1.-

a) Semiconductor compensado. Equivale a tipo N con $N_D' = 10^{17}\ cm^{-3}$

$$\boxed{n_0 \simeq N_D' = 10^{17}\ cm^{-3}}$$

$$E_c - E_F = -KT \ln \frac{N_D'}{N_c} = 0.145\,eV$$

$$\boxed{p_0 = \frac{n_i^2}{n_0} = 2.1\cdot 10^{3}\ cm^{-3}}$$

b)

$$f(E_c) = \frac{1}{1+e^{(E_c-E_F)/KT}} = \frac{1}{1+275.93} = 3.61\cdot 10^{-3}$$

c)

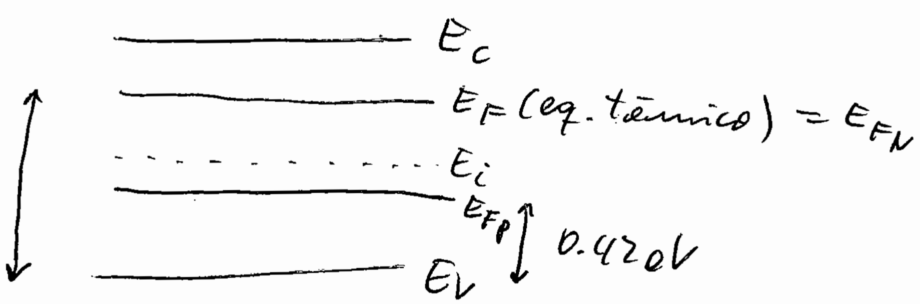
$$\boxed{\begin{array}{l} n \simeq n_0 \Rightarrow E_{Fn} \simeq E_F (\text{eq. térmico}) \\ p \simeq \delta p = 10^{12}\ cm^{-3} \end{array}}$$

$$10^{12}\ cm^{-3} = p = N_V \cdot e^{-\frac{E_{Fp}-E_V}{KT}} \Rightarrow E_{Fp}-E_V = -KT \ln \frac{p}{N_V} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E_{Fp} - E_V = 0.42\,eV$$

d)

1.12 − 0.145 =
= 0.975 eV



2.-

a) Las ramas con los diodos sólo pueden conducir con los LED en directa y los Zéner en inversa.

La rama formada por DZ1 y DL2 conduce si

$V_o = V_z + V_\gamma = V_z + 2V$

La rama formada por DZ3 y DL4 y DL5 conduce si $V_o = V_z + 2\cdot V_\gamma = V_z + 4V$. Por tanto, nunca conducirá porque la otra rama limita la tensión a un valor más bajo.

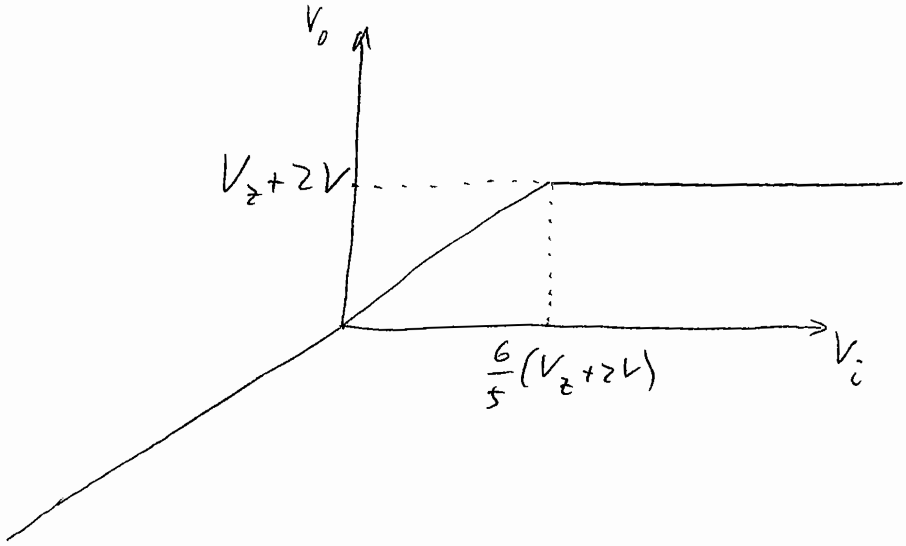
Por tanto:

$V_o < V_z + 2V \Rightarrow$ DIODOS OFF $\Rightarrow V_o = \frac{5}{6} V_i$

$V_o = V_z + 2V \Rightarrow$ DZ1 y DL2 ON $\Rightarrow V_o = V_z + 2V$

Tensión de entrada límite: V_i tal que $V_o = V_z + 2V \Rightarrow$

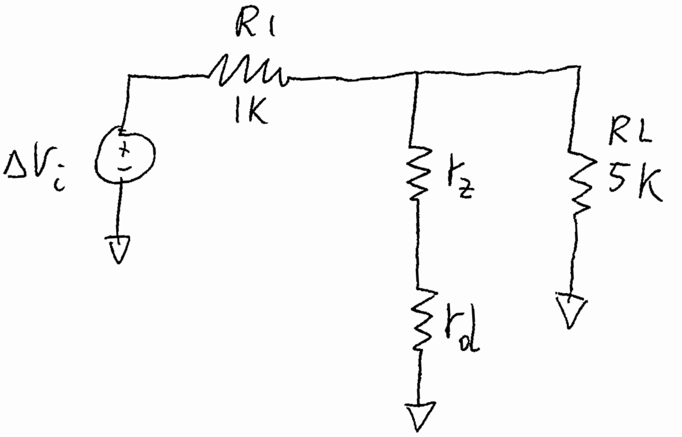
$\Rightarrow \frac{5}{6} V_i = V_z + 2V \Rightarrow V_i = \frac{\cancel{5}\,6}{\cancel{6}\,5}(V_z + 2V)$



b) $I_{RL} = \frac{V_o}{R_L} = 1.5\,mA \Rightarrow V_o = 1.5\,mA \cdot 5\,k = 7.5V$

La tensión en la salida debe ser siempre menor que 7.5V. Por tanto $7.5 > V_z + 2V \Rightarrow \boxed{V_z < 5.5\,V}$

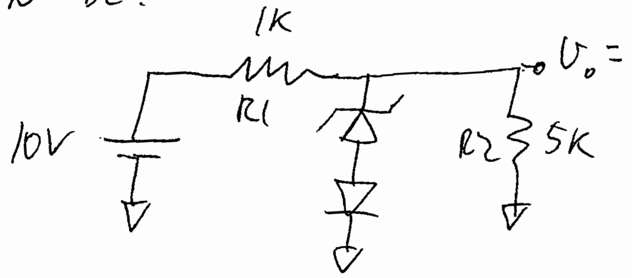
c) En pequeña señal:



Donde $r_z = 100\Omega$ y $r_d = \frac{V_T}{I_D} =$

Para conocer el valor de r_d necesitamos conocer la corriente por los diodos en continua:

En DC:

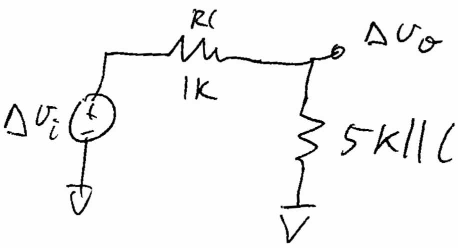


$$I_D = \frac{(10-7.5)V}{1K} - \frac{7.5V}{5K} =$$

$$= 2.5mA - 1.5mA = 1mA$$

Por tanto: $r_d = \frac{25.8mV}{1mA} = 25.8\Omega$

Luego (en pequeña señal):



$5K \| (25.8+100) = 122.7\Omega$

Luego $\boxed{\Delta V_o = \Delta V_i \cdot \frac{122.7\Omega}{1K+122.7\Omega} = 0.104\Delta V_i}$

