



ASIGNATURA	COMPONENTES ELECTRÓNICOS	FECHA	5/9/2008
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.

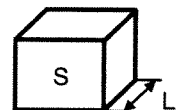
Problema 1

(5 puntos)

Se poseen dos tipos de pastillas semiconductoras:

Germanio (Ge) sin dopar. Temperatura 300 K. Concentración intrínseca, $n_i = 2 \cdot 10^{13} \text{ cm}^{-3}$.
En el germanio la movilidad de electrones es $\mu_n \approx 400 \text{ (cm}^2/\text{V}\cdot\text{s)}$

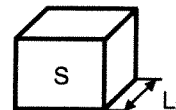
X_1 intrínseco



Silicio (Si) dopado con una concentración de Boro igual a $2 \cdot 10^{14} \text{ cm}^{-3}$. Temperatura 300 K.
Concentración intrínseca, $n_i = 2 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$. La movilidad de electrones es $\mu_n \approx 250 \text{ (cm}^2/\text{V}\cdot\text{s)}$

X_2 extrínseco tipo P

N_A



Datos:

$$\sigma = e \cdot q \cdot \mu \text{ (}\Omega\text{cm)}^{-1}$$

$$\mu_n = 3\mu_p$$

$$R = \frac{1}{\sigma} \cdot \frac{L}{S}$$

$$q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

Ley del producto: $n \cdot p = n_i^2$

Boro: trivalente.

a) Calcule la relación entre las longitudes de las pastillas (L_1 y L_2) para que ambas presenten el mismo valor de resistencia. (5 pts)

$$\sigma_{X_1} = n_i \cdot q \cdot (\mu_n + \mu_p) \rightarrow R_{X_1} = \frac{1}{2 \cdot 10^{13} \cdot q \cdot \left(400 + \frac{400}{3}\right)} \cdot \frac{L_1}{S}$$

$$\sigma_{X_2} \approx N_A \cdot q \cdot \mu_p \rightarrow R_{X_2} = \frac{1}{2 \cdot 10^{14} \cdot q \cdot \frac{250}{3}} \cdot \frac{L_2}{S}$$

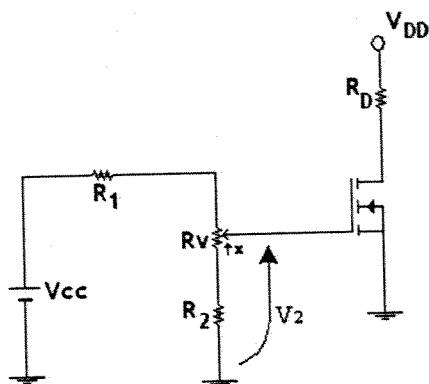
$$R_{X_1} = R_{X_2} \Rightarrow \frac{L_1}{L_2} = 0,64$$

$$\frac{L_2}{L_1} = 1,56$$

Problema 2

(15 puntos)

En el circuito de la figura 2.1 se pretende que la tensión V_2 se pueda ajustar al valor deseado, mediante el desplazamiento del cursor del resistor R_v .



Datos:

$R_{n1}=1,2k\Omega$, $R_{n2}=330\Omega$, ambas pertenecen a un modelo con $P_{nm}=0,5W$ y $V_{nm}=200V$.

$R_{vn}=1k\Omega$, ley de variación lineal.

MOSFET: $V_T=3V$, $K=1mA/V^2$.

$V_{CC}=V_{DD}=10V$

Figura 2.1

- a) Calcule la potencia nominal y la tensión nominal de los resistores R_1 y R_2 .

(4 pts)

$$R_c = \frac{200^2}{0,5} = 80k\Omega$$

$$R_{m1} < R_c \rightarrow P_{n1} = 0,5W ; V_{n1} = \sqrt{0,5 \cdot 1200} = 24,49V$$

$$R_{m2} < R_c \rightarrow P_{n2} = 0,5W ; V_{n2} = \sqrt{0,5 \cdot 330} = 12,84V$$

- b) Calcule los valores de desplazamiento del cursor de R_v para que el valor de V_2 esté comprendido entre $3V$ y $5V$. (Nota: exprese 'x' en tanto por ciento respecto al valor máximo de desplazamiento).

