CUESTIONES

1.- → Ecuación diferencial que relaciona el cambio en la concentración de minoritarios con la generación y recombinación:

$$\frac{\partial \delta n}{\partial t} = g_0 + G - r = \alpha_r n_i^2 + G - \alpha_r (n_0 + \delta n)(p_0 + \delta p) \simeq$$

$$\simeq G - \alpha_r n_0 \delta n = \quad \text{(aproximación de baja inyección)}$$

$$= G - \frac{\delta n}{\tau_p}$$

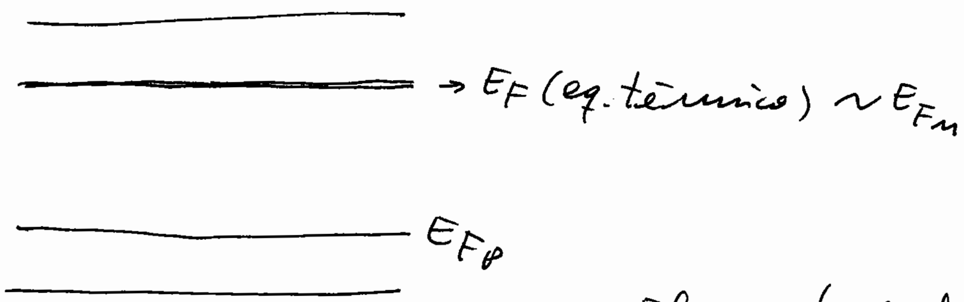
→ Estado estacionario $\Rightarrow \frac{\partial \delta n}{\partial t} = 0 \Rightarrow G = \frac{\delta n}{\tau_p} \Rightarrow \tau_p = \frac{\delta n}{G}$

→ Por otro lado $\delta n = \delta p \simeq p = 2 \cdot 10^{12}\ cm^{-3}$

→ luego:

$$\tau_p = \frac{\delta p}{G} = \frac{2 \cdot 10^{12}\ cm^{-3}}{10^{12}\ \frac{cm^{-3}}{\mu s}} = 2\ \mu s$$

—— o ——



El pseudonivel de Fermi de los electrones prácticamente coincide con el nivel de Fermi en equilibrio térmico.

(2.-) - Se debe a una diferencia de tensión entre el substrato y la fuente al polarizar el MOSFET

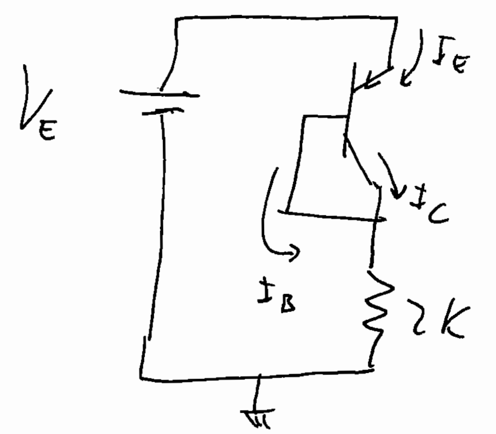
- Provoca un aumento de la barrera que los electrones deben superar para pasar de la fuente al canal ⇒

⇒ Provoca un incremento de la tensión umbral $|V_T|$

(3.-) → El BJT opera en activa, puesto que la unión EB está en directo y $V_{BC} = 0$

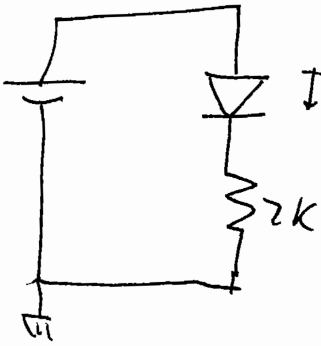
→ $I_E = I_{ES}\left(e^{V_{EB}/V_T} - 1\right) = \dfrac{I_S}{\alpha_F}\left(e^{V_{EB}/V_T} - 1\right)$ (*)

→ Esta corriente coincide con la que pasa por la resistencia ya que $I_E = I_B + I_C$



→ La ecuación (*) es análoga a la de un <u>diodo</u> y el BJT así configurado se comporta como este elemento.

