

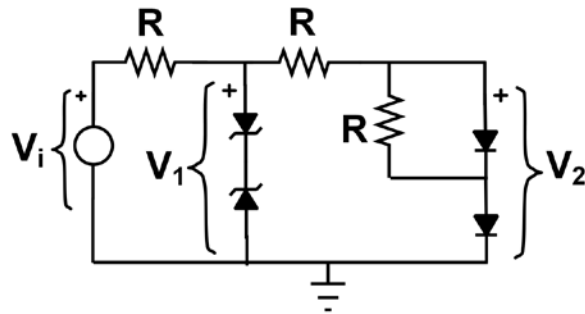
EJERCICIO 1 (2.5 puntos)

Dado el siguiente circuito basados en dos diodos y dos diodos zener.

$$R = 200 \Omega$$

Tome los siguientes datos para los diodos:

- Para los diodos zener:
tensión en directa $V_Y = 0.8 \text{ V}$,
tensión de ruptura $|V_Z| = 12 \text{ V}$ y
potencia máxima 600 mW.
- Para los diodos:
tensión en directa $V_Y = 0.7 \text{ V}$ e
intensidad máxima 100 mA.



Calcule:

- a) Los voltajes límite entre regiones para los diodos en función de V_2 y para los zener en función de V_1 . **(0.5 puntos)**
- b) El valor V_i límite para cada región de funcionamiento del circuito. **(1 punto)**
- c) La V_i mínima y máxima derivada de la limitación de potencia del diodo zener. Compruebe que no se sobrepasa la corriente máxima de los diodos en el rango determinado para V_i . **(1 punto)**

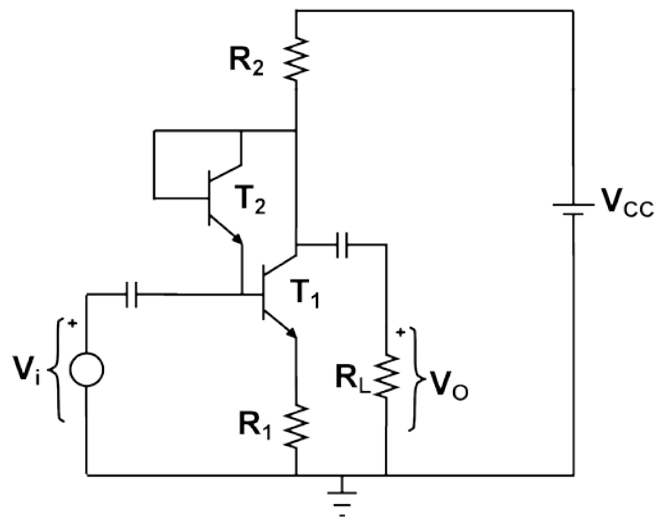
EJERCICIO 2 (3.5 puntos)

Sea el siguiente circuito basado en dos transistores bipolares NPN donde todos los condensadores son de desacoplo.

$$\beta_f = 200, V_{CC} = 15 \text{ V}$$

$$R_1 = 3 \text{ k}\Omega, R_2 = 15 \text{ k}\Omega, R_L = 10 \text{ k}\Omega$$

- a) Calcular el punto de polarización. Considere $V_{BE} = 0,8 \text{ V}$ si la unión base-emisor está en directa. Resolver sin despreciar la corriente de base. **(1 punto)**
- b) Representar el modelo de pequeña señal del circuito. **(0.5 puntos)**
- c) Obtener la ganancia ($A = V_o/V_i$) del circuito en pequeña señal.



Suponga $V_T = 25,8 \text{ mV}$, $g_m = I_{CQ} / V_T$ y $r_{\pi} = \beta / g_m$. **(1 punto)**

Dada la ganancia, determinar las características de la etapa (inversora o no inversora, amplificadora o atenuadora) **(0.25 puntos)**

- d) ¿Qué valor mínimo de V_{CC} hace que los dos transistores salgan de corte? Para valores mayores de este V_{CC} mínimo, ¿en qué regiones estarán trabajando los transistores T_1 y T_2 ? **(0.75 puntos)**

EJERCICIO 3 (2 puntos)

Sea el siguiente circuito:

