

ASIGNATURA	COMPONENTES ELECTRÓNICOS	FECHA	8/9/2004
APELLIDOS, NOMBRE	SOLUCIÓN	Nº lista	

NOTA: RESPONDER EN LOS HUECOS DEJADOS PARA TAL FIN, CON BOLÍGRAFO AZUL O NEGRO. NO SE CORREGIRÁ NADA ESCRITO FUERA. EN LA CORRECCIÓN SE TENDRÁ EN CUENTA TANTO EL DESARROLLO COMO EL RESULTADO.

### Problema 1

(25 puntos)

En el circuito de la figura 1.1 se utiliza un componente X del que conocemos su característica I-V (figura 1.2). El resistor variable  $R_1$  tiene un valor nominal de  $1\text{ k}\Omega$  y ley de variación lineal. El resistor fijo  $R_2$  posee un valor de  $100\Omega$ .

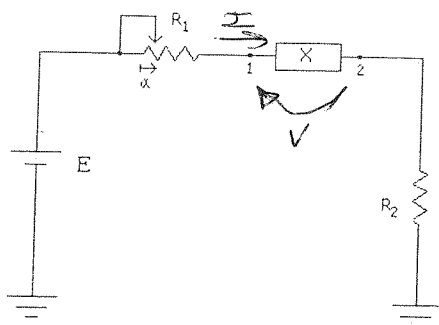


Figura 1.1

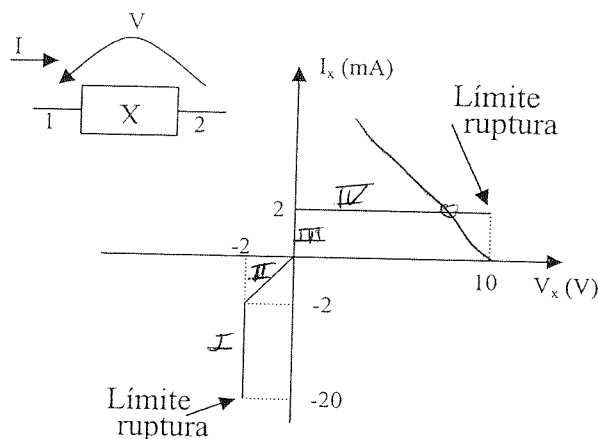


Figura 1.2

a) Si  $E=10\text{V}$  y  $\alpha=25\%$ , halle el punto de polarización del componente X.

(7 pts)

$$\alpha = 25\% \rightarrow R_1 = 1\text{ k}\Omega \cdot (1 - 0,25) = 750\Omega$$

$V = E - (R_1 + R_2) \cdot I = 10 - 0,85 \cdot I \rightarrow$  esta recta intersecciona en el tramo IV de la característica  $\Rightarrow$  X se comporta como generador de intensidad constante  $I = 2\text{ mA}$ .

$\Downarrow$

$$V = 10 - 1,7 = 8,3\text{V}$$

Punto de polarización Q

$$\left\{ \begin{array}{l} V = 8,3\text{V} \\ I = 2\text{mA} \end{array} \right.$$

b) Si  $E = -10V$  y  $\alpha = 60\%$ , halle el punto de polarización del componente X.

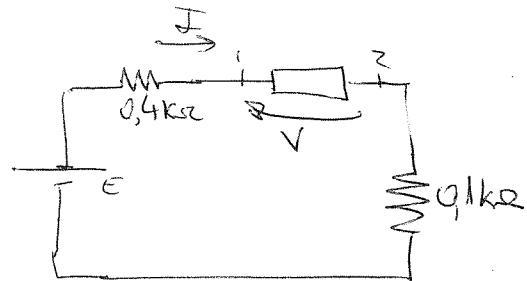
(8 pts)

$$\alpha = 60\% \rightarrow R_1 = 1 \cdot (1 - 0,6) = 0,4 k\Omega$$

$$\text{Con } E = -10V \rightarrow X \text{ trabaja en zona I} \rightarrow V_x = -2V$$

$$I = \frac{E - V}{0,4 + 0,1} = \frac{-10 - (-2)}{0,5} = -16mA$$

$$Q \begin{cases} V_x = -2V \\ I_x = -16mA \end{cases} \rightarrow \text{pertenece a zona sujeta.}$$



c) Para este apartado considere los siguientes límites máximos: la intensidad nominal de  $R_1$  es  $I_{N1} = 0,01A$ ; la potencia nominal de  $R_2$  es  $P_{N2} = 0,2W$ ; el componente X no puede sobrepasar los límites indicados en la figura 1.2. Determine los valores del generador E (positivos y negativos) para que ninguno de los componentes sufra deterioro en cualquier posición del cursor de  $R_1$ .