→ Por tanto hay que resolver:



$I_{ES}(e^{V_{EB}/KT}-1)$

→ ¿V_o? $V_o = I_E \cdot R \Rightarrow I_E = \frac{V_o}{R} = \frac{V_E - V_{EB}}{R} = \frac{I_S}{\alpha_F} e^{V_{EB}/V_T}$

→ Tomamos ln para aplicar proceso iterativo:

$$V_T \left[\ln\left(\frac{V_E - V_{EB}}{2K} \cdot \frac{\alpha_F}{I_S} \right) \right] = V_{EB} \Rightarrow V_{EB} = 0.613\,V$$

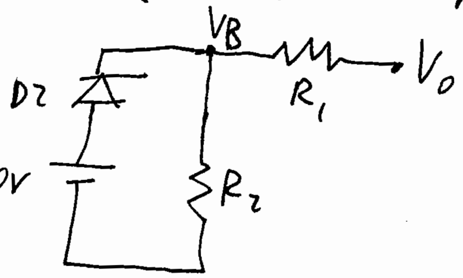
$$\Downarrow$$

$$\boxed{V_o = 4.386\,V}$$

PROBLEMAS

1.- a) $r_d = 10\,\Omega$; $V_\gamma = 0.5\,V$

b) · $V_i = 0$, el diodo D1 no conduce. El otro está polarizado por la fuente de 10V y sí conduce.



$V_o = V_B = 9.5\,V$

No hay corriente por R_1

- El diodo D1 no conducirá hasta que la tensión V_i no sea mayor que $9.5V + V_\gamma = 10V$.
- Mientras D1 conduzca, $V_o = V_i - V_\gamma$ y la corriente por R1 será:

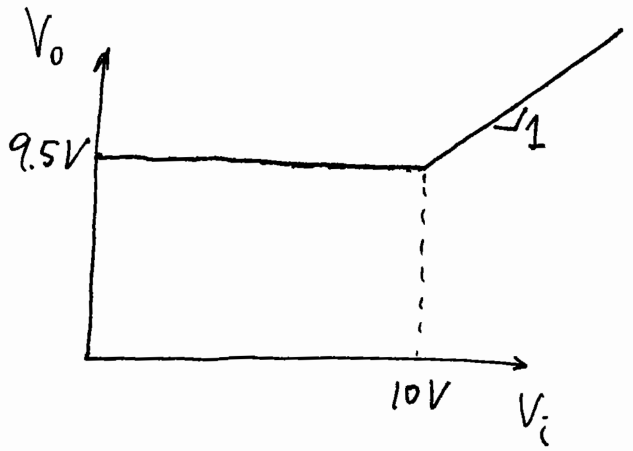
$$I_{R1} = \frac{V_o - V_B}{R1} = \frac{V_i - V_\gamma - V_B}{R_1}$$

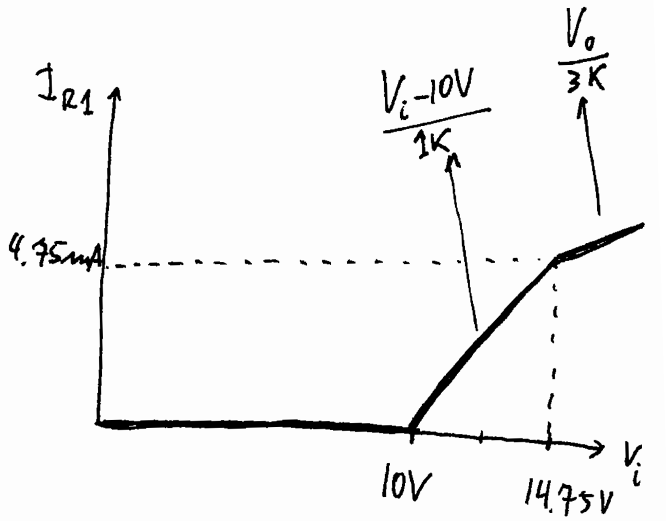
Si D2 sigue conduciendo:

