



UNIVERSIDAD DE ALCALÁ. E. P.
DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA
I.T. Industrial Espec. Electrónica Industrial



ASIGNATURA	COMPONENTES ELECTRÓNICOS	FECHA	7/9/2005
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 O A LÁPIZ. 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. Datos R_V : $R_{nV} = 1 \text{ k}\Omega$ y ley de variación lineal. $0 \leq \beta \leq 1$

Datos de R : $R_n = 1 \text{ k}\Omega$ a 25°C , $CTR = 325 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$, Modelo: $P_{nm} = 0,225 \text{ W}$, $V_{nm} = 50 \text{ V}$

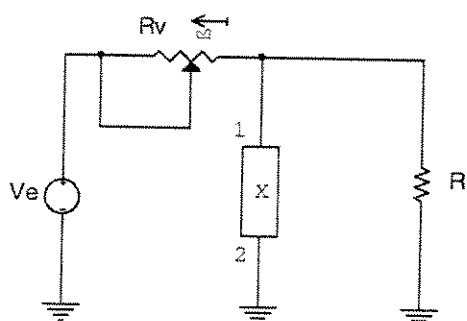


Figura 1.1

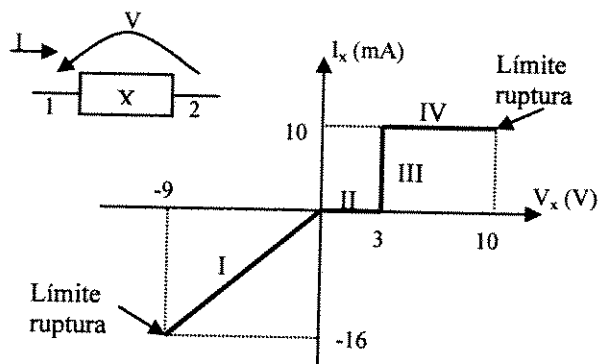


Figura 1.2

- a) Calcule la potencia P_{nR} , tensión V_{nR} y corriente nominal I_{nR} de R .

(3 pts)

$$R_c = \frac{V_{nm}^2}{P_{nm}} = \frac{50^2}{0,225} = 11,1 \text{ k}\Omega \quad R < R_c \Rightarrow \boxed{P_{ne} = P_{nm} = 0,225 \text{ W}}$$

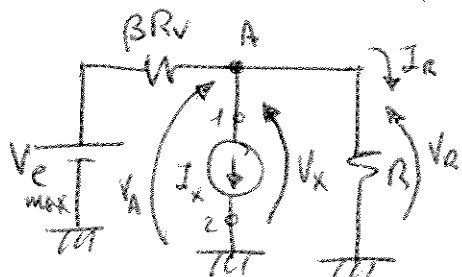
$$\boxed{V_{nR} = \pm \sqrt{R \cdot P_{nR}} = \sqrt{1 \text{ k} \cdot 0,225 \text{ W}} = \pm 15 \text{ V}}$$

$$\boxed{I_{nR} = \frac{V_{nR}}{R} = \frac{\pm 15 \text{ V}}{1 \text{ k}\Omega} = \pm 15 \text{ mA}}$$

- b) Si la $0 \text{ V} \leq V_e \leq 20 \text{ V}$. Calcule el margen de valores de β que hacen que no se queme ni R ni el componente X a la temperatura ambiente de 25°C .