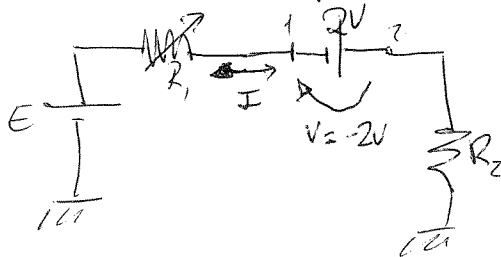
(10 pts)

\* Si  $E > 0 \rightarrow X$  fija la corriente a  $I = 2mA$  que es menor que  $I_{N1}$  y  $I_{N2}$ .

$$\text{El peor caso para X será cuando } R_1 = 0 \Rightarrow V = E - 0,1 \cdot I < 10V$$

$$E < 10 + 0,1 \cdot 2 = 10,2V$$

\* Si  $E < 0 \rightarrow X$  fija la tensión a  $V = -2V$ . Habrá que garantizar que la intensidad no supere los  $10mA$  para no deteriorar  $R_1$ .



$$I_{\max} = \frac{E + 2}{0 + R_2} = \frac{E + 2}{0,1} > -10$$

$$E > -3V$$

$$I_{N1} = 10mA$$

$$P_{N2} = R_2 \cdot I_{N2}^2 \rightarrow I_{N2} = \sqrt{\frac{0,2}{100}} = 44,72mA$$

## Problema 2

(25 puntos)

Con el circuito de la figura 2.1 se pretende que la tensión  $V_s$  esté acotada entre dos valores, uno positivo y otro negativo. Conocidos los datos de los diodos, responda a las cuestiones:

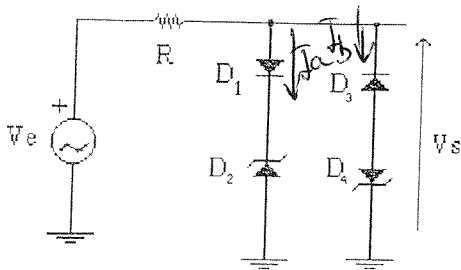


Figura 2.1

$D_1$  y  $D_3$ :

$$\begin{aligned} V_\gamma &= 0 \text{ V} \\ I_s &= 0 \text{ A} \\ I_{FM} &= 50 \text{ mA} \\ V_{RM} &= 50 \text{ V} \end{aligned}$$

$D_2$  y  $D_4$ :

$$\begin{aligned} V_\gamma &= 0 \text{ V} \\ I_{FM} &= 50 \text{ mA} \\ V_Z &= 5 \text{ V} \\ I_{ZK} &= 0 \text{ A} \\ I_{ZM} &= 60 \text{ mA} \end{aligned}$$

- a) Si  $V_e$  es como la mostrada en la gráfica de la figura 2.2, represente  $V_s$  en la misma figura, justificando los valores. (10 pts)