3.-

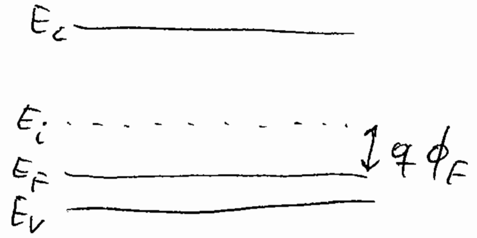
a) $V_T = V_{FB} + 2\phi_F + \gamma\sqrt{2\phi_F}$

CANAL n

$\cdot\ \gamma = \dfrac{\sqrt{2\varepsilon_{Si} q N_A}}{C_{ox}} = \dfrac{\left(2\times 11.9\times 8.85\times 10^{-14}\,\frac{F}{cm}\times 1.6\times 10^{-19}\,C\cdot 10^{16}\,cm^{-3}\right)^{1/2}}{50\,nF/cm^2} =$

$= \overset{1.16}{\cancel{5.8}}\ \dfrac{(F\cdot C)^{1/2}}{F} = \overset{1.16}{\cancel{4.8}}\ \dfrac{\left(\frac{C}{V}\cdot C\right)^{1/2}}{\frac{C}{V}} = \overset{1.16}{\cancel{81.8}}\ V^{1/2}$

· Cálculo de ϕ_F:



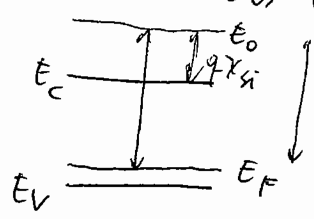
$; \ P_0 \sim 10^{16}\,cm^{-3} = n_i\, e^{q\phi_F/KT} \Rightarrow$

$\Rightarrow \phi_F = \dfrac{KT}{q}\cdot \ln\dfrac{10^{16}}{1.45\times 10^{10}} = 0.347\,V$

· Finalmente, V_{FB}

$V_{FB} = \phi_M - \phi_S = \phi_M -$

Calculemos ϕ_S



$q\phi_S = q\chi_{Si} + (E_c - E_F) = q\chi_{Si} + E_g - (E_F - E_V) =$

$= 4.05\,eV + 1.1\,eV - 0.179\,eV \Rightarrow \boxed{\phi_S = 4.971\,V}$

Ya que: $E_F - E_V = -KT\ln\dfrac{N_A}{N_V} = 0.179\,eV$

E

Por tanto, tenemos:

$$V_T = 1V = \phi_M - \phi_S + 2\phi_F + \gamma\sqrt{2\phi_F}$$

$$\Downarrow$$

$$1V = \phi_M - 4.971V\left(+2\times0.347 + 1.16\cdot\sqrt{2\times0.347}\right)V =$$

$$= \phi_M - 3.31V \Rightarrow \phi_M = 4.31V$$

$$\boxed{q\phi_M = 4.31eV}$$

b) $\boxed{I_0 = 1mA}$

$$V_D = 5V \Rightarrow \boxed{R_D = \frac{5V}{1mA} = 5K\Omega}$$

$$I = 1mA = \frac{\beta}{2}\left[V_{GS} - V_T\right]^2 \Rightarrow 1mA = 200\frac{\mu A}{V^2}\left[V_{GS} - V_T\right]^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_{GS} - V_T = \pm 2.23V \Rightarrow \boxed{V_{GS} = 3.23V}$$

↳ AS modo

Si queremos $V_{DS} = 3V \Rightarrow V_S = 2 \Rightarrow V_G = 5.23V$

¿Está en saturación?

$$\left.\begin{array}{l} V_{DS} = 3V \\ V_{GS} = 3.23V \end{array}\right\} V_{DS} > V_{GS} - V_T = 2.23V \quad \underline{\underline{SI}}$$