(7 pts)

Peor caso: $V_e = 20 \text{ V}_{\text{max}}$ X trabaja en la zona IV



$$V_{e_{\text{max}}} = (I_x + I_R) \beta R_V + V_A = \left(I_x + \frac{V_A}{R}\right) \beta R_V + V_A$$

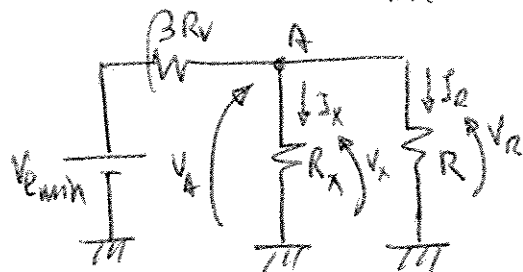
$$V_A = \frac{V_{e_{\text{max}}} - I_x \beta R_V}{\beta \frac{R_V}{R} + 1} \leq \min(V_{x_{\text{max}}}, V_{nR}) = V_{x_{\text{max}}}$$

$$\beta \geq \frac{V_{e_{\text{max}}} - V_{x_{\text{max}}}}{\left(I_x + \frac{V_{x_{\text{max}}}}{R}\right) R_V} = \frac{20 \text{ V} - 10 \text{ V}}{\left(10 \text{ mA} + \frac{10 \text{ V}}{1 \text{ k}}\right) 1 \text{ k}} = 0,5$$

$$\boxed{0,5 \leq \beta \leq 1}$$

- c) Si la $-20V \leq V_e \leq 0V$. Calcule el margen de valores de β que hacen que no se queme ni R ni el componente X a la temperatura ambiente de $25^\circ C$. (7 pts)

Para eso $V_{e\min} = -20V$ X trabaja en I $R_x = \frac{V_{x\min}}{I_{x\max}} = \frac{-9V}{-16mA} = 562,5\Omega$



$$V_A = \frac{V_{e\min} \cdot (R_x // R)}{\beta R_v + (R_x // R)} \geq \max(V_{x\min}, V_{R\max}) = V_{x\min}$$

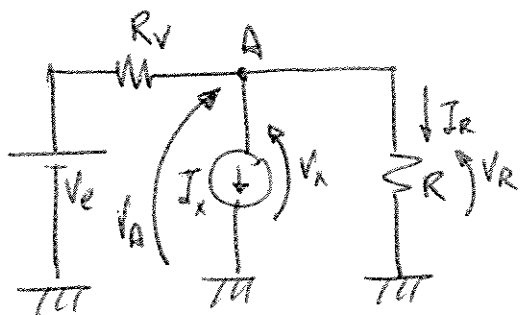
$$R_x // R = \frac{R_x \cdot R}{R_x + R} = \frac{562,5\Omega \cdot 1K\Omega}{562,5\Omega + 1K\Omega} = 360\Omega$$

$$\beta \geq \frac{(V_{x\min} - V_{e\min}) (R_x // R)}{-R_v \cdot V_{x\min}} = \frac{(-9V - (-20V)) \cdot 360\Omega}{-1K\Omega \cdot (-9V)} = 0,44$$

$$\boxed{0,44 \leq \beta \leq 1}$$

- d) Con un desplazamiento $\beta=1$ en el resistor variable y una $V_e = 29,85V$, calcule la temperatura ambiente máxima a la que puede funcionar el circuito para que el componente X no se queme. (8 pts)

Si $V_e = 29,85V$ X trabaja en la zona II



$$V_x = \frac{V_e - I_x R_v}{\frac{R_v}{R} + 1} \leq V_{x\max}$$

$$R \leq \frac{V_{x\max} \cdot R_v}{V_e - I_x R_v - V_{x\max}} = \frac{10V \cdot 1K\Omega}{29,85V - 10mA \cdot 1K\Omega - 10V} = 1015,22\Omega$$

$$t_1 = 25^\circ C$$

$$t_2 = ?$$

$$CTR = \frac{1}{R(t_1)} \cdot \frac{R(t_2) - R(t_1)}{t_2 - t_1} \cdot 10^6 \text{ ppm}/^\circ C$$

$$t_2 \leq \frac{(R(t_2) - R(t_1)) \cdot 10^6 + t_1 \cdot CTR \cdot R(t_1)}{CTR \cdot R(t_1)} = t_1 + \frac{R(t_2) - R(t_1)}{CTR \cdot R(t_1)} \cdot 10^6 =$$

$$\boxed{t_2 \leq 25^\circ C + \frac{1015,22\Omega - 1K\Omega}{325 \text{ ppm}/^\circ C \cdot 1K\Omega} \cdot 10^6 = 71,85^\circ C}$$