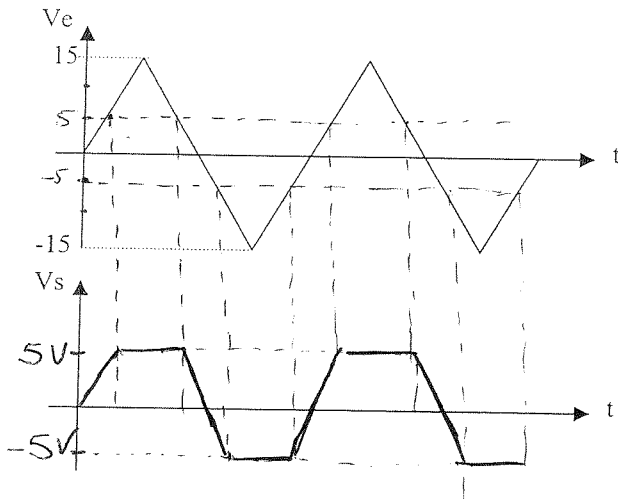
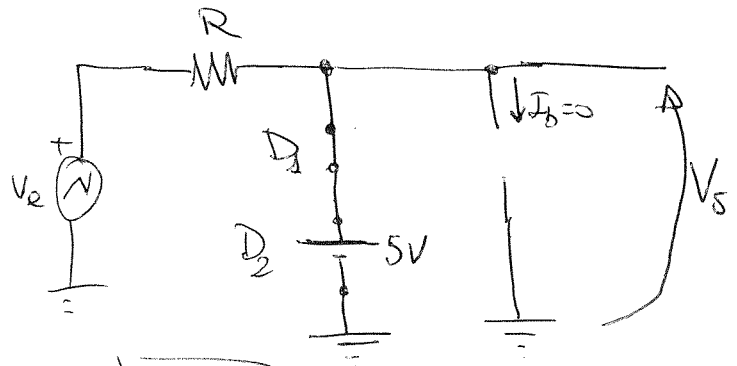


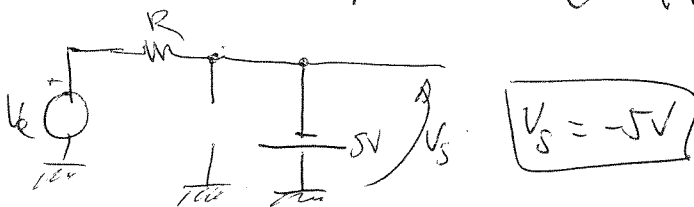
Figura 2.2

\* Para que  $D_1$  y  $D_2$  conduzcan es necesario que  $V_e > (V_\gamma + V_Z)$ . En este caso,  $D_3$  hace que la intensidad por  $D_3$  y  $D_4$  sea 0.

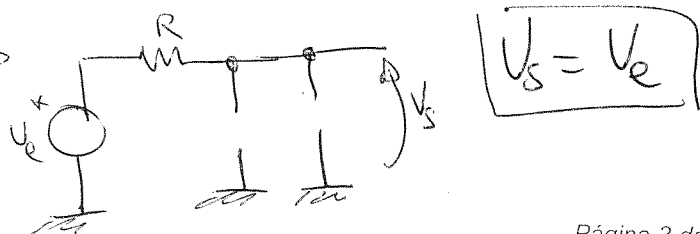


\* Misma justificación para la rama  $D_3 - D_4$  pero ahora  $V_e < -(V_\gamma + V_Z)$

$$V_s = 5V$$



\* Si  $-(V_\gamma + V_Z) < V_e < (V_\gamma + V_Z) \Rightarrow$  ni la rama  $D_1 - D_2$  ni la rama  $D_3 - D_4$  conducen  $\Rightarrow$



- b) Considerando la  $V_e$  del apartado "a", determine los valores válidos de  $R$  para que no se deteriore ningún diodo. (Nota: téngase en cuenta la simetría del circuito) (5 pts)

Peor caso para  $D_2 \Rightarrow$  cuando circule corriente máxima por ella.

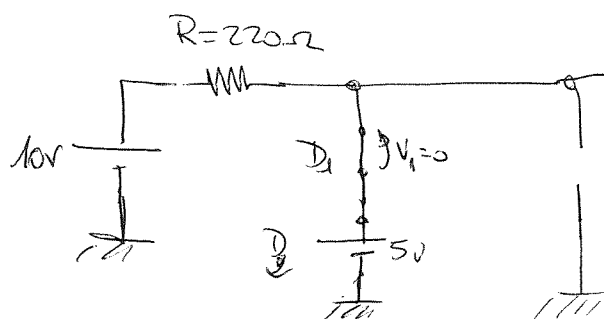
$$I_{\max} = \frac{V_{e\max} - 5}{R} < \min(I_{FM}, I_{ZM})$$

$$V_{e\max} = 15V \Rightarrow R > \frac{10V}{50mA} \Rightarrow \boxed{R > 0,2 K\Omega}$$

(El análisis de la otra rama es idéntico.)