Sólo falta diseñar el divisor de tensión:

$$\frac{10 - 5.23}{R_{G1}} = 50\mu A \Rightarrow \boxed{R_{G1} = 95.4K\Omega}$$

$$\frac{5.23}{R_{G2}} = 50\mu A \Rightarrow \boxed{R_{G2} = 104.6K\Omega}$$

) * $R_{G2} \uparrow \Rightarrow V_G \uparrow$. Mientras esté en saturación $\Rightarrow$

$\Rightarrow V_{GS} = cte$ (porque I_D está fijada) $\Rightarrow V_S \uparrow \Rightarrow V_{DS} \downarrow$

$\Rightarrow$ puede salirse de saturación.

Punto límite:

$$V_{DS} = V_{GS} - V_T \Rightarrow \underset{\downarrow}{5V} - \cancel{V_S} = V_G - \cancel{V_S} - V_T \Rightarrow$$

Aquí está fijada porque I_D y R_D están fijadas

$$\Rightarrow \boxed{V_G = 6V}$$

¿Para qué valor de R_{G2} se obtiene esta tensión?

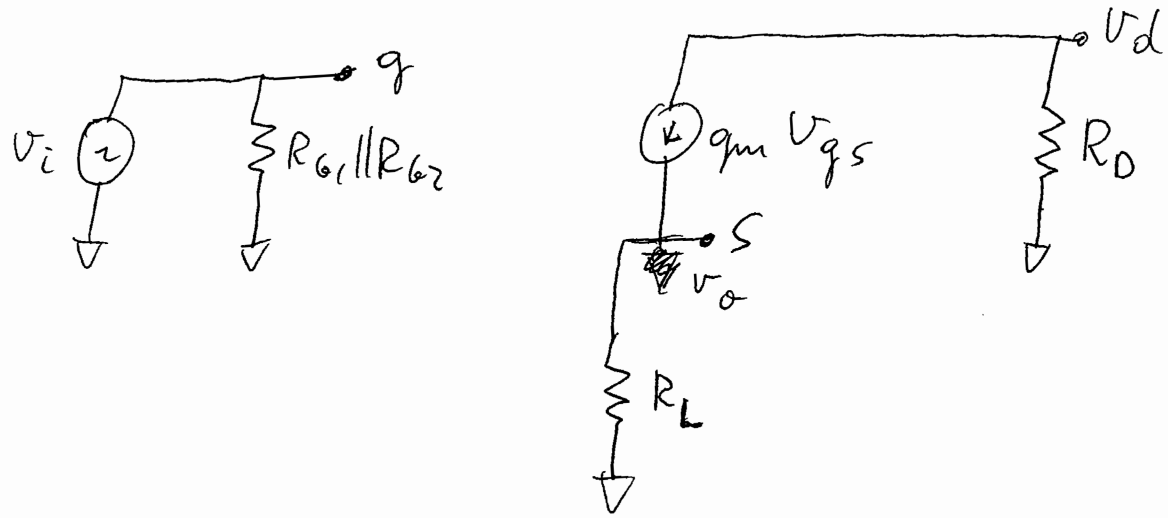
$$6V = 10V \cdot \frac{R_{G2}}{95.4K + R_{G2}} \Rightarrow \boxed{R_{G2} = 143.1 K\Omega}$$

* $R_{G2} \downarrow \Rightarrow V_G \downarrow \Rightarrow V_S \downarrow$ (V_{GS} está fijada).- Si la fuente de corriente fuese ideal no habría limitación de tensión en V_S, pero esta requiere al menos $V_S \geq 0.5 \Rightarrow V_G = 0.5 + V_{GS} = 0.5V + 3.23V = 3.73V$

$$\Rightarrow \quad 3.73V = 10V \cdot \frac{R_{G2}}{95.4 + R_{G2}} \Rightarrow \boxed{R_{G2} = 56.75 K\Omega}$$