$$I_{R_i} = \frac{V_i - V_\gamma - 9.5V}{R1}$$

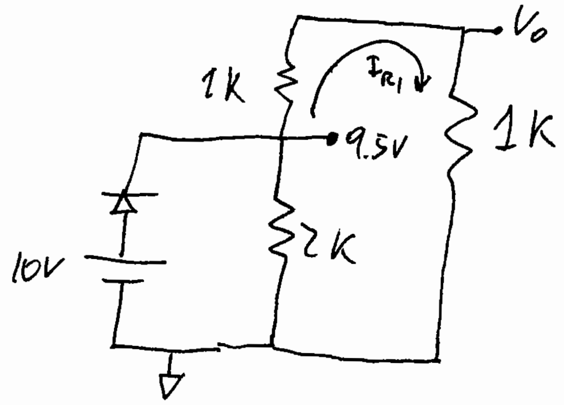
I_{R_i} se incrementa mientras V_i crece, pero I_{R_2} está fijada si D2 conduce, por lo que cada vez circula menos corriente por D2, hasta que se corta. Esto sucede para una V_i tal que $I_{R_1} = I_{R_2} \Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{V_i - V_\gamma - 9.5V}{1K} = \frac{9.5V}{2K} \Rightarrow \underline{\underline{V_i = 14.75V}}$$





c) En este caso, cuando D1 OFF:

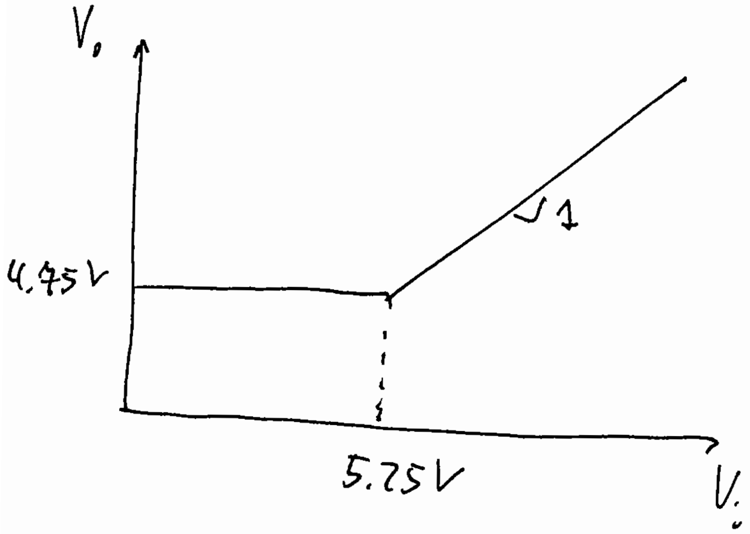


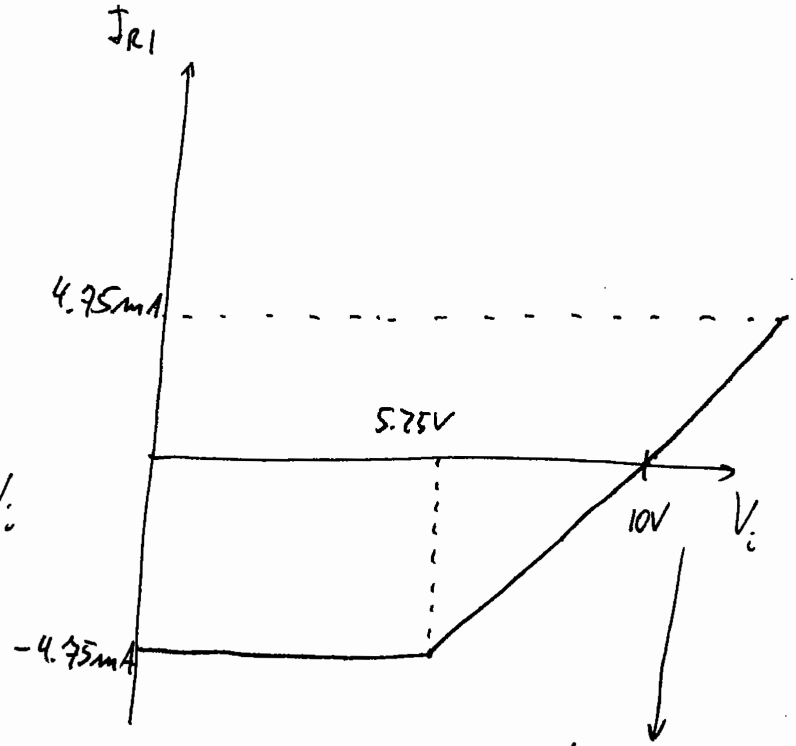
$V_o = 4.75V$

$I_{R1} = -4.75\ mA$

(si definimos como positiva la corriente I_{R1} de sentido contrario a la del dibujo)

• Ahora D1 empezará a conducir cuando $V_i = 4.75V + V_\gamma = 5.25V$.





A partir de 10V, como en el apartado b)

2.- a) $I_E = 1mA$; $I_C = \dfrac{\beta_F}{1+\beta_F} I_E = 0.996 \cdot I_E \sim 1\,mA \Rightarrow \boxed{V_o = 7V}$

- Como $I_C = 1mA \Rightarrow I_B = 3.33\,\mu A$ (si aseguramos región ACTIVA)

- Para que esté en activa $V_B < 7V$.

Como $V_B = 10V - I_B \cdot R_B \Rightarrow R_B > \dfrac{10V - 7V}{I_B} = \underline{\underline{900K}}$

- R_B no puede hacerse todo lo grande que se desee porque nos han impuesto $V_E > 0V \Rightarrow V_B > 0.65V \Rightarrow$

$\Rightarrow R_B < \dfrac{10 - 0.7}{I_B} = 2.8M\Omega$.

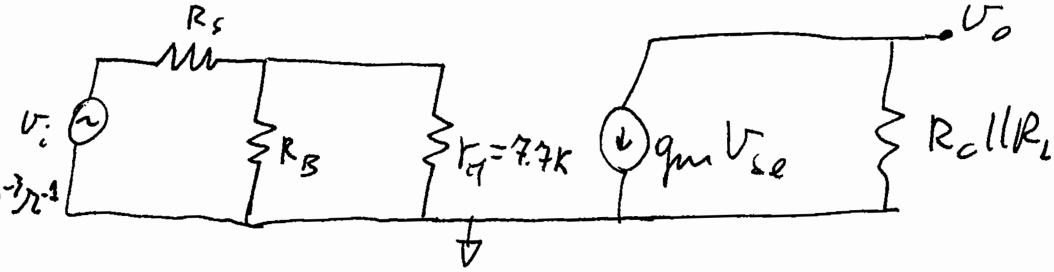
Por tanto, cualquier valor de R_B en el intervalo $[900K, 2.8M\Omega]$ es válido.

