

→ En AC implica la inclusión de una resistencia r_0 en el modelo de pequeña señal

3.-

2

Para que opere en activa se debe cumplir que $V_{CE} > 0.2V$ y que $I_C = \beta_F I_B$.

la corriente de base está fijada por la pila V_{BB} y por la tensión que cae en la unión BE:

$$I_B = \frac{(4 - 0.7)V}{200K} = 16.5 \mu A$$

Mientras opere en activa se cumple que

$$I_C = \beta_F \cdot 16.5 \mu A$$

y por tanto:

$$V_{CE} = 10V - 3K \cdot I_C = 10V - 3K \cdot 16.5 \mu A \cdot \beta_F$$

Cuanto mayor sea β_F , menor es la tensión V_{CE} .

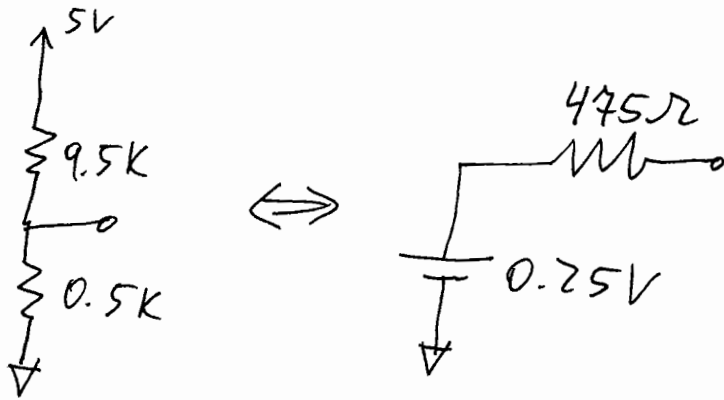
El valor máximo que puede tener es aquel que hace que $V_{CE} = 0.2V \Rightarrow$

$$\Rightarrow 0.2V = 10V - 3K \cdot 16.5 \mu A \cdot \beta_F \Rightarrow$$

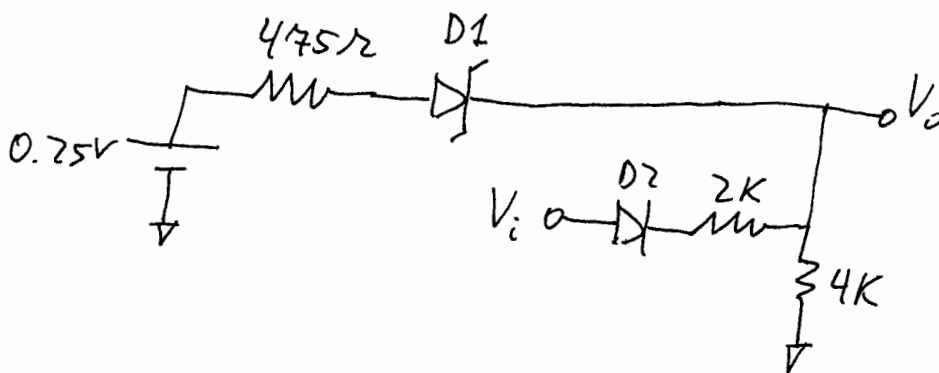
$$\Rightarrow \boxed{\beta_{Fmax} = 198}$$

PROBLEMAS

- ①.- Para simplificar la solución del problema, haremos primero el equivalente Thévenin del divisor de tensión formado por las resistencias de $9.5K$ y $0.5K$:



• Circuito:



- la tensión $0.25V$ es insuficiente para hacer que $D1$ conduzca en directo (V_o nunca puede ser $< 0V$). Por tanto, la única posibilidad de que $D1$ conduzca es inversa, para valores altos de V_o .
- Si $0 \leq V_i \leq 0.65V \Rightarrow D2 \text{ OFF}$
 $D1 \text{ OFF}$
- A partir de $V_i \geq 0.65V$, $D2$ conduce y $D1$ no (si

(4)

V_i no es muy alto; luego veremos cuánto). En esta situación:

$$V_o = (V_i - 0.65V) \cdot \frac{4K}{2K+4K} = \underline{\underline{0.67V_i - 0.43V}}$$

- Si V_i aumenta, V_o también aumenta y puede llegar a ser lo suficientemente alta como para que D1 conduzca en la región Zener.