(11 pts)

$$3V \leq V_2 \leq 5V$$

$$V_2 = (x \cdot R_v + R_2) \cdot \frac{V_{CC}}{R_1 + R_v + R_2}$$

$$V_2 = (x \cdot 1k\Omega + 0,33k\Omega) \cdot \frac{10}{1,2k\Omega + 1k\Omega + 0,33k\Omega}$$

$$V_2 = 3,95 \cdot x + 1,3$$

$$3 \leq 3,95 \cdot x + 1,3 \leq 5$$

$$\rightarrow x \geq 0,43 \quad \rightarrow x \leq 0,93$$

$$0,43 \leq x \leq 0,93$$

$$43\% \leq x(\%) \leq 93\%$$

Problema 3

(15 puntos)

Dado el circuito de la figura 3.1 y la característica V-I, figura 3.2, del componente "X", se pide:

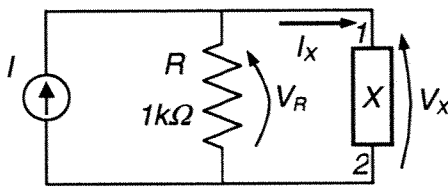


Figura 3.1

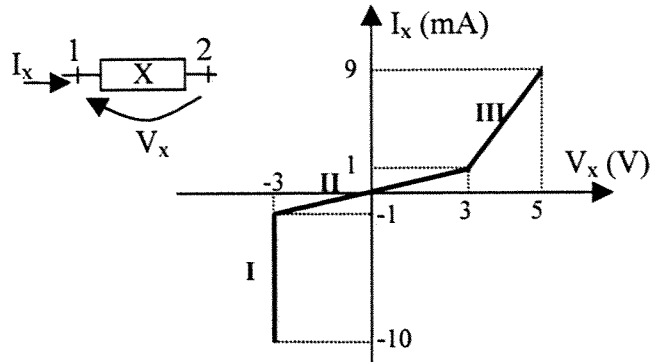
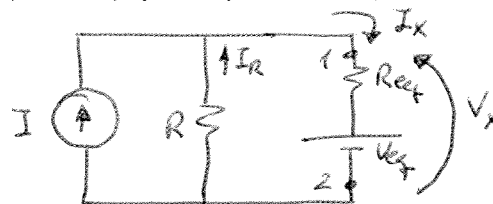


Figura 3.2

a) Calcule los valores mínimo y máximo de I (I_{min} , I_{max}) para que el componente "X" trabaje siempre en la zona III. (8 pts)

Zona III $\left\{ \begin{array}{l} R_{eq} = \frac{2V}{8mA} = 250\Omega \\ V_{eq} = 3V - 250\Omega \cdot 1mA = 2,75V \end{array} \right.$



Condición de funcionamiento en la Zona III $I_{xmin} = 1mA \leq I_X \leq I_{xmax} = 9mA$

$$\begin{cases} I + I_R = I_X \\ -V_{eq} = I_R R + I_X R_{eq} \end{cases}$$

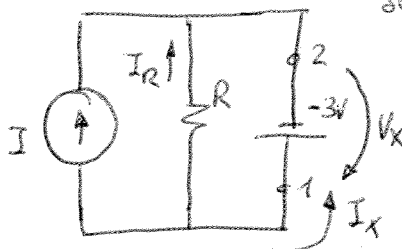
$$I_{xmin} \leq I_X = \frac{I \cdot R - V_{eq}}{R + R_{eq}} \leq I_{xmax}$$

$$I \geq \frac{I_{xmin} (R + R_{eq}) + V_{eq}}{R} = \frac{1mA \cdot (1,25K\Omega + 2,75V)}{1K\Omega} = 4mA$$

$$I \leq \frac{I_{xmax} (R + R_{eq}) + V_{eq}}{R} = \frac{9mA \cdot (1,25K\Omega + 2,75V)}{1K\Omega} = 14mA$$

$$4mA \leq I \leq 14mA$$

b) Calcule el punto de trabajo del componente "X" si se intercambian los terminales del mismo. Para este apartado utilice el siguiente dato $I = 10mA$ (7 pts)