Problema 2**(25 puntos)**

En el circuito de la figura 2.1 se utilizan dos diodos con los datos que se muestran a continuación:

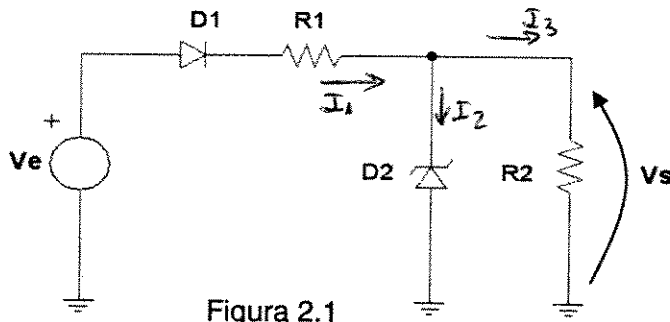


Figura 2.1

D1	D2
$V_{\gamma 1} = 0,6 \text{ V}$	$V_{\gamma 2} = 0,6 \text{ V}$
$I_{FM} = 50 \text{ mA}$	$I_{FM} = 50 \text{ mA}$
$I_S = 0$	$ V_Z = 3,3 \text{ V}$
$ V_{RM} = 50 \text{ V}$	$I_{ZK} = 0 \text{ A}$
	$ I_{ZM} = 50 \text{ mA}$

- a) Siendo $V_e(t)$ la representada en la figura 2.2, calcule, justificadamente, $V_s(t)$ y represéntela, utilizando los siguientes datos: $R_1 = R_2 = 1 \text{ k}\Omega$. **(5 pts)**

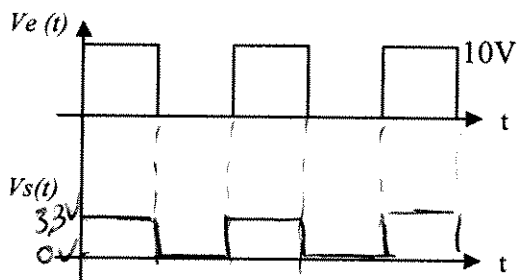


Figura 2.2

$- \text{Si } V_e = 0 \text{ V} \rightarrow D_1 \text{ y } D_2 \text{ en OFF} \Rightarrow V_s = 0 \text{ V}$
 $- \text{Si } V_e = 10 \text{ V}; \text{ supongo } D_1 \text{ en ON y } D_2 \text{ en Zener}$
 $I_3 = \frac{3,3 \text{ V}}{1 \text{ k}\Omega} = 3,3 \text{ mA}; I_1 = \frac{10 - 0,6 - 3,3}{1 \text{ k}\Omega} = 6,1 \text{ mA}$
 $I_{ZK} < I_2 = 2,8 \text{ mA} < I_{ZM} \rightarrow \text{si "zener"} \Rightarrow V_s = 3,3 \text{ V}$
 $I_1 = 6,1 \text{ mA} > 0 \rightarrow \text{si en "ON"} \Rightarrow V_s = 3,3 \text{ V}$

- b) Si $V_e = 12 \text{ V}$ (tensión continua), ¿qué valores de R_1 impiden la destrucción de los diodos? Utilice el siguiente dato: $R_2 = 1 \text{ k}\Omega$. **(7 pts)**

$I_1 = \frac{12 - 0,6 - 3,3}{R_1} \quad I_2 = I_1 - 3,3 \text{ mA}$ Cumpliendo $I_1 < 50 \text{ mA}$ es suficiente.
 $I_1 < 50 \text{ mA}$ (límite D_1)
 $I_2 < 50 \text{ mA}$ (límite D_2)
 $R_1 > \frac{8,1 \text{ V}}{50 \text{ mA}} = 162 \Omega$