Transistor NPN:

$$V_{BE} = 0.6 \text{ V}; \beta = 50$$

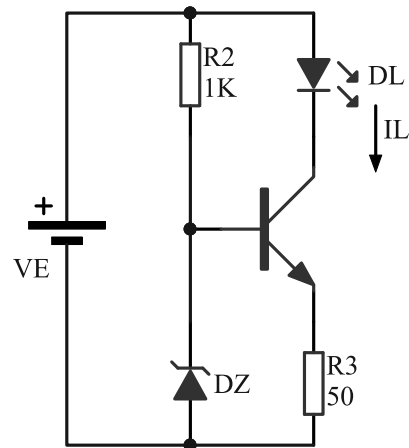
Diodo LED:

$$V_{\gamma} = 2 \text{ V}$$

Diodo Zener:

$$V_{\gamma} = 0.8 \text{ V}; V_Z = 5,7 \text{ V}$$

$$I_{\min} = 4 \text{ mA}; P_{\max} = 500 \text{ mW}$$



- Calcule la intensidad I_L con una tensión de entrada $V_E = 12 \text{ V}$. Comprobar que no se superan los límites impuestos por el diodo Zener. **(1 punto)**
- Calcule el rendimiento del circuito como el cociente entre la potencia disipada por el diodo LED y la potencia consumida en la batería V_E . **(0.5 puntos)**
- Calcular la V_E mínima derivada de la intensidad mínima a través del diodo Zener. **(0.5 puntos)**

CUESTIÓN 1 (2 puntos)

Describa la composición, modelo de bandas, concentración de portadores y conductividad en equilibrio termodinámico para:

- Un semiconductor intrínseco
- Un tipo de semiconductor extrínseco homogéneo

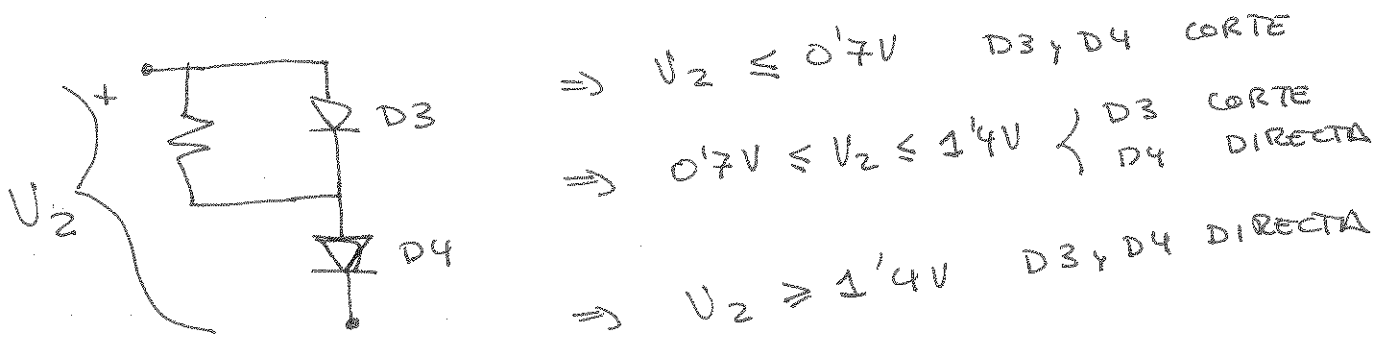
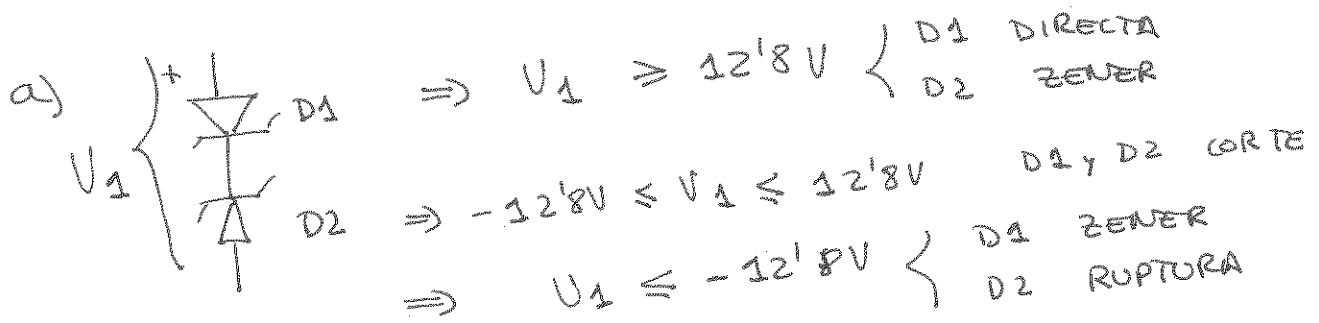
(1.25 puntos)