Supongo a X trabajando en la Zona I

$$V_X = -3V$$

$$I_X = -I - I_R = -I - \frac{V_X}{R} = -10mA - \frac{-3V}{1K\Omega} = -7mA$$

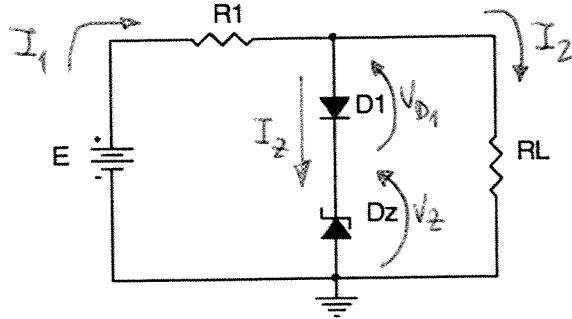
$-10mA \leq I_X = -7mA \leq -1mA$ luego pertenece a la Zona I.

$$Q. \left\{ \begin{array}{l} V_X = -3V \\ I_X = -7mA \end{array} \right.$$

Problema 4

(15 puntos)

Del circuito de la figura 4.1 se conoce:



Datos:

Diodo D_1 : $V_f = 0,6V$

Diodo D_Z : $|V_Z| = 5,4V$, $|I_{ZK}| = 1mA$, $|I_{ZM}| = 80mA$

$R_1 = 500\Omega$

Figura 4.1

a) Calcule los valores de R_L que hacen que el diodo D_Z funcione en la zona zener. (10 pts)

Dato $E=50V$ si D_Z está en Zener D_1 debe estar en DIRECTO

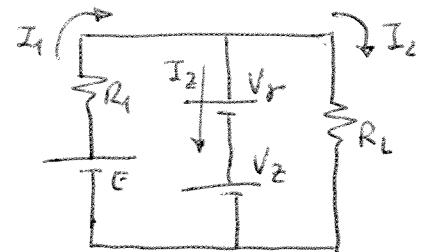
Condición de funcionamiento en Zener $I_{ZK} \leq I_Z \leq I_{ZM}$

$$I_{ZK} \leq I_Z = I_1 - I_2 = \frac{E - V_f - V_Z}{R_1} - \frac{V_f + V_Z}{R_L} \leq I_{ZM}$$

$$R_L \geq \frac{V_f + V_Z}{\frac{E - V_f - V_Z}{R_1} - I_{ZK}} = \frac{0,6V + 5,4V}{\frac{50V - 0,6V - 5,4V}{500\Omega} - 1mA} = 68,96\Omega$$

$$R_L \leq \frac{V_f + V_Z}{\frac{E - V_f - V_Z}{R_1} - I_{ZM}} = \frac{0,6V + 5,4V}{\frac{50V - 0,6V - 5,4V}{500\Omega} - 80mA} = 750\Omega$$

$$68,96\Omega \leq R_L \leq 750\Omega$$



b) La señal de entrada del circuito de la figura 4.2 es cuadrada con un ciclo de trabajo $D=80\%$. Calcule el margen de frecuencias de la señal de entrada para que el diodo conmute. (5 pts)

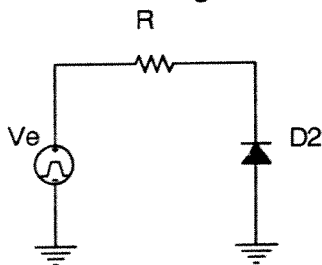


Figura 4.2

Datos: Diodo D_2 : $V_f = 0,6V$, $t_{fr} = 25ns$, $t_{rr} = 60ns$

$V_{eL} = -5V$, $V_{eH} = 5V$; $R = 1k\Omega$

* si $V_e = V_{eL} = -5V$ D_2 en ON

$$t_L = (1-D) \cdot T \geq t_{fr} \quad T \geq \frac{t_{fr}}{1-D} = \frac{25ns}{1-0,8} = 125ns \quad f \leq 8MHz$$