- c) El diodo D_1 se somete a una prueba de conmutación mediante el circuito de la figura 2.3. Si $V_e(t)$ es cuadrada de niveles 0 V y 5 V , y su frecuencia es de $f = 150 \text{ MHz}$, ¿qué margen de valores del ciclo de trabajo ($D\%$) serían válidos? **(7 pts)**

Datos: $R = 1 \text{ k}\Omega$; $t_{rr} = 5 \text{ ns}$; $t_{fr} = 1 \text{ ns}$; $D(\%) = (t_H/T) \cdot 100$

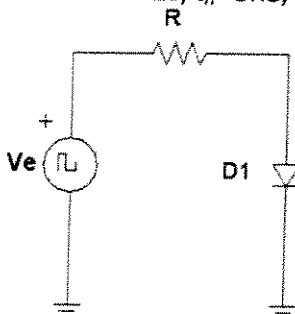


Figura 2.3

$T_H > t_{gr}; d \cdot T > 1 \text{ ns} \rightarrow d > 0,15$
 $T_L > t_{rr}; (1-d) \cdot T > 5 \text{ ns} \rightarrow d < 0,25$

$0,15 < d < 0,25$

$D(\%) = \frac{T_H}{T} \cdot 100 = d \cdot 100$

$15\% < D(\%) < 25\%$

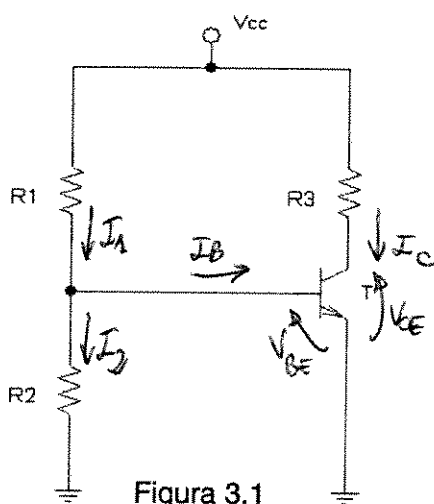
d) Los diodos utilizados en el circuito de la figura 2.1 son diodos de unión. Rodee con un círculo la información correcta relativa a semiconductores y unión PN en las siguientes frases. (6 pts)

- d.1) El ánodo del diodo se corresponde con la zona (N / P) de la unión.
 d.2) Un semiconductor dopado con con Fósforo (P) pentavalente es un semiconductor tipo (N / P).
 d.3) La corriente de difusión es debida a (un campo eléctrico / un gradiente de concentración) en el semiconductor.
 d.4) Un semiconductor extrínseco es aquel que (no está dopado / está dopado con impurezas).
 d.5) Cuando una unión PN se polariza en directo la zona de la unión (aumenta / disminuye).
 d.6) La movilidad μ de un semiconductor (aumenta / disminuye) si la temperatura se incrementa positivamente.

Problema 3

(25 puntos)

Del circuito de la figura 3.1 se conocen los siguientes datos:



$$T \begin{cases} V_{BEY} = 0,6 \text{ V} \\ \beta = 50 \\ V_{CEsat} = 0,2 \text{ V} \end{cases}$$

$$\begin{aligned} R_1 &= 1 \text{ k}\Omega \\ R_3 &= 16 \text{ }\Omega \\ V_{CC} &= 12 \text{ V} \end{aligned}$$

Figura 3.1

a) Si $R_2 = 500 \text{ }\Omega$, calcule el punto de polarización del transistor y la potencia disipada por el mismo. (10 pts)