Describa las condiciones para garantizar el equilibrio termodinámico para un semiconductor y sus características independientemente de que sea un semiconductor intrínseco, extrínseco, homogéneo o no homogéneo.

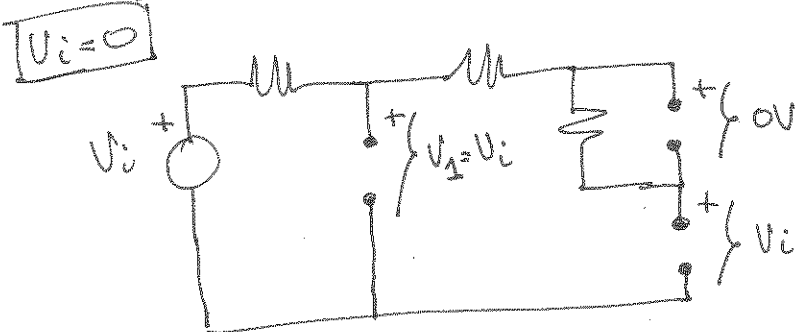
(0.75 puntos)

Ejercicio 1

1^{er} Parcial

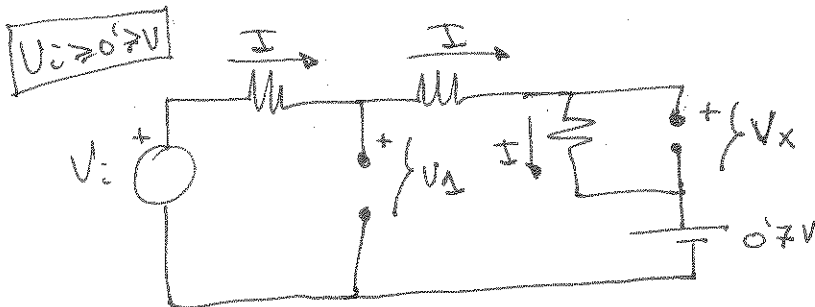


b) V_i es la única fuente de tensión $\Rightarrow V_i = 0 \Rightarrow$ TODOS OFF



En esta situación la tensión V_i influye sobre la combinación $D1+D2$ y sobre $D4$. $D3$ permanece en CORTE.

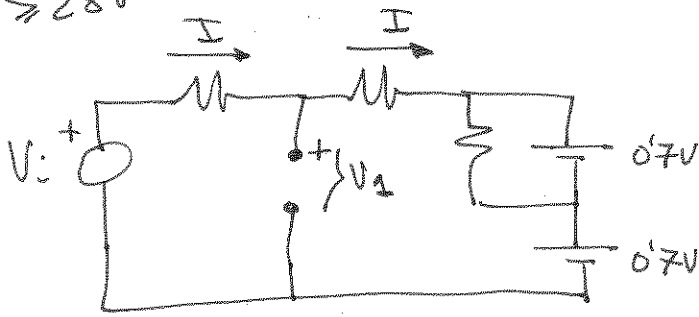
$D4$ necesita $0'7V$
 $D1+D2$ necesitan $12'8V$ $\left\{ \begin{array}{l} \text{primero conducirá } D4 \text{ para } V_i \geq 0'7V \end{array} \right.$



Para $V_i \geq 0'7V$
 $\rightarrow I \geq 0$ $\left\{ \begin{array}{l} V_x \geq 0 \\ V_1 \neq V_i \end{array} \right.$

