

FUNDAMENTOS DE ELECTRÓNICA

Segundo Parcial (2012-2013)

Apellidos:

Nombre:

Compañía:

Sección:

Fecha: 19/06/2013

- Rellene sus datos personales
- Compruebe que tiene todas las cuestiones y ejercicios resueltos
- El examen deberá ser escrito a bolígrafo
- Se puede utilizar calculadora pero debe ser NO programable
- No arranque ninguna hoja del examen

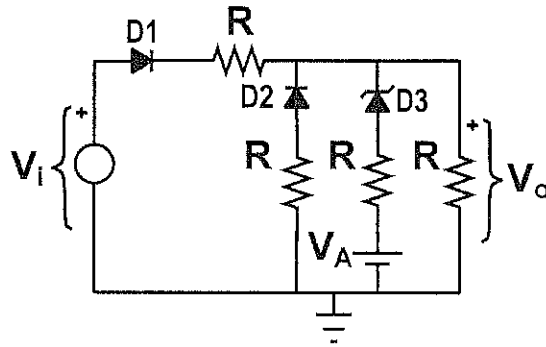
Ejercicio 1	Ejercicio 2	Ejercicio 3
/2	/1	/2.5
Ejercicio 4	Cuestión 1	Cuestión 2
/2	/1.5	/1
NOTA FINAL		

EJERCICIO 1

/ 2

Dado el siguiente circuito, obtenga la característica de transferencia V_0 vs. V_i , con $V_i \in [-\infty, \infty]$. Suponga los siguientes modelos lineales para los diodos:

- La tensión en directa de **todos** los diodos es $V_\gamma = 0.5$ V.
- El diodo zener tiene una tensión de ruptura de $|V_z| = 2.5$ V.



$V_A = 6$ V, todas las resistencias tienen el mismo valor

ESERCICIO 1:

D1 si $V_c - V_o \geq V_g \Rightarrow D1 \text{ on}$

D2 si $-V_o \geq V_g \Rightarrow D2 \text{ on}$

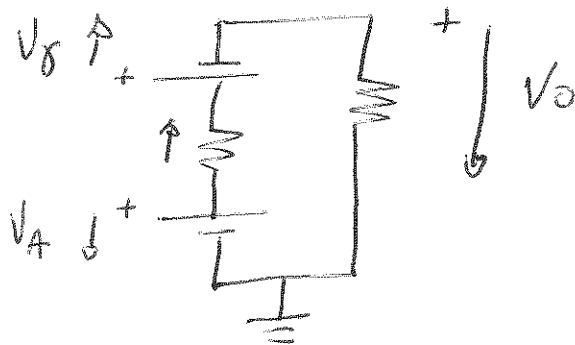
Para que D2 on necesita una tensión V_o negativa, esto nunca ocurre porque para $V_c < V_g + V_o$ el D1 no conduce.

D3: si $V_A - V_o \geq V_g \Rightarrow D3 \text{ on} \quad (V_o \leq V_A - V_g)$

si $V_o - V_A \geq V_g \Rightarrow D3 \text{ inversa} \quad (V_o \geq V_A + V_g)$

si $V_A - V_g \leq V_o \leq V_A + V_g \Rightarrow D3 \text{ corte}$

Para V_c negativas: Suponemos $D1 \text{ off}$
 $D2 \text{ off}$
 $D3 \text{ on}$



$$\left. \begin{aligned} V_A &= IR + V_g + V_o \\ V_o &= IR \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_o = \frac{V_A - V_g}{2} = \frac{6 - 0,5}{2} = 2,75V$$

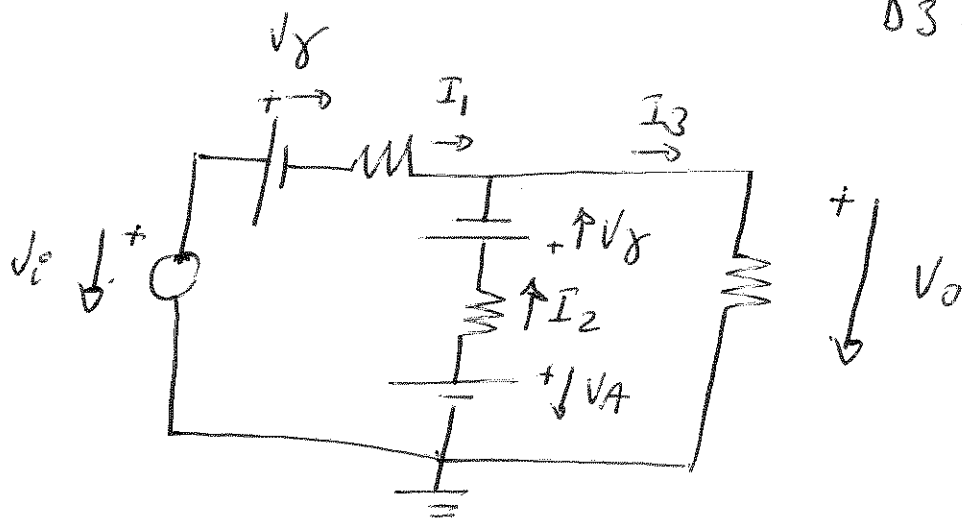
Como $V_o \geq V_g \Rightarrow D2 \text{ off}$

