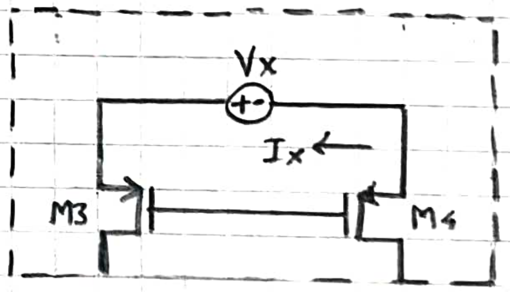
▸ Etapa #1 :

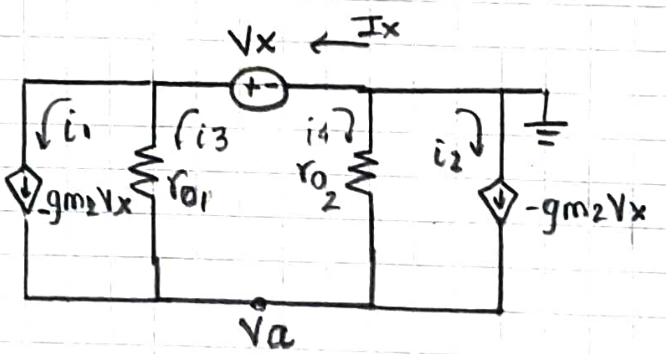


$r_{o01} >>> 1$ ∴ Se puede aproximar a un circuito abierto



* Hallando la resistencia equivalente para el par diferencial.





Resolviendo usando LVK :

$$i_1 + i_2 + i_3 + i_4 = 0$$

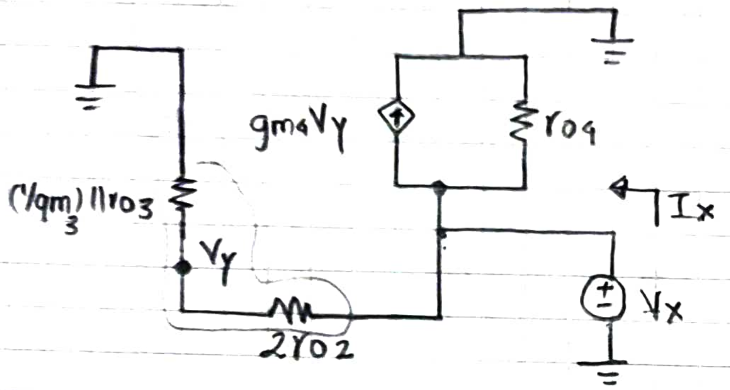
$$-g_{m2}V_a + \frac{V_x - V_a}{r_{o2}} - \frac{V_a}{r_{o2}} - g_{m2}V_a = 0$$

$$\frac{V_x - V_a}{r_{o2}} - g_{m2}V_a = I_x$$

$$\frac{V_x}{I_x} = 2r_{o1} \quad \text{, pero como } r_{o1} = r_{o2}$$

$$\frac{V_x}{I_x} = R_{eq} = 2r_{o2}$$

Redibujando el circuito reemplazando el par diferencial por Req:



Se puede decir que:

$$\left(\frac{1}{g_{m3}} \parallel r_{o3}\right) + 2r_{o2} \cong 2r_{o2}$$

$$g_{m4} \cong g_{m3} \therefore \frac{g_{m4}}{g_{m3}} \approx 1$$

* Haciendo el cálculo para Vy:

$$g_{m3} V_Y \left(\frac{1}{g_{m3}} + 2r_{o2}\right) = V_x$$

$$V_Y = \frac{V_x}{g_{m3}\left(\frac{1}{g_{m3}} + 2r_{o2}\right)} \quad (1)$$

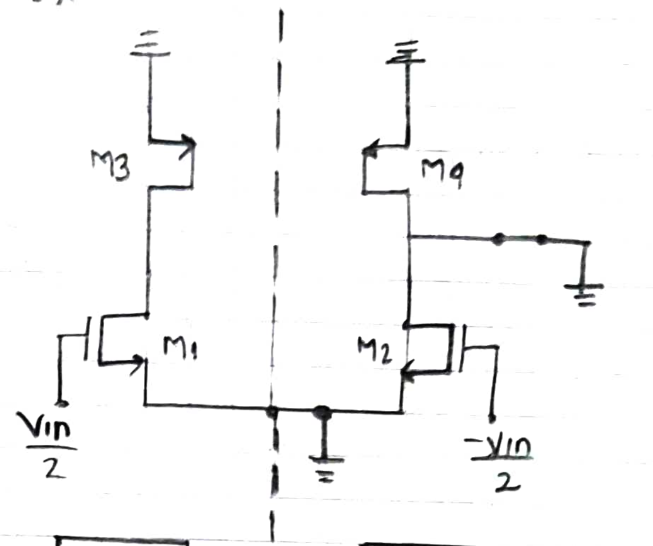
* Haciendo el cálculo para Vx:

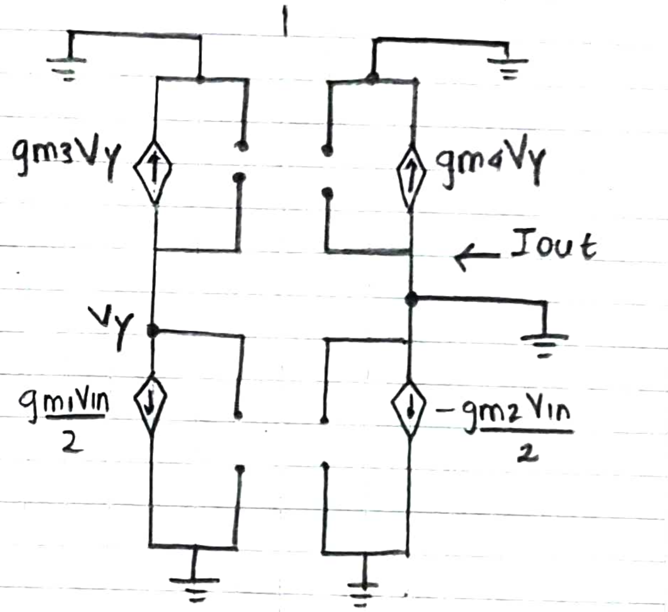
$$\frac{V_x}{\left(\frac{1}{g_{m3}} + 2r_{o2}\right)} + g_{m4}\cdot V_Y + \frac{V_x}{r_{o4}} = I_x \quad (2)$$

Reemplazando (1) en (2) queda:

$$\frac{V_x}{\left(\frac{1}{g_{m3}} + 2r_{o2}\right)} + g_{m4}\left[\frac{V_x}{g_{m3}\left(\frac{1}{g_{m3}} + 2r_{o2}\right)}\right] + \frac{V_x}{r_{o4}} = I_x$$

$$\frac{V_x}{I_x} = R_{out} \rightarrow R_{out} = r_{o2} \parallel r_{o4}$$





▸ $$g_{m1}\frac{V_{in}}{2} + g_{m3}V_Y = 0$$

$$V_Y = -\frac{g_{m1}}{g_{m3}}\left(\frac{V_{in}}{2}\right) \quad (3)$$

Izq.

▸ $$g_{m4}V_Y - \frac{g_{m2}V_{in}}{2} = I_{out} \quad (4)$$

Reemplazando (3) en (4) queda:

$$-g_{m4}\left(\frac{g_{m1}}{g_{m3}}\right)\left(\frac{V_{in}}{2}\right) - \frac{g_{m2}V_{in}}{2} = I_{out}$$

Como $g_{m4}/g_{m3} \approx 1$ la expresión queda:

$$-g_{m4}\left(\frac{g_{m1}}{g_{m3}}\right)\left(\frac{V_{in}}{2}\right)-\frac{g_{m2}V_{in}}{2}=J_{out}$$

$\frac{g_{m4}}{g_{m3}}\approx 1$ ∴ la expresión queda:

$$-\frac{g_{m1}V_{in}}{2}-\frac{g_{m2}V_{in}}{2}=J_{out}$$

$$-V_{in}\left[\frac{g_{m1}}{2}+\frac{g_{m2}}{2}\right]=J_{out}$$

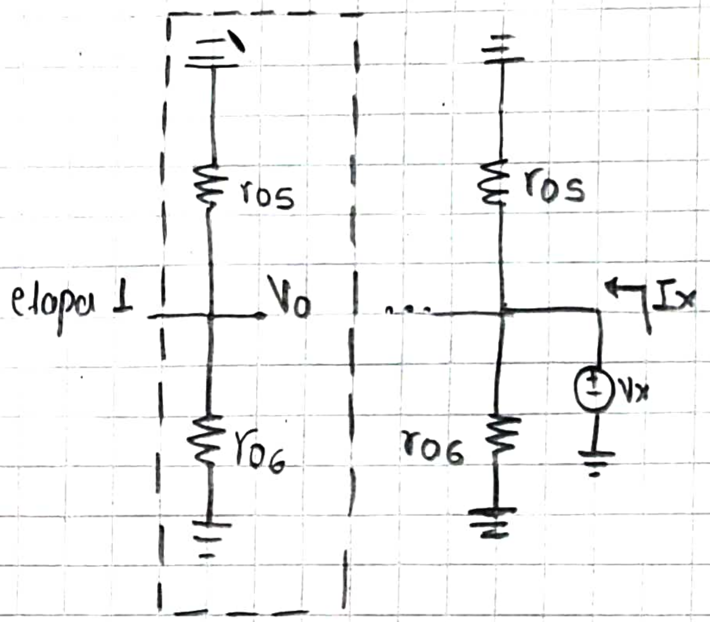
$$\boxed{J_{out}/V_{in}=-g_{m1,2}}$$

Se había dicho que para circuitos lineales: $A_U=-g_m\cdot R_{out}$

$$\boxed{A_{U1}=-g_{m1,2}\,(r_{o2}\parallel r_{o4})}$$

Ganancia correspondiente a la primera etapa del circuito.

▸ Etapa # 2 :



$$\frac{V_x}{I_x}=R_{eq2}\rightarrow R_{eq}=(r_{o5}\parallel r_{o6})$$

$$\boxed{A_{V2}=-g_{m5}\,(r_{o5}\parallel r_{o6})}$$

Ganancia correspondiente a la segunda etapa.

La ganancia total de la OTA puede hallarse como el producto de las ganancias de esas 2 etapas, así :

$$\boxed{A_{V_T}=A_{U1}\cdot A_{V2}=-g_{m1,2}\,(r_{o2}\parallel r_{o4})\cdot g_{m5}\,(r_{o5}\parallel r_{o6})}\ \checkmark$$

Expresión para la ganancia en tensión de la OTA