$D3$ Necesita $V_x = 0'7V \rightarrow IR = 0'7V \rightarrow V_i = 3IR + 0'7V = 2'8V$
 $D1+D2$ necesitan $V_1 = 12'8V \rightarrow 2IR = 12'8 - 0'7 = 12'1 \rightarrow V_i = 18'85V$
 \Rightarrow primero conducirá $D3$ para $V_i \geq 2'8V$

$$V_i \geq 2.8V$$

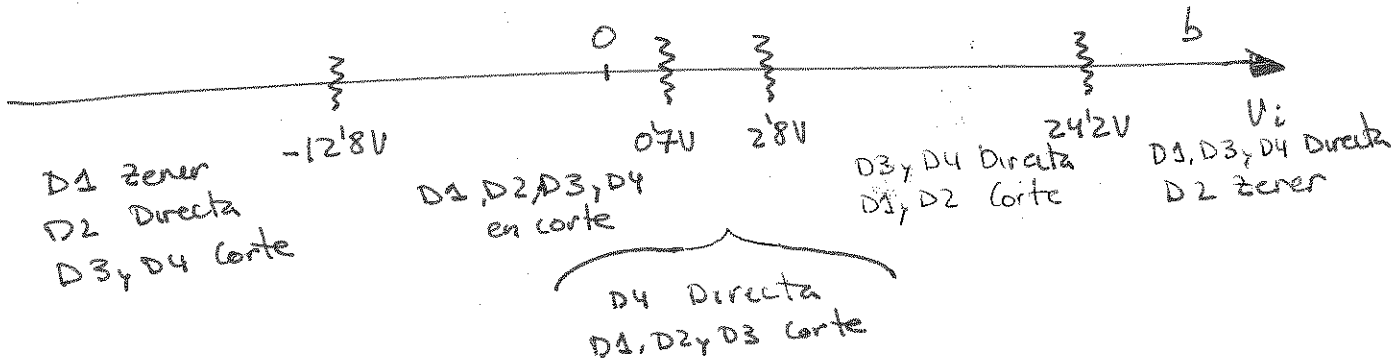


$$D1 + D2 \text{ necesitan } V_1 = 12.8V$$

$$\Rightarrow IR = 12.8 - 0.7 - 0.7 = 11.4V$$

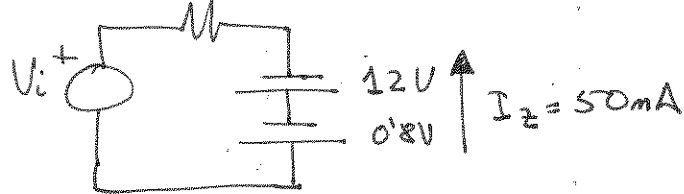
$$\Rightarrow V_i = 24.2V$$

para $V_i \geq 24.2V$ todos han cambiado \Rightarrow no hay más cambios
 para valores negativos de $V_i \Rightarrow$ pueden conducir $D1 + D2$
 para $V_i = 0 \Rightarrow$ todos OFF $\Rightarrow V_i = V_1 \Rightarrow V_i \leq -12.8V$ conducen $D1 + D2$



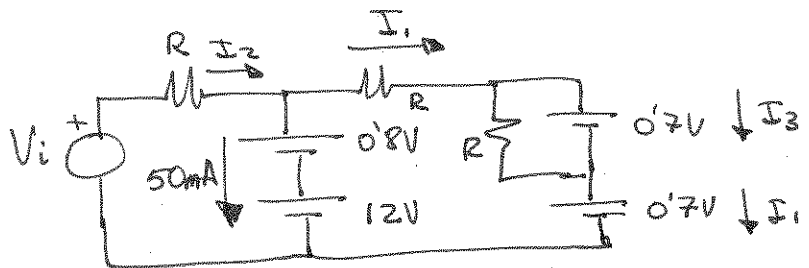
c) $P_{max} = 600mW = V_z \cdot I_{zmax} \rightarrow I_{zmax} = 50mA$
 $R = 200\Omega$