- c) Si sustituimos el generador  $V_e$  por un generador de tensión continua de valor 10V, halle la potencia que están disipando todos los diodos y la resistencia. (Dato:  $R=220\Omega$ ) (5 pts)

Si  $V_e = 10V \rightarrow D_1$  en ON y  $D_2$  en Zener }  $I_{D1} = I_{D2} = \frac{10-5}{220\Omega} = 22,73mA$   
 $D_3$  y  $D_4$  en OFF



$$P_{D1} = I_{D1} \cdot V_{D1} = I_{D1} \cdot 0 = 0W$$

$$P_{D2} = 5 \cdot 22,73 = 113,64mW$$

$$P_{D3} = 0 \cdot V_{D3} = 0W$$

$$P_{D4} = 0 \cdot V_{D4} = 0W$$

$$P_R = 220 \cdot (22,73 \cdot 10^{-3})^2 = 0,113W$$

- d) Los diodos utilizados en el circuito de la figura 2.1 son diodos de unión. Rodee con un círculo la información correcta relativa a semiconductores y unión PN en las siguientes frases. (5 pts)

d.1) La zona P está dopada con impurezas (donadoras / aceptoras)

d.2) El cátodo del diodo se corresponde con la zona (N / P) de la unión.

d.3) Cuando una unión PN se polariza en inverso la zona de la unión se (ensancha / estrecha).

d.4) La conductividad  $\sigma$  de un semiconductor dopado (aumenta / disminuye) con la temperatura.

d.5) La corriente de arrastre es debida a (un campo eléctrico / un gradiente de concentración) en el semiconductor.

### Problema 3

Dado de la figura 3.1 se pide:

Datos:  $V_{CC}=20V$   
 $R_b = 1k\Omega$   
 $R_c = 100\Omega$

Transistor T:

$$V_{BEY}=0,6V$$

$$\beta=50$$

$$V_{CEsat}=0,2V$$

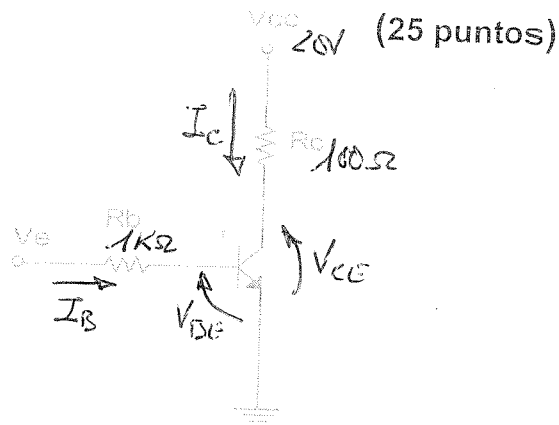


figura 3.1

a) Qué margen de valores de  $V_E$  hacen que el transistor trabaje en Activa.

(5 pts)

- En el límite entre conducción y corte  $I_B = I_C = 0$   $V_{BE} = V_E$   
 si  $V_{BE} \geq V_{BEY}$  trt en conducción  $\Rightarrow V_E \geq V_{BEY} = 0,6V$ .
- En el límite entre Activa y Saturación.  $V_{BE} = V_{BEY}$ ;  $V_{CE} = V_{CEsat}$
- ec. malla colector:  $V_{CC} - V_{CEsat} = I_C \cdot R_C$   $I_C = \beta I_B$
- ec. malla Base:  $V_E - V_{BEY} = I_B \cdot R_B = \frac{I_C}{\beta} \cdot R_B$   $I_C = \frac{V_{CC} - V_{CEsat}}{R_C} = \beta I_B$
- $V_E - V_{BEY} = \frac{(V_{CC} - V_{CEsat})}{\beta} \frac{R_B}{R_C}$   $V_{Elim} = V_{BEY} + \frac{(V_{CC} - V_{CEsat})}{\beta} \frac{R_B}{R_C} = 0,6 + \frac{20-0,2}{50} \cdot \frac{1k}{100} = 4,56V$
- Si  $V_E \geq V_{Elim}$   $I_B \uparrow$  luego trt en SAT.
- Si  $V_E \leq V_{Elim}$   $I_B \downarrow$  luego trt en ACT.

