

TABLA REGIONES BJT

- Complete la siguiente tabla, para un transistor NPN con $\beta = 150$ y $V_{BE} = 0.7 \text{ V}$ si la unión BE está en directa.

V_{BE} (V)	V_{CE} (V)	I_B (μA)	I_C (mA)	Región
0.7	3	30	4.5	Activa
0.4	12	0	0	Corte
0.7	0.2	80	10	Saturación
0.7	6	20	3	Activa
0.7	> 0.2	50	7.5	Activa
0.7	0.2	50	< 7.5 mA	Saturación
0.7	0.2	40	6	Act-Sat



TABLA REGIONES MOSFET

- Complete la siguiente tabla, para un transistor NMOS con $k = 20 \mu\text{A}/\text{V}^2$, $W/L = 60$ y $V_{\text{TH}} = 1 \text{ V}$

V_{GS} (V)	V_{DS} (V)	I_{DS} (mA)	Región
5	7	9.6	Saturación
5	2	7.2	Triodo
0.7	12	0	Corte
4.16	4	6	Saturación
6.125	4	15	Triodo
6	> 5	15	Saturación
7	6	21.6	Sat-Triodo



EJERCICIO 1

- 2 de las 3 siguientes:

$$V_{CC} = I_E R_2 + I_B R_1 + V_{BE}$$

$$V_{CE} = I_B R_1 + V_{BE}$$

$$V_{CC} = I_E R_2 + V_{CE}$$

- Está en activa:

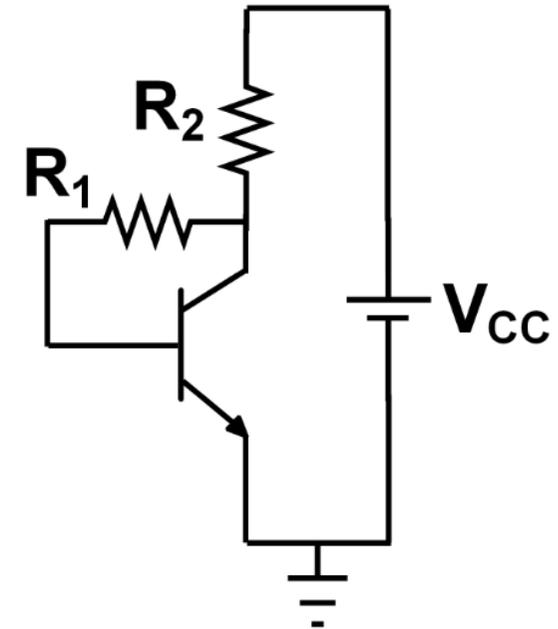
$$- I_B = 39,8 \mu A \quad I_C = 4,97 mA \quad I_E = 5,01 mA$$

$$- V_{BE} = 0,6V$$

$$- V_{CE} = 2,99V$$

- Porque:

$$V_{CE} = I_B R_1 + V_{BE} \geq 0,6V > 0,2V$$



EJERCICIO 2

- Busque las ecuaciones necesarias para resolver el punto de polarización:

– I_2 corriente que circula por R_2

$$V_{CC} = (I_2 + I_{B1})R_1 + V_{BE1} + V_{BE2} + I_{E2}R_5$$

$$I_{E1} = I_{B2}$$

$$V_{CC} = (I_2 + I_{B1})R_1 + I_2R_2$$

$$V_{CC} = I_{C1}R_3 + V_{CE1} + V_{BE2} + I_{E2}R_5$$

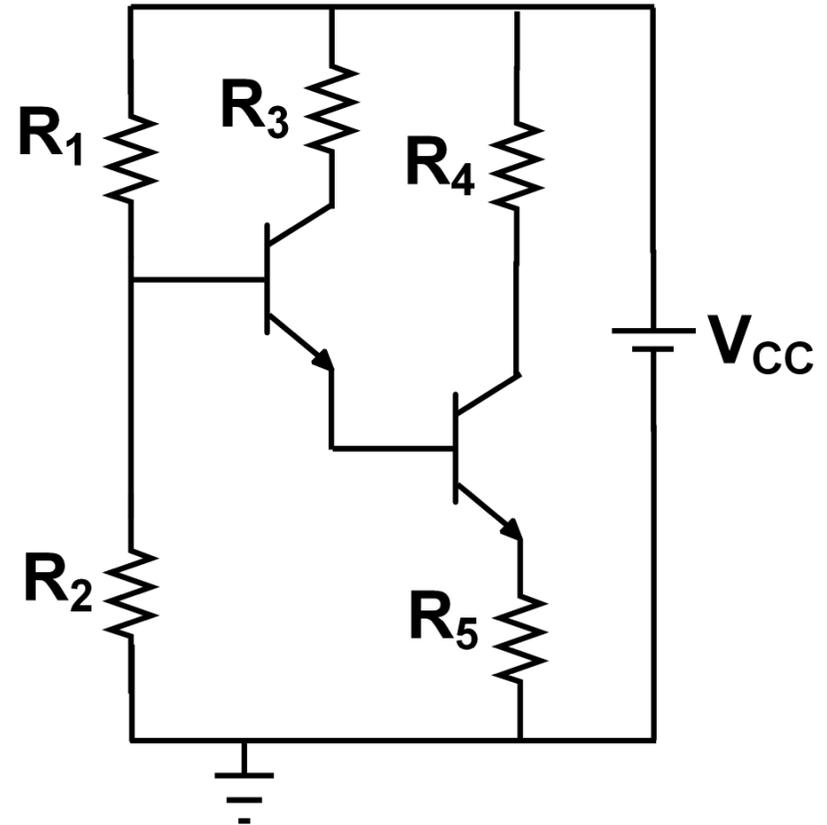
$$V_{CC} = I_{C2}R_4 + V_{CE2} + I_{E2}R_5$$

- Ambos en el límite entre activa y corte

$$I_{B1} = I_{C1} = I_{E1} = I_{B2} = I_{C2} = I_{E2} = 0$$

$$V_{R1} = V_{CC} - V_{BE1} - V_{BE2} - I_{E2}R_5 = 12 - 0,7 - 0,7 - 0 = 10,6V \quad V_{R2} = 1,4V$$

$$I_{R2} = I_{R1} = V_{R1}/R_1 = 1,325mA \quad R_2 = V_{R2}/I_{R2} = 1,057k\Omega$$



EJERCICIO 3

- 2 de las tres siguientes:

$$V_{DD} = I_{DS}R_2 + V_{GS}$$

$$V_{DS} = V_{GS}$$

$$V_{DD} = I_{DS}R_2 + V_{DS}$$

- Está en saturación:

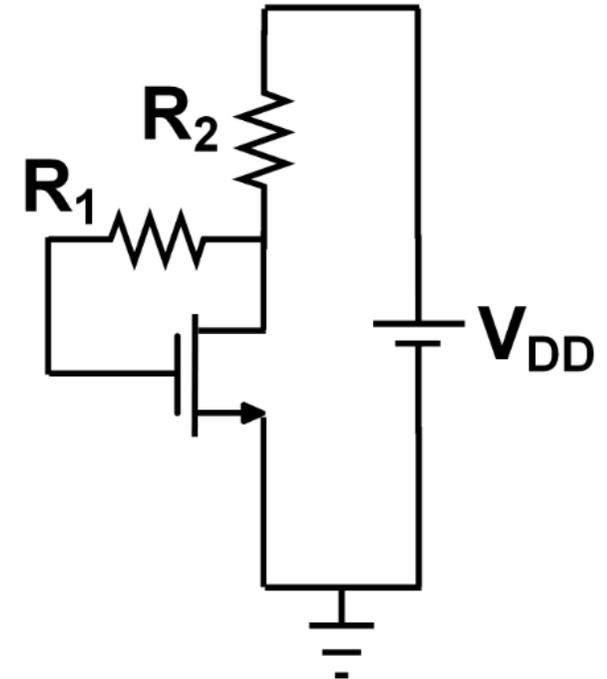
– $V_{GS} = 5V$

– $I_{DS} = 4mA$

– $V_{DS} = 5V$

- Porque:

$$V_{DS} = V_{GS} > V_{GS} - V_{TH}$$



EJERCICIO 4

➤ Busque las ecuaciones necesarias para resolver el punto de polarización:

- I_2 corriente que circula por R_2
- V_{I1} voltaje de la fuente I_1

$$I_{DS1} = I_1$$

$$V_{DD} = I_{DS1}R_3 + V_{GS2} + I_{DS2}R_5$$

$$V_{DD} = I_2R_1 + V_{GS1} + V_{I1}$$

$$V_{DD} = I_2R_1 + I_2R_2$$

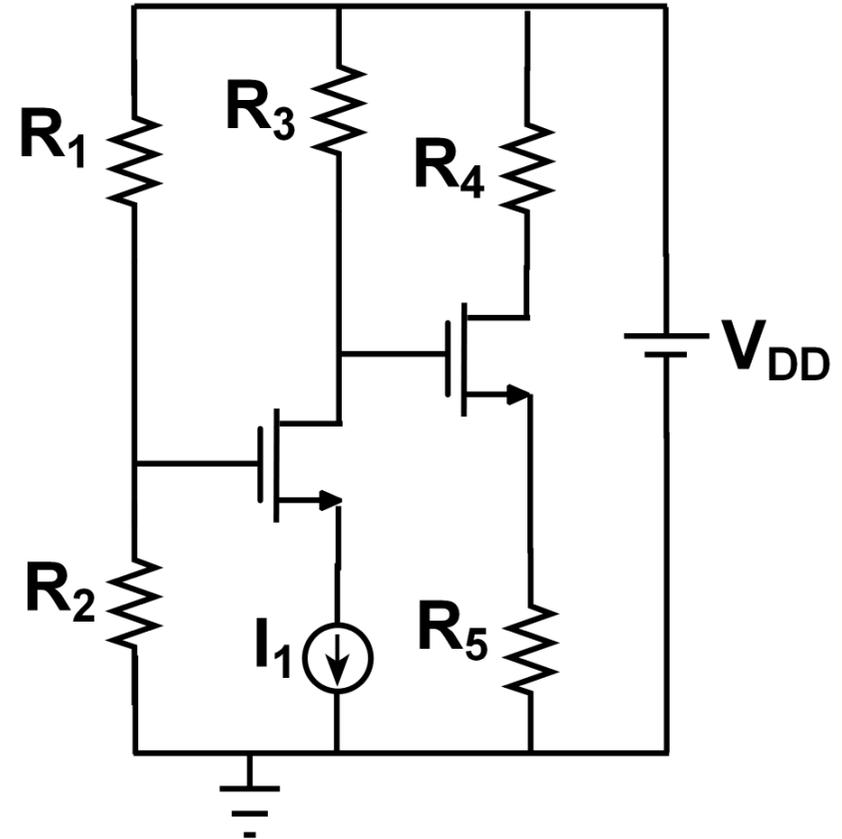
$$V_{DD} = I_{DS1}R_3 + V_{DS1} + V_{I1}$$

$$V_{DD} = I_{DS2}R_4 + V_{DS2} + I_{DS2}R_5$$

➤ Limite triodo-sat para 2º NMOS

$$I_{DS1} = 9mA \quad V_{GS1} = 7V \quad V_{DS1} = 10,4V \quad I_{DS2} = 4mA \quad V_{GS2} = 5V$$

$$V_{DS2} = V_{GS2} - V_{TH} = 4V \quad R_4 = (V_{DD} - V_{DS2} - I_{DS2}R_5)/I_{DS2} = 1,15k\Omega$$



EJERCICIO 5

➤ Resuelva el punto de polarización:

– NPN: $V_{BE} = 0,7V$ si unión BE en directa, $\beta_F = 300$

– NMOS: $V_{TH} = 1V, K = 20\mu A/V^2, \frac{W}{L} = 50$

– $V_{CC} = 24V, I_1 = 15mA, R_1 = 15k\Omega,$
 $R_2 = 10k\Omega, R_3 = 0,5k\Omega, R_4 = 0$