$D1$ limita para



$$V_i = -12 - 0.8 - IR = -22.8V \leftarrow V_i \text{ minima}$$

$D2$ limita para



$$I_1 = \frac{12.8 - 1.4}{200\Omega} = 57mA \Rightarrow I_2 = 107mA$$

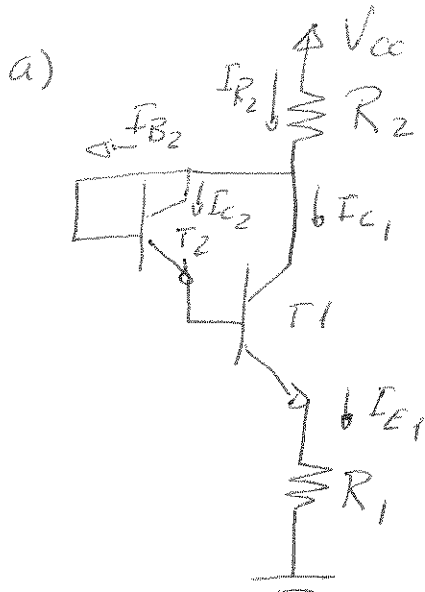
$$\Rightarrow V_i = 12.8V + I_2 R = 34.2V \leftarrow V_i \text{ maxima}$$

$$I_1 = 57mA < I_{max} = 100mA$$

$$I_3 = I_1 - \frac{0.7V}{200\Omega} = 53.5mA$$

$$I_3 < I_{max} = 100mA$$

Ejercicio 2



$$I_{R_2} = I_{E_1} \quad I_{E_2} = I_{B_1}$$

$$V_{CC} = V_{BE_2} + V_{BE_1} + I_{E_1}(R_2 + R_1)$$

$$I_{E_1} = \frac{V_{CC} - 2V_{BE}}{R_2 + R_1} = 0,744 \text{ mA}$$

$$I_{B_1} = \frac{I_{E_1}}{\beta + 1} = 3,7 \mu\text{A}$$

$$I_{C_1} = \beta I_{B_1} = 0,740 \text{ mA}$$

$$I_{E_2} = I_{B_1} = 3,7 \mu\text{A}$$

$$I_{B_2} = \frac{I_{E_2}}{\beta + 1} = 1,89 \cdot 10^{-5} \text{ mA} = 0,0189 \mu\text{A}$$

$$I_{C_2} = 3,6 \mu\text{A} = \beta I_{B_2}$$

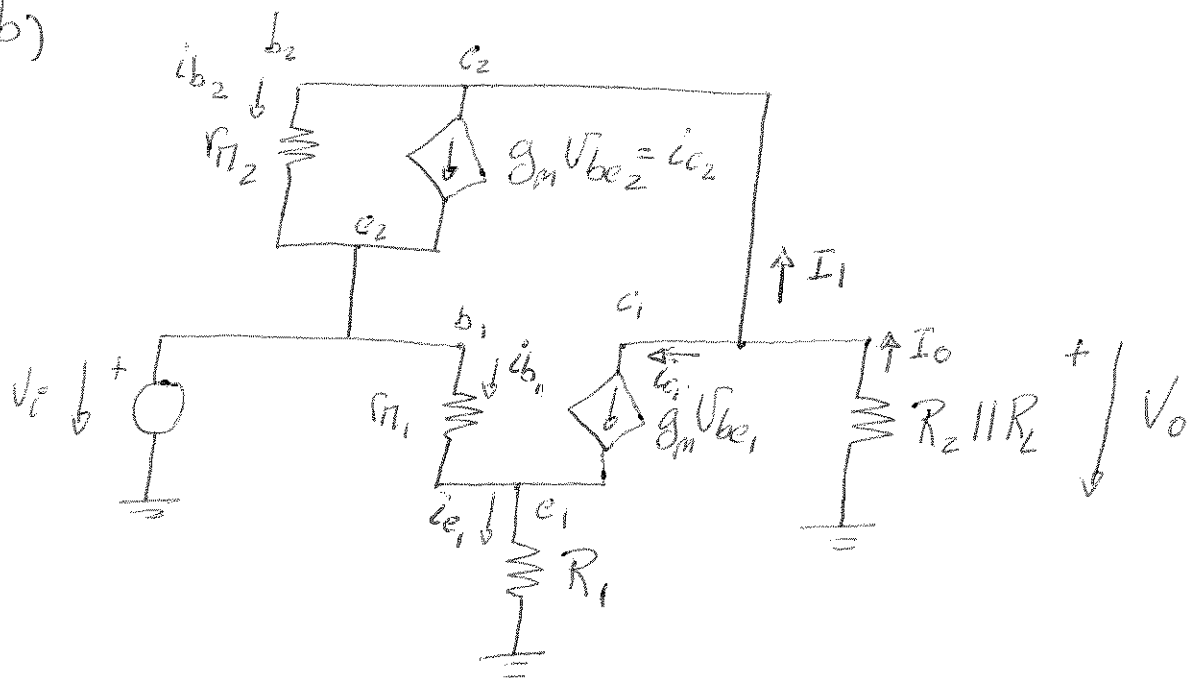
$$V_{CE_2} = \overset{0}{V_{CB_2}} + V_{BE_2} = 0,8 \text{ V} > 0,2 \text{ V} \text{ Active}$$