* luego $R_{G2} \in [56.75, 143.1] K\Omega$

d) Circuito pequeña señal:



$$v_o = g_m v_{gs} \cdot R_L = g_m R_L (v_i - v_o) \Rightarrow$$

$$(1 + g_m R_L) v_o = v_i \cdot g_m R_L \Rightarrow A_v = \frac{g_m R_L}{1 + g_m R_L} \approx \frac{1}{1 + \frac{1}{g_m R_L}}$$

$$g_m = \frac{2 I_D}{(V_{GS} - V_T)} = \frac{2\,mA}{2.23\,V} = 0.9\,m\mho$$

$$R_L = 20K$$

$\Rightarrow g_m R_L = 18$

$$A_v = \frac{18}{19} \approx 1$$

④.-

a) $I_B = 5\mu A \Rightarrow I_C = \beta_F \cdot I_B = 1 mA$

$$V_C = -5V \Rightarrow \frac{-5V-(-V_{CC})}{R_C} = 1mA \Rightarrow \boxed{R_C = 5K\Omega}$$

$$I_E = \left(1+\frac{1}{\beta_F}\right) I_C \sim I_C$$

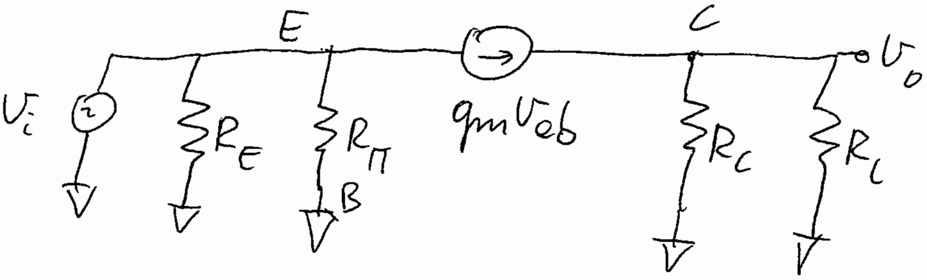
$$\frac{V_{CC}-V_E}{R_E} = I_E \Rightarrow \frac{(10-0.7)V}{1mA} = R_E \Rightarrow \boxed{R_E = 9.3K\Omega}$$

b) • $R_E = cte \Rightarrow I_E, I_B$ e I_C constantes mientras esté en activa

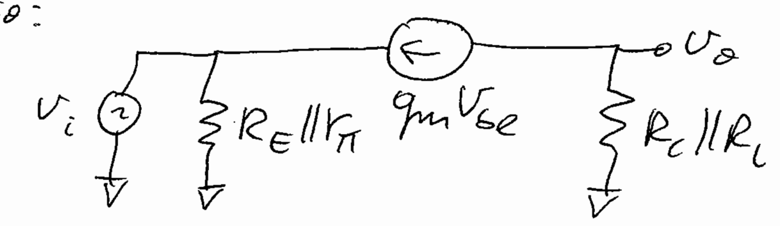
• $R_C \uparrow \Rightarrow V_C \uparrow \Rightarrow$ Puede llegar a saturación. Esto ocurre si $V_{EC} = 0.2V$. Como $V_E = 0.7V \Rightarrow V_C = 0.5V \Rightarrow$

$$\Rightarrow \underline{\underline{R_{CMAX}}} = \frac{0.5V-(-10V)}{1mA} = \underline{\underline{10.5K}}$$

c)



Y también es correcto:



E

d) $v_o = g_m v_{eb} \cdot R_C \| R_L = g_m R_C \| R_L \cdot v_i \Rightarrow A_v = \frac{v_o}{v_i} = g_m R_C \| R_L$

$v_i = v_{eb}$

$$g_m = \frac{I_C}{V_T} = \frac{1mA}{25.8mV} = 38.7 m\mho$$

$R_C \| R_L$ → 5K (si $R_L \to \infty$) ⇒ $A_v = 193.5$

$R_C \| R_L$ → 3.33K (si $R_L = 10K$) ⇒ $A_v = 128.87$