➤ NPN en activa y NMOS en Sat

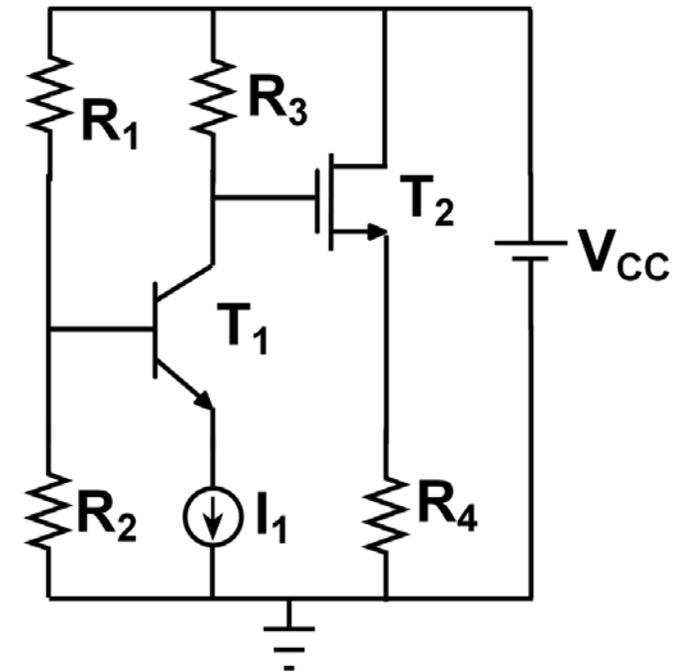
$$I_{C1} = 14,95mA$$

$$V_{CE1} = 7,92V$$

$$V_{GS2} = 10,19V$$

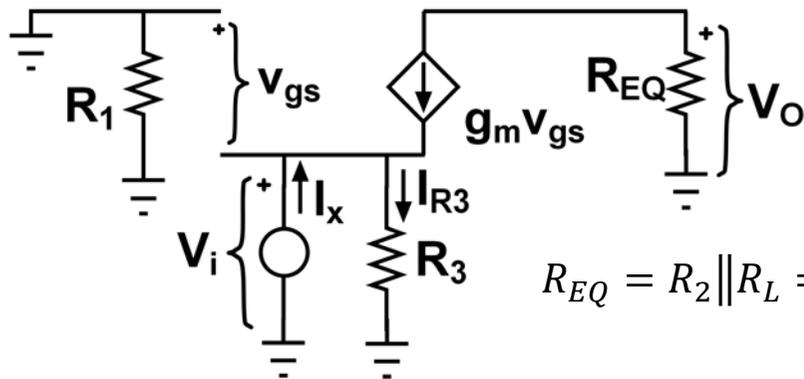
$$I_{DS2} = 42,23mA$$

$$V_{DS2} = 17,6V$$



EJERCICIO 6

➤ Circuito transformado (R_1 queda en cortocircuito):



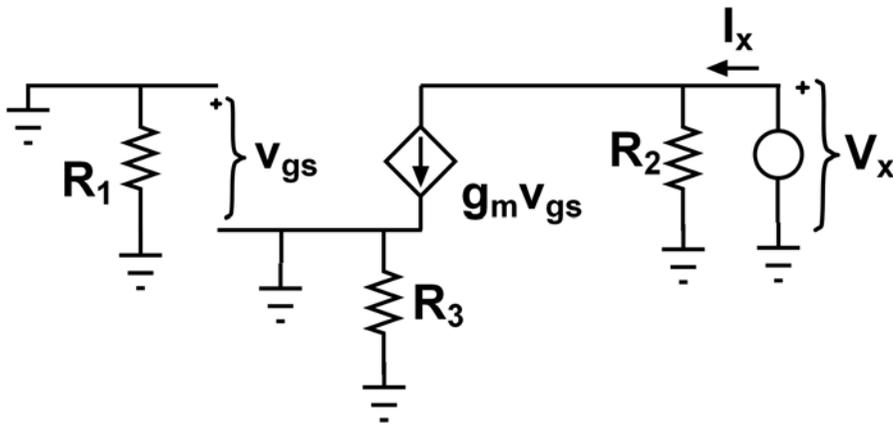
$$\left. \begin{aligned} v_{gs} + v_i &= 0 \\ v_o &= -g_m v_{gs} R_{EQ} \end{aligned} \right\} \frac{v_o}{v_i} = g_m R_{EQ} = 2,43$$

$$\left. \frac{v_o}{v_i} \right|_{max} = g_m R_2 = 2,92$$

$$R_{EQ} = R_2 \parallel R_L = 1,5k\Omega$$

$$I_x = I_{R3} - g_m v_{gs} = \frac{v_i}{R_3} + g_m v_i$$

$$R_{IN} = \frac{v_i}{I_x} = \left(\frac{1}{R_3} + g_m \right)^{-1} = 407,6\Omega$$