* si $V_e = V_{eH} = 5V$ D_2 en OFF

$$t_H = D \cdot T \geq t_{rr} \quad T \geq \frac{t_{rr}}{D} = \frac{60ns}{0,8} = 75ns \quad f \leq 13,3MHz$$

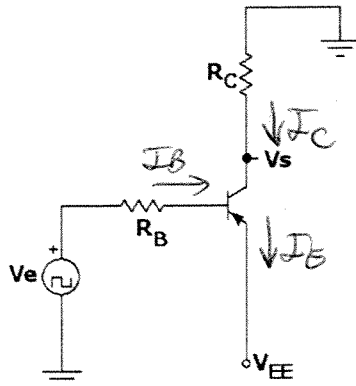
peor caso

$$f \leq 8MHz$$

Problema 5

(20 puntos)

El circuito de la figura 5.1 se ha utilizado para medir los tiempos de conmutación del transistor. Para ello se introduce una señal V_e cuadrada de niveles $0V$ y $10V$, y se mide la tensión V_s .



Los datos que se conocen son:

Transistor:

$$\beta = 50$$

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

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

$$R_B = 1 k\Omega$$

$$R_C = 500 \Omega$$

$$V_{EE} = 10 V$$

Figura 5.1

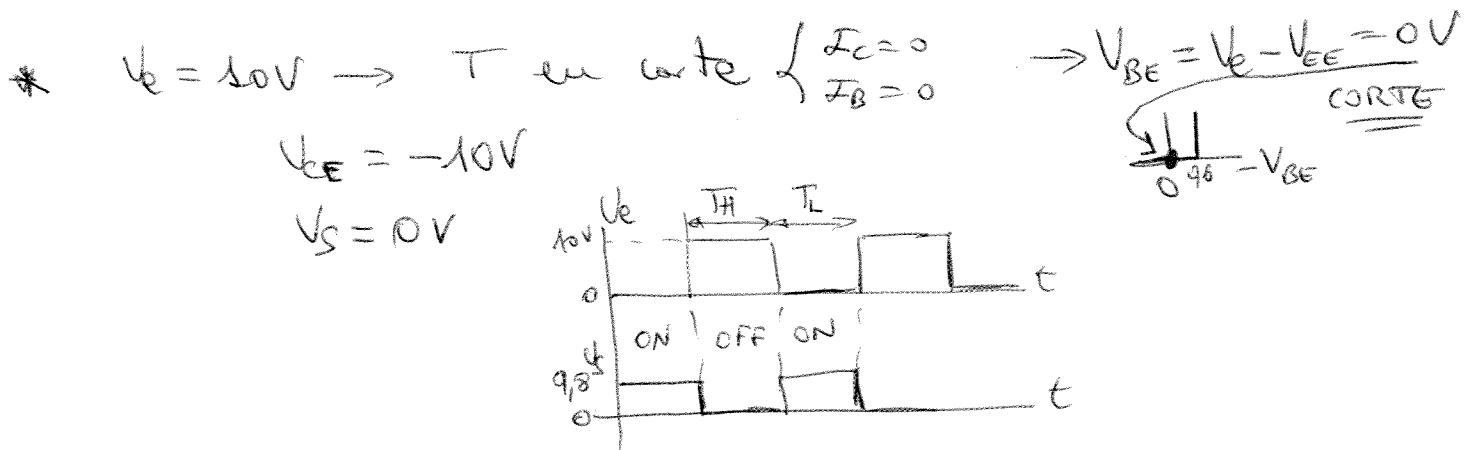
a) Calcule el punto de polarización del transistor para los dos valores de la tensión de entrada V_e , $V_e = 0V$ y $V_e = 10V$. (10 pts)