Como $V_A - V_o = 6 - 2,75 = 3,25 \geq V_g \Rightarrow D3 \text{ on}$

D1 off si $V_c - 2,75 \leq V_g \Rightarrow$ Para $V_c \geq V_g + V_o = 3,25V$
 $D1 \text{ on}$

• Para $V_c \in [-\infty, 3,25] \Rightarrow V_o = 2,75V$

Para $V_i \geq 3.25V$ Suponemos $D1$ on
 $D2$ off
 $D3$ on



$$I_1 + I_2 = I_3$$

$$V_i = V_\gamma + I_1 R + V_o \Rightarrow I_1 = \frac{V_i - V_\gamma - V_o}{R}$$

$$V_A = R I_2 + V_\gamma + V_o \Rightarrow I_2 = \frac{V_A - V_\gamma - V_o}{R}$$

$$V_o = I_3 R \Rightarrow I_3 = \frac{V_o}{R}$$

$$\frac{V_i - V_\gamma - V_o}{R} + \frac{V_A - V_\gamma - V_o}{R} = \frac{V_o}{R}$$

$$\frac{V_i - 2V_\gamma + V_A}{3} = V_o \Rightarrow V_o = \frac{V_i}{3} + \frac{6-1}{3} = \frac{V_i + 5}{3}$$

Si $V_i = 3.25V \Rightarrow V_i - V_o = 2V_i + 1.66 = 8.16 > V_\gamma$

Como $V_o \geq 0 \Rightarrow D2$ off

\Downarrow
 $D1$ on

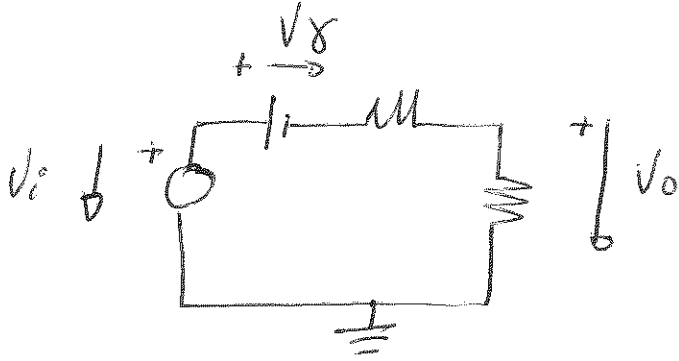
El $D3$ cambia de estado cuando:

$$V_A - V_o < V_\gamma \Rightarrow V_o > V_A - V_\gamma = 5.5$$

$$\frac{V_i + 5}{3} > 5.5 \Rightarrow V_i > 11.5V \Rightarrow D3 \text{ off}$$

Para $V_i \in [3,25, 11,5] V \Rightarrow V_o = \frac{V_i + 5}{3}$

Para $V_i \geq 11,5 V \Rightarrow$ Suponemos $D1$ on
 $D2$ off
 $D3$ off



$$V_i = V_\gamma + IR + V_o$$

$$V_o = IR$$

$$V_o = \frac{V_i - V_\gamma}{2}$$

Si $V_i = 11,5 V \Rightarrow V_o = 5,5 V \Rightarrow D1$ on

Como $V_o \geq 0 \Rightarrow D2$ off

El $D3$ cambia de estado cuando:

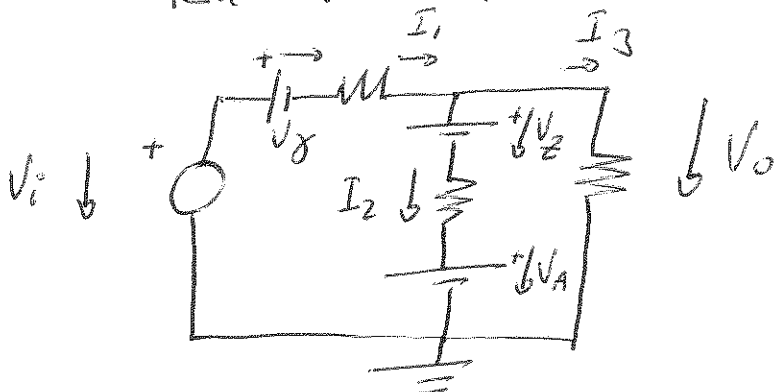
$$V_o - V_A \geq V_2 \Rightarrow V_o \geq V_A + V_2 = 8,5 V$$

$$\frac{V_i - 0,5}{2} \geq 8,5 V$$

$$V_i \geq 17,5 V$$

Para $V_i \in [11,5, 17,5] V \Rightarrow V_o = \frac{V_i - V_\gamma}{2}$

Para $V_i \geq 17,5 V$



$$I_1 = I_2 + I_3$$

$$I_1 = \frac{V_i - V_\gamma - V_o}{R}$$

$$V_o = V_A + V_2 + I_2 R$$

$$I_2 = \frac{V_o - V_A - V_2}{R}$$

$$I_3 = \frac{V_o}{R}$$

$$\frac{V_i - V_x - V_o}{R} = \frac{V_o - V_A - V_Z}{R} + \frac{V_o}{R}$$

$$\frac{V_i - V_x + V_A + V_Z}{3} = V_o \Rightarrow V_o = \frac{V_i + 8}{3}$$

Si $V_i = 17,5V \Rightarrow V_o = 20,16V \Rightarrow D1 \text{ on}$

Como $V_o \geq 0 \Rightarrow D2 \text{ off.}$

Como $V_o \geq V_Z + V_A \Rightarrow D3 \text{ inversa.}$

Para $V_i \in [17,5V, +\infty] \Rightarrow V_o = \frac{V_i + 8}{3}$

EJERCICIO 2

a)	A	B	V_o
	0	0	1
	0	1	0
	1	0	0
	1	1	0

b)	A	B	V_o
	0	0	1
	0	1	0
	1	0	1
	1	1	1

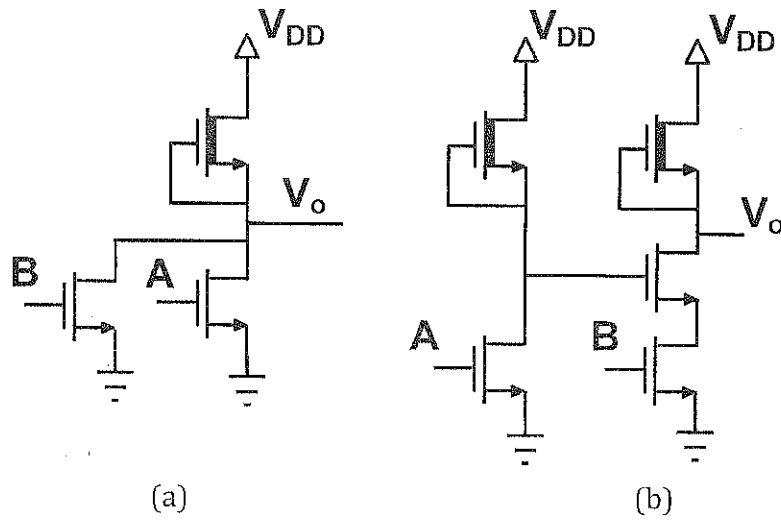
Como es tecnología NMOS, tendremos tensión de salida con valor bajo cuando tengamos un camino a tierra que haga que la corriente en nuestro circuito sea diferente de cero.

En el caso (a) necesitamos canal en el transistor A o B, por lo que A o B a valor 1. En el caso (b) necesitamos que los dos transistores en serie tengan canal, por lo que $A=0$, con lo que la salida del primer bloque estará a valor alto y $B=1$.

EJERCICIO 2

/ 1

Obtenga las tablas de verdad para las dos configuraciones en tecnología NMOS de la siguiente figura. Justifique el razonamiento seguido para obtener una tensión de salida de nivel bajo.