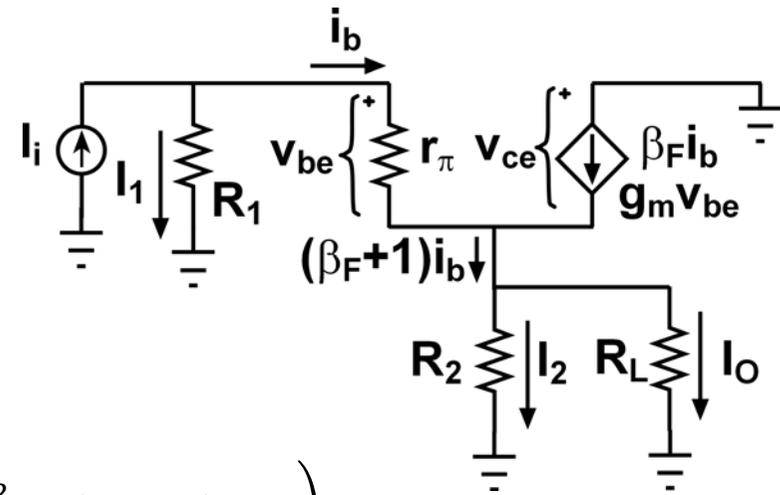
$$v_{gs} = 0$$

$$R_{OUT} = \frac{v_x}{I_x} = R_2 = 1,8k\Omega$$

$$I_x = I_{R2}$$

EJERCICIO 7

➤ Circuito transformado:



$$I_2 = (\beta_F + 1)i_b - I_o \quad \left. \begin{array}{l} I_2 R_2 = I_o R_L \end{array} \right\} I_o = \frac{R_2}{R_2 + R_L} (\beta_F + 1)i_b$$

$$I_i = I_1 + i_b \quad \left. \begin{array}{l} I_1 R_1 = i_b r_\pi + I_o R_L \end{array} \right\} I_i = \frac{i_b r_\pi}{R_1} + \frac{I_o R_L}{R_1} + i_b = \left(\frac{r_\pi}{R_1} + \frac{R_L}{R_1} \frac{R_2}{R_2 + R_L} (\beta_F + 1) + 1 \right) i_b$$

$$\frac{I_o}{I_i} = \frac{\frac{R_2}{R_2 + R_L} (\beta_F + 1)}{\frac{r_\pi}{R_1} + \frac{R_L}{R_1} \frac{R_2}{R_2 + R_L} (\beta_F + 1) + 1} = 11,53$$

$$v_{be} < 10mV \rightarrow i_b = \frac{v_{be}}{r_\pi} < 22\mu A \rightarrow I_i < 72\mu A$$

➤ La corriente de base debe ser positiva

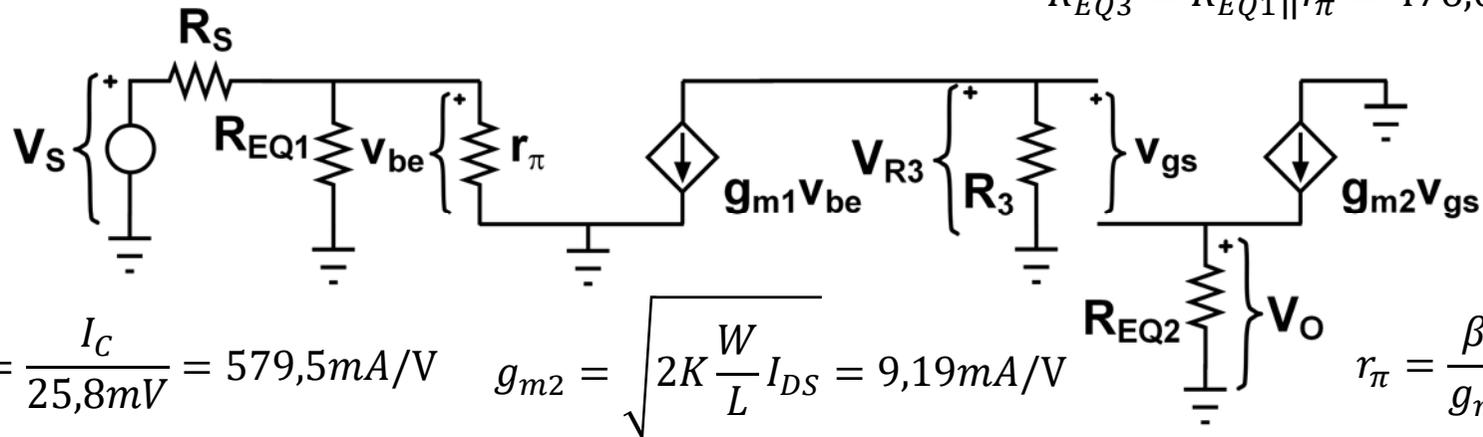
$$i_B = I_B + i_b = 56,7\mu A \pm 22\mu A > 0$$