~~Para que esté~~
~~en~~

b) Circuito en pequeña señal:

$\dfrac{1}{r_\pi} = \dfrac{\partial i_b}{\partial v_{be}}$

$g_m = \dfrac{\partial i_c}{\partial v_{be}} = 38.7 \cdot 10^{-3} \Omega^{-1}$



$v_{be} = v_i \cdot \dfrac{R_B \| r_\pi}{R_S + R_B \| r_\pi} \Rightarrow \underline{\underline{v_o}} = -g_m R_C \| R_L \dfrac{R_B \| r_\pi}{R_S + R_B \| r_\pi} v_i = \underline{\underline{-82.7 v_i}}$

3.- a). Saturación $\Rightarrow I_D = \frac{\beta}{2}[V_{GS}-V_T]^2 \Rightarrow [V_{GS}-V_T] = \left(\frac{2I_D}{\beta}\right)^{1/2} \Rightarrow$

$$\Rightarrow V_{GS} = \left(\frac{2I_D}{\beta}\right)^{1/2} + V_T = 2.41V$$

· Piden $V_D = 5V$, luego es posible cumplir ambas condiciones ($I_d = 1mA$ y $V_D = 5V$) puesto que $V_{DS} = 5V >$ $> V_{GS} - V_T = 1.41V$

· Para tener $V_D = 5V \Rightarrow \frac{10-V_D}{R_D} = 1mA \Rightarrow \boxed{R_D = 5K\Omega}$

· Para tener $V_{GS} = 2.41V$ usamos las resistencias R_{G1} y R_{G2}. Como $I_g = 0$, tenemos un divisor de tensión:

$$10V \cdot \frac{R_{G2}}{R_{G1}+R_{G2}} = 2.41V$$

· Cualesquiera valores de R_{G1} y R_{G2} que cumplan esta relación son válidos.

- P.e, si $R_{G1} = 1M \Rightarrow R_{G2} = 317.5K$

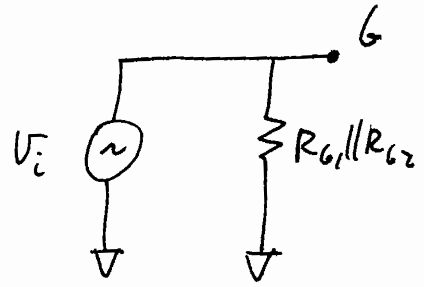
b) Si se incrementa el valor de R_D, disminuye la tensión en el drenador y puede dejar de cumplirse la condición $V_{DS} \geq V_{GS} - V_T$.

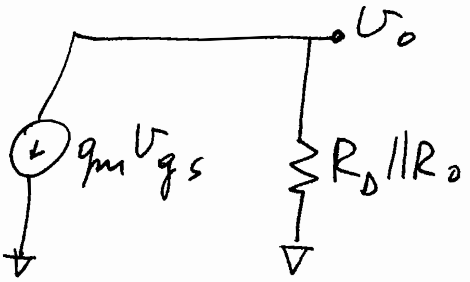
El límite: $V_{DS} = V_{GS} - V_T = 1.41V = \underbrace{10V - R_D \cdot 1mA}_{= V_{DS}} \Rightarrow$

$\Rightarrow \boxed{R_D < 8.6K\Omega}$ Valor máximo

Al despreciar el efecto Early, fijada V_{GS}, la corriente de drenador se mantiene aunque cambiemos la tensión en el drenador.

c)





$$g_m = \frac{\partial I_D}{\partial V_{GS}} = \beta \left[V_{GS} - V_T \right] = 1.41 \, m\Omega^{-1}$$

$$R_o^{-1} = \frac{\partial I_D}{\partial V_{DS}} = \frac{\beta}{2} \left[V_{GS} - V_T \right]^2 \cdot \lambda = \lambda \cdot I_D \Rightarrow \begin{array}{ll} R_o = 100K & (V_A = 100V) \\ R_o = 30K & (V_A = 30V) \end{array}$$

$$\frac{V_o}{V_i} = -g_m \cdot R_D \| R_o$$ $\Rightarrow$ Cuanto menor sea R_o (menor V_A), menor será la ganancia.

$$\frac{V_o}{V_i} = \begin{cases} -6.71 & (V_A = 100V) \\ -6.04 & (V_A = 30V) \end{cases}$$