* $V_e = 0V \rightarrow T$ en saturación $\begin{cases} V_{CE} = -0,2V \\ V_{BE} = -0,6V \end{cases} \rightarrow I_B = \frac{-10 + 0,6}{1k\Omega} = -9,4mA$

$$I_C = \frac{-10 + 0,2}{0,5k\Omega} = -19,6mA$$

$|I_C| < |\beta \cdot I_B|$
OK, SATURADO

$$V_s = -0,2 + 10 = 9,8V$$



b) Si la frecuencia de V_e que se ha utilizado es $f = 7,5 MHz$, calcule los posibles valores del ciclo de trabajo. (Datos: $t_{on} = 25ns$, $t_{off} = 75ns$). (10 pts)

$$d = \frac{T_H}{T} \Rightarrow T_H = d \cdot T$$

$$T_L = (1-d)T$$

$$T = \frac{1}{f} \rightarrow f = \frac{1}{T}$$

* Para que pase a OFF $\rightarrow T_H \geq t_{off} \rightarrow dT \geq t_{off} \rightarrow d \geq \frac{t_{off}}{T}$
 $d \geq 0,562$

* Para que pase a ON $\rightarrow T_L \geq t_{on} \rightarrow (1-d)T \geq t_{on} \rightarrow d \leq 0,812$

$$56,2\% \leq D\% \leq 81,2\%$$

Problema 6

(20 puntos)

Dado el circuito de la figura 6.1, las ecuaciones y gráficas de los transistores JFET, se pide:

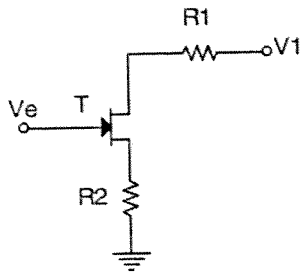


Figura 6.1

Datos:

$$|I_{DSS}| = 8 \text{ mA}$$

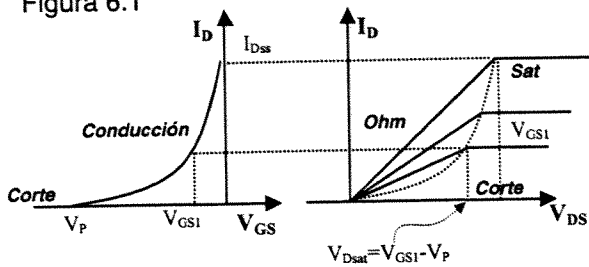
$$|V_P| = 4 \text{ V}$$

$$V_1 = 10 \text{ V}$$

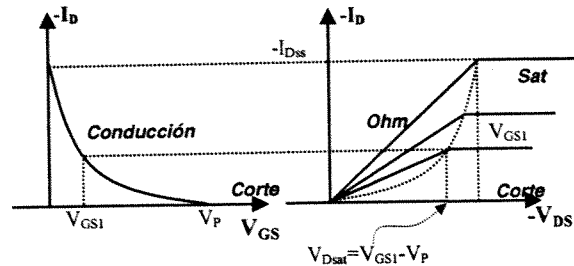
$$R_1 = 1 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = 2 \text{ k}\Omega$$

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



Curvas I-V de JFET canal N



Curvas I-V de JFET canal P

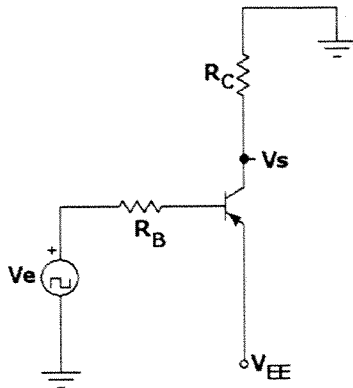
a) Calcule el margen de valores de V_e que hacen que el transistor trabaje en corte. (5 pts)

b) Calcule el valor de la tensión de entrada $V_{e_{lim}}$ que hace que el transistor trabaje en el límite entre óhmica y saturación, e indique además para que valores de V_e el transistor trabajará en óhmica y cuáles hacen que trabaje en saturación. (15 pts)

Problema 5

(20 puntos)

El circuito de la figura 5.1 se ha utilizado para medir los tiempos de conmutación del transistor. Para ello se introduce una señal V_e cuadrada de niveles $0V$ y $10V$, y se mide la tensión V_s .