$$V_{CE_1} = \overset{0}{V_{CB_2}} + V_{BE_2} + V_{BE_1} = 1,6 \text{ V} > 0,2 \text{ V} \text{ Active}$$

d) En corte $I_{E_1} = 0$ y en el límite $V_{BE} = 0,8 \text{ V}$

$$V_{CC} = \overset{0}{I_{E_1}(R_2 + R_1)} + V_{BE_1} + V_{BE_2} = 1,6 \text{ V}$$

b)



$$g_{m1} = \frac{I_{c1}}{25,8} = 0,0287 \text{ kv}^{-1} \quad g_{m2} = \frac{I_{c2}}{25,8} = 1,38 \cdot 10^{-4} \text{ kv}^{-1}$$

$$r_{\pi 1} = \frac{\beta}{g_{m1}} = 6,97 \cdot 10^3 \text{ kv} \quad r_{\pi 2} = 1,44 \cdot 10^6 \text{ kv}$$

$$V_o = -I_o (R_2 \parallel R_L) \quad (1)$$

$$I_o = I_1 + i_{c1} \quad \rightarrow \quad I_o = (1+\beta) i_{b2} + i_{b1} \beta \quad (2)$$

$$i_{c1} = i_{b1} \beta$$

$$I_1 = i_{b2} + i_{c2} = (1+\beta) i_{b2}$$

$$V_i = i_{b1} r_{\pi 1} + (1+\beta) i_{b1} R_1 \Rightarrow i_{b1} = \frac{V_i}{r_{\pi 1} + (1+\beta) R_1} \quad (3)$$

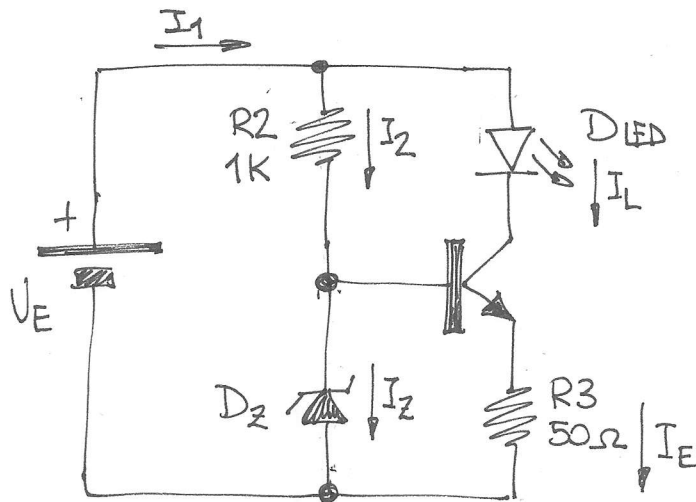
$$i_{b2} = \frac{V_o - V_i}{r_{\pi 2}} \quad (4)$$

$$(1,2,3,4) \Rightarrow V_o = - \left[(1+\beta) \frac{V_o - V_i}{r_{\pi 2}} + \beta \frac{V_i}{r_{\pi 1} + (1+\beta) R_1} \right] (R_2 \parallel R_L)$$

$$\frac{V_o}{V_i} = - \frac{\left[\frac{1+\beta}{r_{\pi 2}} - \frac{\beta}{r_{\pi 1} + (1+\beta) R_1} \right] (R_2 \parallel R_L)}{1 + \frac{(1+\beta)}{r_{\pi 2}} (R_2 \parallel R_L)} = -0,1468$$