➤ La tensión colector emisor debe ser $> 0,2V$

$$v_{ce} = I_o R_L = \frac{R_2}{R_2 + R_L} (\beta_F + 1)i_b R_L < 2,15V \rightarrow v_{CE} = V_{CE} + v_{ce} = 3,44V \pm 2,15V > 0,2V$$

EJERCICIO 8

➤ Circuito transformado:



$$R_{EQ1} = R_1 \parallel R_2 = 6k\Omega$$

$$R_{EQ2} = R_4 \parallel R_L = 132\Omega$$

$$R_{EQ3} = R_{EQ1} \parallel r_\pi = 476,6\Omega$$

$$g_{m1} = \frac{I_C}{25,8mV} = 579,5mA/V \quad g_{m2} = \sqrt{2K \frac{W}{L} I_{DS}} = 9,19mA/V \quad r_\pi = \frac{\beta_F}{g_{m1}} = 517,7\Omega$$

$$\left. \begin{aligned} v_o &= g_{m2} v_{gs} R_{EQ2} \\ v_{R3} &= -g_{m1} v_{be} R_3 = v_{gs} + v_o \\ v_{be} &= \frac{R_{EQ3}}{R_{EQ3} + R_S} v_s \end{aligned} \right\} -g_{m1} \frac{R_{EQ3}}{R_{EQ3} + R_S} v_s R_3 = \frac{v_o}{g_{m2} R_{EQ2}} + v_o \quad R_{IN} = R_{EQ3}$$

$$\frac{v_o}{v_s} = \frac{-g_{m1} R_3 R_{EQ3} g_{m2} R_{EQ2}}{(R_{EQ3} + R_S)(1 + g_{m2} R_{EQ2})} = -70,3$$

$$R_{OUT} = \left(\frac{1}{R_4} + g_{m2} \right) = 63\Omega$$

$$\left. \frac{v_o}{v_s} \right|_{max} = \frac{-g_{m1} R_3 g_{m2} R_4}{(1 + g_{m2} R_4)} = -167,93$$



CUESTIÓN

- Deducir porque las siguientes expresiones son incorrectas:

$$A_V = g_m R_1 R_L$$

Unidades

$$R_{IN} = R_1 + R_S$$

Rin se calcula con $R_S = 0$

$$R_{OUT} = (r_o + R_3) \frac{C_2}{C_1}$$

Condensadores

$$R_{IN} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2}$$

Unidades

$$A_{V,MAX} = -g_m \frac{R_1 R_L}{R_1 + R_L}$$

Avmax se calcula con $R_L = \infty$

$$A_V = \frac{-g_m V_{BE}}{I_1}$$

Datos DC

$$R_{OUT} = \frac{r_o + R_3}{R_S}$$

Unidades

$$A_V = \frac{-g_m R_1 V_{CC}}{V_Z}$$

Datos DC

147



EJERCICIO 9

- $V_o = \overline{C \cdot A + B} = \bar{C} + A + B$
 - A = 0, B = 1, C = 0. f = 1
 - Transistor B cerrado. Salida X en 0. Transistor X abierto.
 - A = 0, B = 0, C = 1. f = 0
 - Transistor A y B abiertos. Salida X en 1. Transistor X y C cerrados.
 - A = 1, B = 1, C = 1. f = 1
 - Transistor A y B cerrados. Salida X en 0. Transistor X abierto.
- Transformar el circuito a tecnología CMOS
 - En lugar del primer NMOS de deplexión, dos PMOS en serie, uno para A y otro para B
 - En lugar del segundo NMOS de deplexión, dos PMOS en paralelo, uno para C y otro para X