Supongo T en activa $\rightarrow V_{BE} = 0,6 \text{ V}$

$$I_2 = \frac{0,6 \text{ V}}{0,5 \text{ k}\Omega} = 1,2 \text{ mA} \quad ; \quad I_1 = \frac{12 - 0,6}{R_1} = 11,4 \text{ mA}$$

$$I_B = 10,2 \text{ mA} \rightarrow I_C = 102 \cdot 50 = 510 \text{ mA} = 0,51 \text{ A}$$

$$V_{CE} = 12 - 16 \cdot 0,51 = 3,84 \text{ V} > V_{CEsat}$$

$$P_{dis} \approx 3,84 \text{ V} \cdot 0,51 \text{ A} \approx 1,96 \text{ W}$$

$$\left(\begin{cases} V_{BE} = 0,6 \text{ V} \\ V_{CE} = 3,84 \text{ V} \\ I_B = 10,2 \text{ mA} \\ I_C = 510 \text{ mA} \end{cases} \right)$$

b) Si $V_{CE} = 6\text{ V}$, ¿qué valor tiene R_2 ? ¿Qué potencia disipa el transistor?

(8 pts)

Como $V_{CE} = 6\text{ V} > V_{CE\text{SAT}} \rightarrow T$ en activa

$$I_C = \frac{12 - 6}{16} = 0,375\text{ A} \rightarrow I_B = \frac{0,375}{50} = 7,5\text{ mA}$$

$$I_1 = 11,4\text{ mA} \rightarrow I_2 = 11,4 - 7,5 = 3,9\text{ mA}$$

$$R_2 = \frac{0,6\text{ V}}{3,9\text{ mA}} \approx 153\ \Omega //$$

$$P_D = 6 \cdot 0,375 = \underline{\underline{2,25\text{ W}}}$$

c) Para que el transistor esté en corte, ¿qué margen de valores de R_2 sería necesario? En estas condiciones ¿cuánto vale V_{CE} ? (7 pts)

$$\text{Corte} \Rightarrow I_B = I_C = 0$$

$$I_1 = I_2 = \frac{12}{1 + R_2}$$

$$V_{BE} = R_2 \cdot \frac{12}{1 + R_2} \leq 0,6 \Rightarrow \boxed{R_2 \leq 52,6\ \Omega}$$

$$V_{CE} = 12 - R_3 \cdot 0 = \underline{\underline{12\text{ V}}}$$

Problema 4

Dado el circuito de la figura 4.1, se pide:

(25 puntos)

Datos:

$$V_1 = -12V$$

Transistor T_1 : Transistor T_2 :

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

$$I_{DSS} = 18mA$$

$$V_T = -3V$$

$$V_P = -4V$$

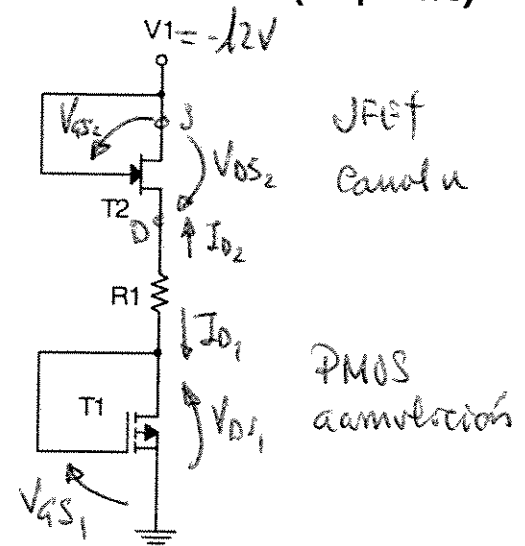


Figura 4.1

- a) Indique, **justificadamente**, en el circuito de la figura 4.1, cuáles son los terminales del drenador y surtidor del transistor T_2 . **(2 pts)**

con $V_1 = -12V$ I_{D2} positiva debe entrar por el drenador D, según se ve en la figura 4.1

- b) Calcule el margen de valores de R_1 que hacen que ambos transistores trabajen en sus zonas de Saturación. **(8 pts)**