CONDICIÓN DE ACTIVA

$$0,6V \leq V_E \leq 4,56V$$

b) Se sabe que el transistor disipa la máxima potencia cuando funciona en activa, y que la máxima potencia que puede disipar el transistor es de  $P_n = 0,5W$  hasta la temperatura ambiente  $T_a = 25^\circ C$ . Si la  $V_E = 3,6V$ , calcule el margen de valores de la resistencia de colector  $R_C$  para que el transistor no se queme.

(5 pts)

transistor en Activa.  $V_{BE} = V_{BEY}$  ec. malla de Base:  
 $I_C = \beta I_B$   $V_E - V_{BEY} = I_B \cdot R_B$   $I_B = \frac{V_E - V_{BEY}}{R_B} = \frac{3,6V - 0,6V}{1k\Omega} = 3mA$

$$P_{(act)} = I_C \cdot V_{CE} = \beta I_B \cdot (V_{CC} - \beta I_B R_C) \leq P_n = 0,5W$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C \cdot R_C \quad R_C \geq \frac{(\beta I_B V_{CC} - P_n)}{(\beta I_B)^2} = \frac{50 \cdot 3mA \cdot 20 - 0,5}{(50 \cdot 3mA)^2} = 111,11\Omega$$

$$R_C \geq 111,11\Omega$$

c) Datos térmicos del transistor:  $R_{th-jc}=75^{\circ}\text{C/W}$ ,  $R_{th-ja}=250^{\circ}\text{C/W}$ ,  $T_{jmax}=150^{\circ}\text{C}$ . Calcule:

c.1 Si la  $V_e=3,6\text{V}$  y  $R_c=112\Omega$ , calcule la potencia que está disipando el transistor (T en activa). (5 ptos)

$$P = V_{ce} \cdot I_c \text{ (Activa)}$$

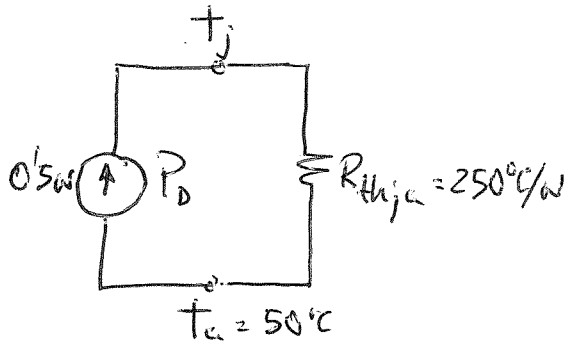
$$I_B = \frac{V_e - V_{BE}}{R_B} = \frac{3,6\text{V} - 0,6\text{V}}{1\text{k}\Omega} = 3\text{mA}$$

$$P = V_{ce} \cdot I_c = 3,2\text{V} \cdot 150\text{mA} = 480\text{mW}$$

$$I_c = \beta I_B = 50 \cdot 3\text{mA} = 150\text{mA}$$

$$V_{ce} = V_{cc} - I_c \cdot R_c = 20\text{V} - 150\text{mA} \cdot 112\Omega = 3,2\text{V}$$

c.2 Si la potencia que está disipando el transistor es de  $P_D=0,5\text{W}$ , calcule si el transistor se quemaría a la temperatura ambiente  $T_a = 50^{\circ}\text{C}$ . (5 ptos)



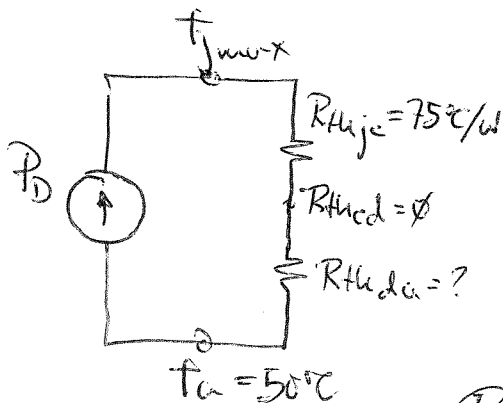
$$T_j = T_a + P_D \cdot R_{th-ja} = 50^{\circ}\text{C} + 0,5\text{W} \cdot 250^{\circ}\text{C/W} =$$

$$T_j = 175^{\circ}\text{C} > T_{jmax} = 150^{\circ}\text{C}$$

luego el transistor se quemaría.