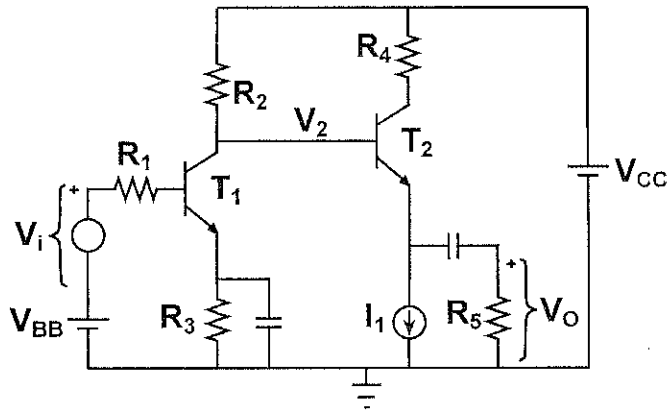


(1 punto)

EJERCICIO 3

/ 2.5

Los transistores bipolares NPN que aparece en el siguiente circuito tiene una $\beta_f = 200$ siendo todos los condensadores de desacoplo.



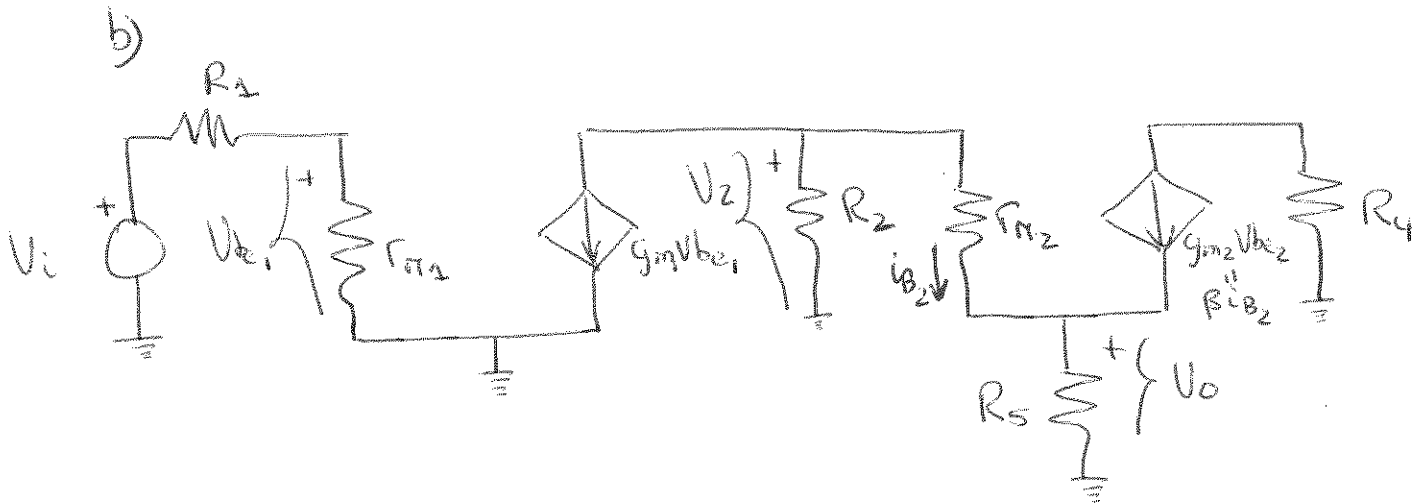
$V_{CC} = 15V$, $V_{BB} = 5V$, $R_1 = 10k\Omega$, $R_3 = 0.5k\Omega$, $R_4 = 0.75 k\Omega$, $R_5 = 100 \Omega$, $I_1 = 10mA$.

- a) Calcular la resistencia R_2 y las corrientes de colector de los transistores T_1 y T_2 , teniendo en cuenta que la tensión colector emisor de T_1 toma el valor $V_{CE} = 2 V$. Considere $V_{BE} = 0,8 V$, e igual en ambos transistores. Resolver sin despreciar la corriente de base de ninguno de los transistores y considerando que en la fuente de corriente I_1 cae una tensión V_1 diferente de $0 V$.
(1.25 puntos)
- b) Representar el modelo de pequeña señal del circuito. **(0.5 puntos)**
- c) Obtener la ganancia de la segunda etapa ($A = V_0/V_2$) del circuito en pequeña señal. Sea V_2 , la tensión entre el punto marcado en el circuito como V_2 y tierra. Suponga $V_T = 25,8 mV$, $g_m = I_{CQ} / V_T$ y $r_{\pi} = \beta/g_m$.
(0.5 puntos)

Dada la ganancia $A = V_0/V_2$ se trata de una etapa: (marque con una x la correcta)

- Amplificadora inversora (señal de entrada y salida en contrafase).
 Amplificadora no inversora (señal de entrada y salida en fase).
 Atenuadora inversora (señal de entrada y salida en contrafase).
 Atenuadora no inversora (señal de entrada y salida en fase).