Los datos que se conocen son:

Transistor:

$$\beta = 50$$

$$V_{BE\gamma} = -0,6 \text{ V}$$

$$V_{CEsat} = -0,2 \text{ V}$$

$$R_B = 1 \text{ k}\Omega$$

$$R_C = 500 \text{ }\Omega$$

$$V_{EE} = 10 \text{ V}$$

Figura 5.1

a) Calcule el punto de polarización del transistor para los dos valores de la tensión de entrada V_e , $V_e=0V$ y $V_e=10V$. (10 ptos)

b) Si la frecuencia de V_e que se ha utilizado es $f = 7,5 \text{ MHz}$, calcule los posibles valores del ciclo de trabajo. (Datos: $t_{on}=25ns$, $t_{off}=75ns$). (10 ptos)

Problema 6

(20 puntos)

Dado el circuito de la figura 6.1, las ecuaciones y gráficas de los transistores JFET, se pide:

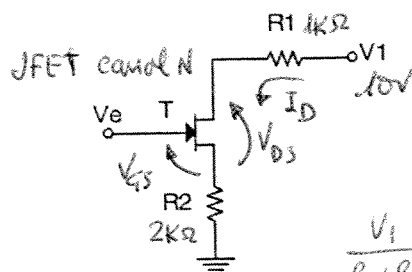


Figura 6.1

Datos:

$$|I_{DSS}| = 8 \text{ mA}$$

$$|V_p| = 4 \text{ V}$$

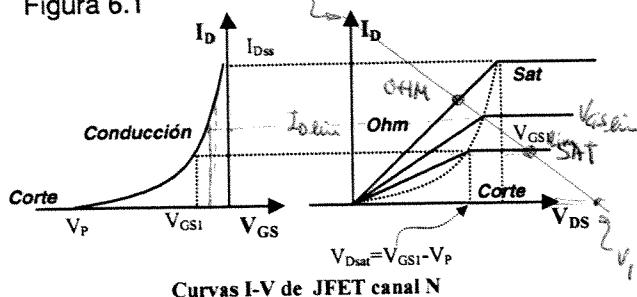
$$V_1 = 10 \text{ V}$$

$$R_1 = 1 \text{ k}\Omega$$

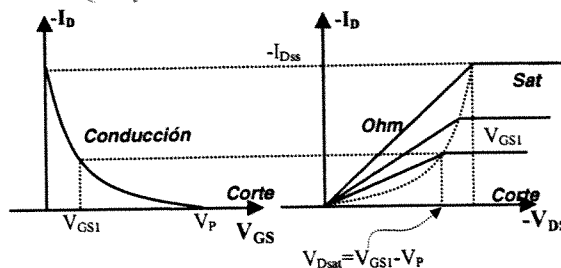
$$R_2 = 2 \text{ k}\Omega$$

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

$$K = \frac{I_{DSS}}{V_p^2} = \frac{8 \text{ mA}}{(-4 \text{ V})^2} = 0,5 \text{ mA/V}^2$$



Curvas I-V de JFET canal N



Curvas I-V de JFET canal P

- a) Calcule el margen de valores de V_e que hacen que el transistor trabaje en corte. (5 pts)

Condición de corte $V_{GS} \leq V_p$, en corte $I_D = 0 \text{ A}$

$$V_e - V_{GS} = I_D \cdot R_2 = 0 \quad V_{GS} = V_e \leq V_p$$

$$V_e \leq V_p = -4 \text{ V}$$

- b) Calcule el valor de la tensión de entrada $V_{e_{lim}}$ que hace que el transistor trabaje en el límite entre óhmica y saturación, e indique además para que valores de V_e el transistor trabajará en óhmica y cuáles hacen que trabaje en saturación. (15 pts)

$$\text{Límite entre Óhmica y saturación} \quad I_D = K (V_{GS} - V_p)^2 = K V_{DSat}^2$$

$$V_{DS} = V_{DSat} = V_{GS} - V_p$$

$$V_1 - V_{DSat} = I_D \cdot (R_1 + R_2)$$

$$V_{DSat}^2 (K (R_1 + R_2)) + V_{DSat} - V_1 = 0 \quad 1,5 V_{DSat}^2 + V_{DSat} - 10 = 0 \quad \left\{ \begin{array}{l} V_{DSat} = 2,27 \text{ V} \\ V_{DSat} = -2,936 \text{ V} \end{array} \right.$$