INVERSORA
ATENUADORA

EJERCICIO 3



$$V_{BE} = 0.6 \text{ V}; \beta = 50$$

$$D_{LED} \Rightarrow V_{\gamma} = 2 \text{ V}$$

$$D_Z \Rightarrow V_Z = 5.7 \text{ V}; V_{\gamma} = 0.8 \text{ V}$$

$$I_{min} = 4 \mu\text{A}; P_{max} = 500 \text{ mW}$$

$$V_E = 12 \text{ V}$$

$$I_L = I_C$$

$$I_E = \frac{V_Z - V_{BE}}{R_3} = \frac{5.7 - 0.6}{50} = 102 \text{ mA}; \boxed{I_C} = I_E \cdot \frac{\beta}{\beta + 1} = \boxed{100 \text{ mA}}$$

$$\text{Suponemos activa: } I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{100 \text{ mA}}{50} = 2 \text{ mA}$$

$$\text{Comprobación: } \boxed{V_{CE}} = V_E - V_{LED} - V_{R_3} = 12 - 2 - 5.1 = \boxed{4.9 \text{ V}} \quad \boxed{\text{Activa}} > 0.2$$

$$I_2 = \frac{V_E - V_Z}{R_2} = \frac{12 - 5.7}{1 \text{ K}} = 6.3 \text{ mA} \quad \boxed{I_Z} = I_2 - I_B = 6.3 - 2 = \boxed{4.3 \text{ mA}} > I_{Zmin}$$

$$\eta = \frac{P_{LED}}{P_E} = \frac{V_{LED} \cdot I_{LED}}{V_E \cdot I_1} = \frac{2 \cdot 100 \text{ mA}}{12 \cdot 106.3 \text{ mA}} = 0.1568 \Rightarrow \boxed{15.68 \%}$$

$$I_1 = I_2 + I_{LED} = 106.3 \text{ mA}$$

$$\boxed{V_{Emin}} = V_{R2min} + V_{Zmin} = 1 \text{ K} \cdot (I_{Zmin} + I_B) + 5.7 = \boxed{11.7 \text{ V}}$$

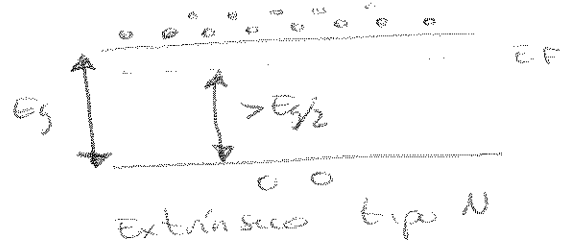
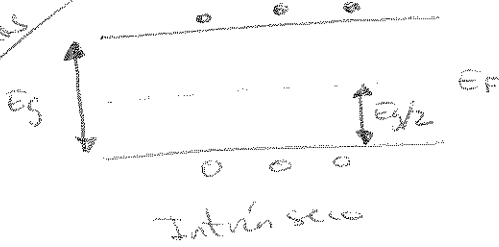
Cuestión 1

1º parcial

1) semiconductor intrínseco

Composición: semiconductor (Si, Ge...) sin impurezas
concentración de portadores: $n_0 = p_0 = n_i$ ($n^{\circ} e^- = n^{\circ} h$)
conductividad: $\sigma = q (n_{en} + p_{hp}) n_i$

modelo de bandas



2) Semiconductor extrínseco tipo N

Composición: semiconductor (Si, Ge...) con impurezas donadoras (P)

concentración de portadores: $n_0 \approx N_D$ si $N_D \gg n_i$
 $p_0 = \frac{n_i^2}{N_D}$ $n_0 \gg p_0$
 e^- may. h min.

conductividad: $\sigma = q (n_{en} n_0 + p_{hp} p_0) \approx q n_{en} N_D$

3) Equilibrio termodinámico.

condiciones } - ausencia de influencia externa (\vec{E} , luz...)
- temperatura constante

características } - nivel de Fermi definido y único
- corriente total nula
- A pesar de ser un equilibrio dinámico, las concentraciones de portadores son independientes del tiempo y se cumple la ley de acción de masas