cto. térmico

c.3 Si la potencia que está disipando el transistor es de  $P_D=0,5\text{W}$ , calcule el valor de la resistencia térmica del disipador ( $R_{th-da}$ ) que hay que colocar en el transistor para que no se quemé, a una temperatura ambiente  $T_a = 50^{\circ}\text{C}$ . Nota: suponer  $R_{th-cd} = 0^{\circ}\text{C/W}$ . (5 ptos)



el caso extremo, para que el transistor no se quemé, es  $T_j = T_{jmax}$

$$P_D = \frac{T_{jmax} - T_a}{R_{th-jc} + R_{th-da}} = P_n$$

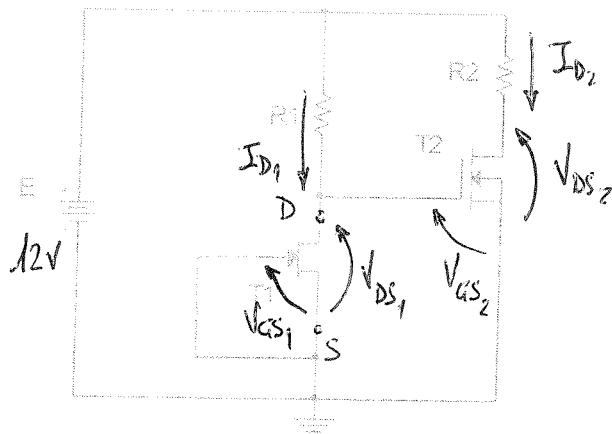
$$R_{th-da} = \frac{T_{jmax} - T_a - P_n \cdot R_{th-jc}}{P_n} = \frac{150^{\circ}\text{C} - 50^{\circ}\text{C} - 0,5\text{W} \cdot 75^{\circ}\text{C/W}}{0,5\text{W}} =$$

$$R_{th-da} = 125^{\circ}\text{C/W}$$

## Problema 4

Dado el circuito de la figura 4.1, se pide:

(25 puntos)



Datos:

$$E=12V$$

Transistor T1:

$$I_{DSS}=5mA$$

$$V_P=-4V$$

Transistor T2:

$$K_1=2mA/V^2$$

$$V_T=4V$$

figura 4.1

- a) Indique justificadamente, en el circuito de la figura 4.1, cuáles son los terminales del drenador y surtidor del transistor T1. (5 ptos)

$E=12V > 0$  genera una  $I_{D1} > 0$ , la corriente en  $T_1$  (transistor JFET Canal N) circula del Drenador al Surtidor.

- b) Calcule el margen de valores de  $R_1$  que hacen que el transistor T1 trabaje en Óhmica. (10 ptos)

Suponemos que  $T_1$  trabaja en el límite entre Óhmica y Sat.

$$V_{GS1} = 0$$

$$I_{D1} = \frac{I_{DSS}}{V_P^2} \cdot (V_{GS} - V_P)^2 = I_{DSS} = 5mA$$

$$E - V_{DS1} = I_{D1} \cdot R_1 \quad \text{Condición de Óhmica } V_{DS1} \leq V_{DSat} = V_{GS1} - V_P$$

$$V_{DS1} = E - I_{D1} \cdot R_1 \leq -V_P$$

$$R_1 \geq \frac{E + V_P}{I_{D1}} = \frac{12V - 4V}{5mA} = 1,6K\Omega$$

$$\boxed{R_1 \geq 1,6K\Omega}$$

transistor  $T_1$  en Óhmica.

- c) Se sabe que el transistor  $T_1$  trabaja en saturación y que  $R_1 = 1k\Omega$ . Calcule el margen de valores de  $R_2$  para que el transistor  $T_2$  trabaje en saturación. (10 pts)

si  $T_1$  en Sat.  $I_{D1} = I_{DSS} = 5mA$   $V_{DS1} = V_{GS2} = E - R_1 \cdot I_{D1} = 12V - 1k\Omega \cdot 5mA = 6V$   
 $V_{GS1} = 0$

si  $T_2$  en Sat.