$$V_{GS_{lim}} = V_{DSat} + V_p = 2,27 \text{ V} - 4 \text{ V} = -1,73 \text{ V} \quad I_{D_{lim}} = K V_{DSat}^2 = 0,5 \text{ mA/V}^2 \cdot 2,27 \text{ V} = 2,576 \text{ mA}$$

$$V_e - V_{GS} = I_D \cdot R_2; \text{ en el límite } V_{e_{lim}} - V_{GS_{lim}} = I_{D_{lim}} \cdot R_2$$

$$V_{e_{lim}} = V_{GS_{lim}} + I_{D_{lim}} \cdot R_2 = -1,73 \text{ V} + 2,576 \text{ mA} \cdot 2 \text{ k}\Omega = 3,42 \text{ V}$$

$$V_{GS} = \frac{V_e}{R_2}$$

$$\text{si } V_e > V_{e_{lim}} \Rightarrow V_{GS} > V_{GS_{lim}} \Rightarrow \text{ÓHMICA}$$

$$\text{si } V_e < V_{e_{lim}} \Rightarrow V_{GS} < V_{GS_{lim}} \Rightarrow \text{SATURACIÓN}$$

Ver gráficas

$$-4 \text{ V} \leq V_e \leq 3,42 \text{ V} \quad \text{SAT}$$

$$V_e \geq 3,42 \text{ V} \quad \text{ÓHM}$$

Problema 7

(10 puntos)

Dado un transistor como el de la figura 7.1 (ver datos adjuntos). Responda las cuestiones:

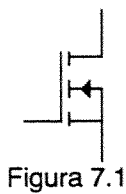


Figura 7.1

$P_{MAX} = 2W$ (hasta $T_a = 25^\circ C$)
 $T_{JMAX} = 150^\circ C$

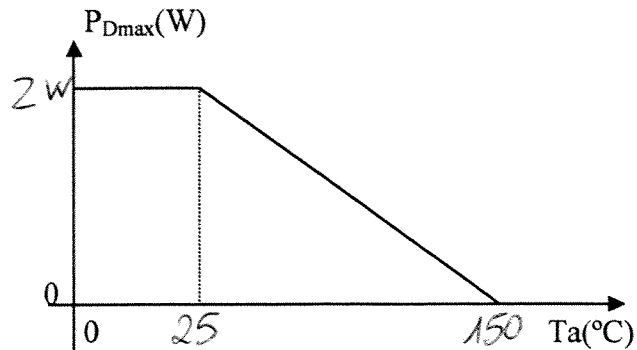


Figura 7.2

- a) Complete la figura 7.2 con los valores que falten y calcule el valor de resistencia térmica del transistor. (3 pts)

$$R_{th} = \frac{150 - 25}{2} = 62,5^\circ C/W$$

- b) Calcule la temperatura ambiente máxima a la que podría trabajar el transistor si $I_D = 180 mA$ y $V_{DS} = 10 V$ (4 pts)

$$P_D = V_{DS} \cdot I_D = 1,8W$$

$$P_{Dmax} = \frac{T_{jmax} - T_a}{R_{th}}$$

$$T_a = T_{jmax} - P_D \cdot R_{th} = 150 - 1,8 \cdot 62,5 = 37,5^\circ C$$

$$\left(T_J = T_a + P_D \cdot R_{th} \leq T_{jmax} \rightarrow T_a \leq 37,5^\circ C \right)$$

- c) Si queremos trabajar con $I_D = 180 mA$ y $V_{DS} = 10 V$ a una temperatura ambiente de $60^\circ C$, indique qué disipador habría que utilizar. (Datos: $R_{thjc} = 20^\circ C/W$, $R_{thcd} = 0^\circ C/W$) (3 pts)

$$T_a + P_D \cdot R'_{thja} \leq T_{jmax}$$

$$R'_{thja} \leq \frac{150 - 60}{1,8} = 50^\circ C/W$$

$$R'_{thja} = R_{thjc} + R_{thcd} + R_{thda} \leq 50$$

20

0

$$R_{thda} \leq 30^\circ C/W$$