T_2 en SATURACIÓN con $V_{GS2} = \phi$ $I_{D2} = I_{DSS} = 18mA$

T_1 en SATURACIÓN $I_{D1} = K(V_{GS1} - V_T)^2$; $I_{D1} = -I_{D2}$; $V_{GS1} = V_{DS1}$

$$V_{GS1} = V_T \pm \sqrt{\frac{I_{D1}}{K}} = -3V \pm \sqrt{\frac{18mA}{-2mA/V^2}} = \begin{cases} -6V \\ \text{no tiene sentido} \end{cases}$$

$$V_{GS1} = V_{DS1} = -6V$$

- condición de saturación de T_1 $V_{DS1} \leq V_{GS1} - V_T = V_{DS1} - V_T$ se cumple siempre.
- condición de saturación de T_2 $V_{DS2} \geq V_{GS2} - V_P$

$$V_{DS2} = -I_{D2}R_1 + V_{DS1} - V_1 \geq V_{GS2} - V_P$$

$$R_1 \geq \frac{V_1 - V_{DS1} + V_{GS2} - V_P}{-I_{D2}} = \frac{-12V + 6V + 0 + 4V}{-18mA}$$

$$R_1 \leq \frac{2V}{18mA} = 111,11\Omega$$

c) Calcule la potencia que están disipando ambos transistores si $R_f = 50\Omega$.

(5 ptos)

$$R_f = 50\Omega < 111,11\Omega \Rightarrow T_1 \text{ y } T_2 \text{ en saturación}$$

$$I_{D2} = -I_{D1} = 18\text{mA} \quad I_{D1} = K(V_{GS1} - V_T)^2 \Rightarrow V_{GS1} = V_{DS1} = -6\text{V} \text{ calculado en b).}$$

$$V_{DS2} = -V_1 - I_{D2} \cdot R_f + V_{DS1} = 12\text{V} - 18\text{mA} \cdot 50\Omega - 6\text{V} = 5,1\text{V}$$

$$P_{T1} = I_{D1} \cdot V_{DS1} = -18\text{mA} \cdot (-6\text{V}) = 108\text{mW}$$

$$P_{T2} = I_{D2} \cdot V_{DS2} = 18\text{mA} \cdot 5,1\text{V} = 91,8\text{mW}$$

d) Si en el transistor T_1 estuviese disipando $P_{T1} = 0,75\text{W}$ y el transistor T_2 estuviese disipando $P_{T2} = 0,8\text{W}$. y con los siguientes datos:

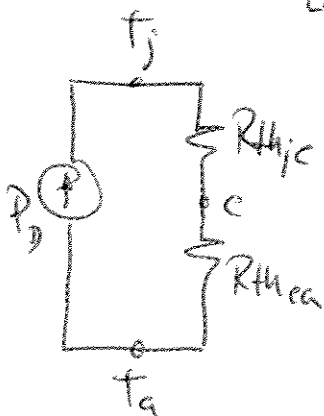
T_1	$R_{th-jc} = 115^\circ\text{C/W}$	T_2	$R_{th-jc} = 85^\circ\text{C/W}$
	$R_{th-ca} = 80^\circ\text{C/W}$		$R_{th-ca} = 55^\circ\text{C/W}$
	$T_{jmax} = 150^\circ\text{C}$		$T_{jmax} = 125^\circ\text{C}$

d.1) Calcule la temperatura ambiente máxima T_{a_max} a la que podría estar trabajando cada transistor.