(0.25 puntos)



c)

$$V_0 = (\beta + 1) i_{B2} R_5$$

$$V_2 = r_{E2} i_{B2} + (\beta + 1) i_{B2} R_5 \quad \left(\Rightarrow \right)$$

$$\Rightarrow \frac{V_0}{V_2} = \frac{(\beta + 1) R_5}{r_{E2} + (\beta + 1) R_5} = 0.975$$

$$g_{m2} = \frac{I_{C2}}{V_T} \Rightarrow r_{E2} = \frac{\beta}{g_{m2}} = \frac{\beta V_T}{I_{C2}} = 518.6 \Omega$$

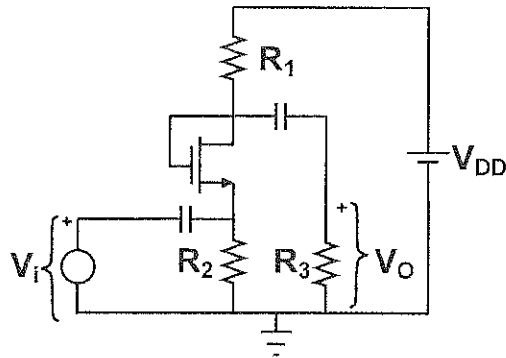
$$\frac{V_0}{V_2} \text{ positiva y } \left| \frac{V_0}{V_2} \right| < 1 \Rightarrow$$

\Rightarrow atenuadora no inversora.

EJERCICIO 4

/ 2

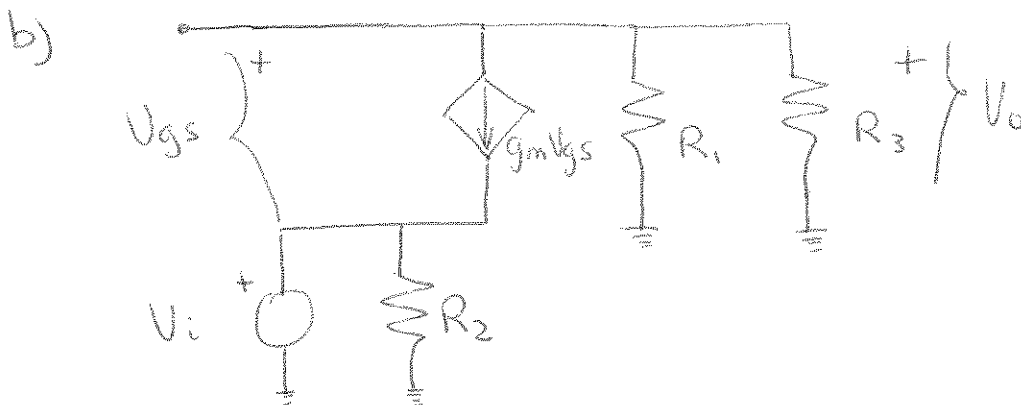
Sea el siguiente circuito.



$V_{DD} = 12V, R_1 = 2k\Omega, R_2 = 8k\Omega, R_3 = 12k\Omega, V_T = 1V, W/L = 20, K = 20 \mu A/V^2$

- a) ¿En qué región está trabajando este MOSFET de canal N? Justifique la respuesta. **(1 punto)**
- b) Represente el modelo de pequeña señal. **(0.5 puntos)**
- c) Siendo $g_m = \sqrt{2k \frac{W}{L} I_{DQ}}$, calcule la ganancia en tensión ($A = V_o/V_i$) del circuito. **(0.5 puntos)**

a) Supongo corte $\Rightarrow I_D = 0 \Rightarrow V_{GS} = V_{DD} > V_T$
 \Rightarrow No está en corte
 Como $V_{DS} = V_{GS} \Rightarrow V_{DS} > V_{GS} - V_T \Rightarrow$ SATURACIÓN



$$c) \quad \begin{cases} V_o = V_{gs} + V_i \\ V_o = -g_m V_{gs} (R_1 // R_3) \end{cases} \quad \left\{ \begin{array}{l} V_i = -V_{gs} - g_m V_{gs} (R_3 // R_1) \end{array} \right.$$