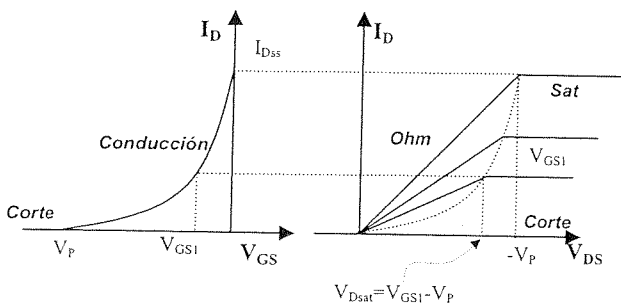
$$I_{D2} = K (V_{GS2} - V_T)^2 = 2mA/V^2 (6V - 4V)^2 = 8mA$$

Condición de Saturación  $V_{DS2} \geq V_{GS2} - V_T = V_{DSat2}$

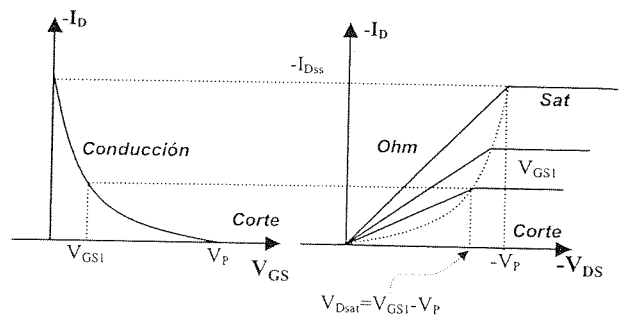
ec. malla de drenador  $E - V_{DS2} = I_{D2} R_2$   $V_{DS2} = E - I_{D2} R_2$

Aplicando la cond. de Sat.  $E - I_{D2} R_2 \geq V_{GS2} - V_T$

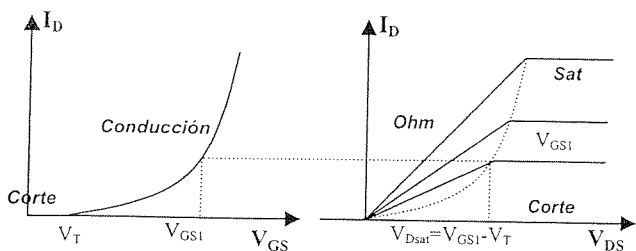
$$R_2 \leq \frac{E - V_{GS2} + V_T}{I_{D2}} = \frac{12V - 6V + 4V}{8mA} = 1,25K\Omega$$
  $T_2$  en Saturación.



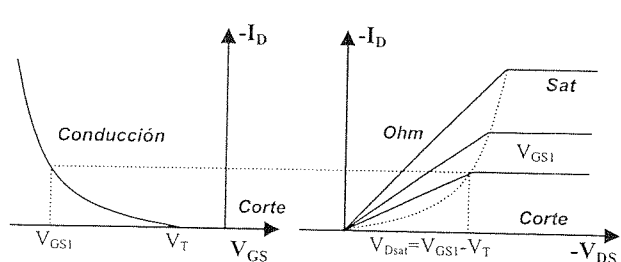
Curvas I-V de JFET canal N



Curvas I-V de JFET canal P



Curvas I-V de NMOS de Acumulación



Curvas I-V de PMOS de Acumulación

Ecuaciones transistores	MOSFET	JFET
Ecuación de Corte:	$I_D = 0$	$I_D = 0$
Ecuación de Saturación:	$I_D = k (V_{GS} - V_T)^2$	$I_D = k (V_{GS} - V_P)^2$
Ecuación de Óhmica:	$R_{DS} = 1 / (k (V_{GS} - V_T))$	$R_{DS} = 1 / (k (V_{GS} - V_P))$
	Nota: $V_{DSat} = V_{GS} - V_T$	Nota: $k = I_{DSS} / V_P^2$ $V_{DSat} = V_{GS} - V_P$