(5 ptos)

La T_{a_max} se calcula por la T_{jmax}

$$T_{a_max} = T_{jmax} - P_D \cdot R_{th-ja}$$



$$T_1) \quad T_{a_max}(T_1) = 150^\circ\text{C} - 0,75\text{W} \cdot 115^\circ\text{C/W} = 63,75^\circ\text{C}$$

$$T_2) \quad T_{a_max}(T_2) = 125^\circ\text{C} - 0,8\text{W} \cdot 85^\circ\text{C/W} = 57^\circ\text{C}$$

- d.2) Si la temperatura ambiente fuera $T_a = 60^\circ\text{C}$, indique si haría falta colocar algún disipador en algún transistor y el valor de la resistencia térmica (R_{th-da}) de dicho disipador. **Nota: suponer $R_{th-cd} = 0^\circ\text{C/W}$** (5 pts)

$T_{a\max}(t_1) = 63,75^\circ\text{C} > 60^\circ\text{C}$ no necesita disipador

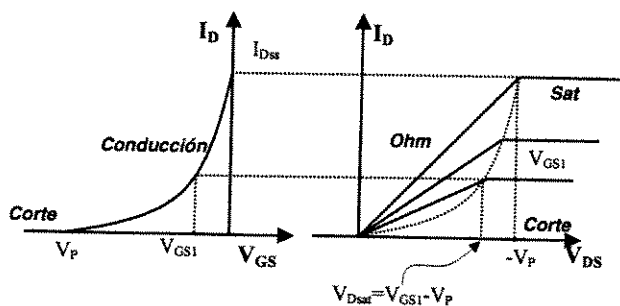
$T_{a\max}(t_2) = 57^\circ\text{C} < 60^\circ\text{C}$ necesita disipador

$t_2) R_{th-je} = R_{th-ja} - R_{th-ca} = 85^\circ\text{C/W} - 55^\circ\text{C/W} = 30^\circ\text{C/W}$

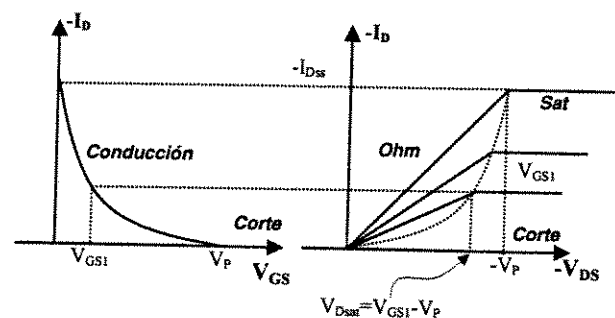
$t_j = T_a + P_D (R_{th-je} + R_{th-da}) \leq T_{j\max}$

$R_{th-da} \leq \frac{T_{j\max} - T_a - P_D \cdot R_{th-je}}{P_D}$

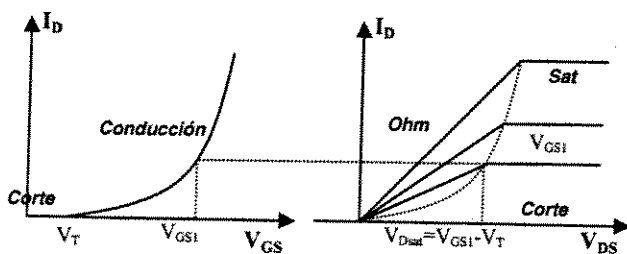
$R_{th-da} \leq \frac{125^\circ\text{C} - 60^\circ\text{C} - 0,8\text{W} \cdot 30^\circ\text{C/W}}{0,8\text{W}} = 51,25^\circ\text{C/W}$



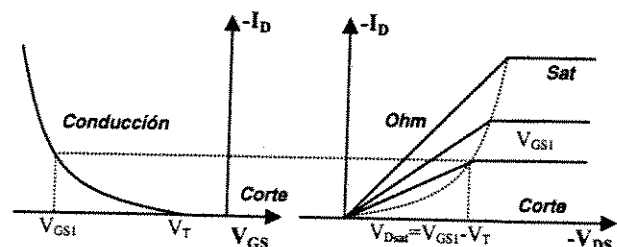
Curvas I-V de JFET canal N



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: $V_{DSsat} = V_{GS} - V_T$	Nota: $k = I_{Dss} / V_P^2$ $V_{DSat} = V_{GS} - V_P$