$$\Rightarrow \frac{V_o}{V_i} = \frac{g_m (R_1 // R_3)}{1 + g_m (R_1 // R_3)}$$

Necesito el valor de $g_m \Rightarrow I_D \Rightarrow$ punto de polarización

$$\text{Saturación} \Rightarrow I_D = \frac{K}{2} \frac{W}{L} (V_{gs} - V_T)^2$$

$$\text{Malla} \Rightarrow V_{DD} = I_D R_1 + V_{gs} + I_D R_2$$

$$2V_{gs}^2 - 3V_{gs} - 10 = 0 \quad \left\{ \begin{array}{l} V_{gs} = 3.1V \quad \checkmark \\ V_{gs} = -1.6V \quad \times \end{array} \right.$$

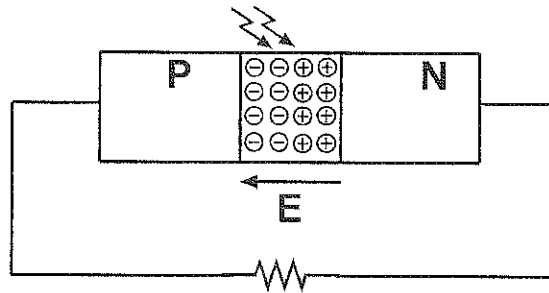
$$\Rightarrow I_D = 0.89 \text{ mA} \quad \Rightarrow g_m = 0.844 \text{ mA/V}$$

$$\Rightarrow \frac{V_o}{V_i} = 0.59$$

CUESTIÓN 1

/ 1.5

Tenemos un fotodiodo polarizado en inversa. Este fotodiodo se ha creado con una base de Si y dopando una de sus mitades con $4 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ impurezas de boro (aceptadoras) y la otra con $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ impurezas de fósforo (donadoras).



- Calcular la concentración de portadores de cada una de las zonas (N-P), a temperatura ambiente. **(0.5 puntos)**
- Calcular la corriente de arrastre. Exprese el resultado en función del campo eléctrico. **(0.5 puntos)**
- Calcular la corriente de arrastre cuando se ilumina la zona de deplexión con fotones suficientes para generar una concentración de portadores igual a $1/3$ de la concentración de impurezas donadoras. **(0.5 puntos)**

Datos: $n_i = 1.45 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$, $\mu_n = 1500 \text{ cm}^2/(\text{Vs})$, $\mu_p = 450 \text{ cm}^2/(\text{Vs})$, $q = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$

CUESTIÓN 2

/ 1

Describir brevemente las tres regiones de trabajo de un transistor MOSFET canal N. Describa el efecto Early. ¿En qué región de trabajo del transistor aparece dicho efecto? Justifique su respuesta.

(1 punto)

CUESTIÓN 1

a) Zona N

$$n_0 \approx N_D^+ \approx N_D = 5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$$

$$p_0 = \frac{n_i^2}{n_0} = \frac{(1,45 \cdot 10^{10})^2}{5 \times 10^{16}} = 4,205 \text{ cm}^{-3}$$

Zona P

$$p_0 \approx N_A^- \approx N_A = 4 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$$

$$n_0 = \frac{n_i^2}{p_0} = 5256,25 \text{ cm}^{-3}$$

b) La corriente de cruce se debe a los minoritarios de la zona N y de la P.

$$\begin{aligned} \vec{J} &= \vec{E} q (N_p p_0 + N_n n_0) = \vec{E} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot \left(450 \frac{\text{cm}^2}{\text{Vs}} \cdot 4205 \text{ cm}^{-3} + \right. \\ &\quad \left. + 1500 \frac{\text{cm}^2}{\text{Vs}} \cdot 5256,25 \text{ cm}^{-3} \right) = \vec{E} \cdot 1,56 \cdot 10^{-12} \frac{\text{C cm}^{-1}}{\text{Vs}} \end{aligned}$$

c) Al iluminar se rompen enlaces covalentes y generamos un hueco y un e^- .

$$\text{Portadores minoritarios} \Rightarrow n_0 \approx \frac{1}{3} N_D$$

$$p_0 \approx \frac{1}{3} N_D$$

$$\vec{J} = \vec{E} q \cdot \frac{1}{3} N_D (n_p + n_n) = 5,2 \cdot \vec{E} \frac{\text{C cm}^{-1}}{\text{Vs}}$$

La corriente aumenta considerablemente al iluminar.