Para ello, V_o debe ser $\geq 0.25V + V_z = 7.25V$

- Esta tensión en la salida se consigue para una V_i dada por (ver ecuación superior):

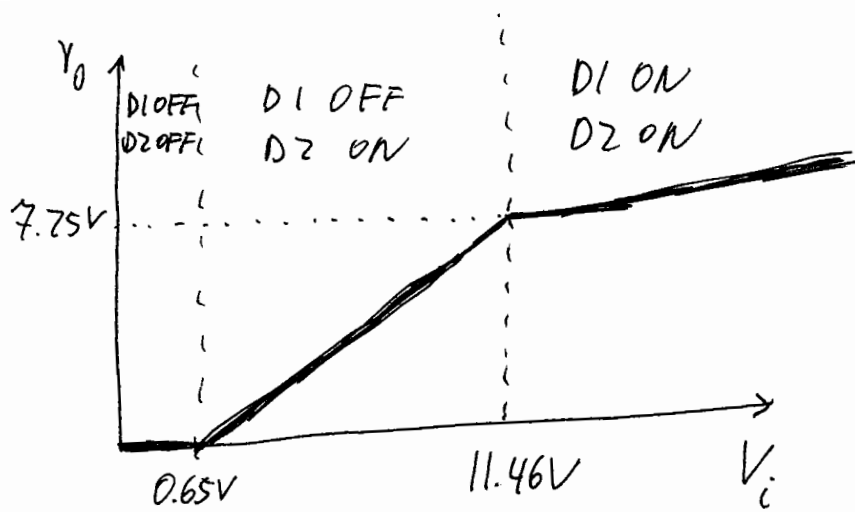
$$7.25V = 0.67V_i - 0.43V \Rightarrow \underline{\underline{V_i = 11.46V}}$$

- Para $V_i > 11.46V$ ambos diodos conducen y se verifica:

$$\frac{V_i - V_s - V_o}{2K} = \frac{V_o}{4K} + \frac{V_o - V_z - 0.25V}{445\Omega} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{V_o = \frac{V_i}{5.71} + 5.2V}}$$

(5)



(2.-) a) $I_C = 1 \text{ mA}$
 $V_{CC} - V_C = 15 \text{ V} - 10 \text{ V} = 5 \text{ V}$ $\Rightarrow \underline{\underline{R_C = 5 \text{ K}\Omega}}$

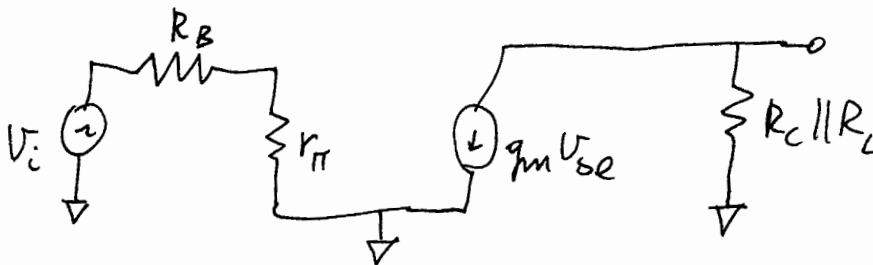
Falta fijar R_B para tener una I_B compatible con $I_C = \beta_F I_B$.

$V_B = I_E R_E + 0.65 \text{ V} = \cancel{3.913 \text{ V}} + 0.65 \text{ V} = \cancel{4.563 \text{ V}} 4.66 \text{ V}$

Luego:

$$\frac{5 \text{ V} - V_B}{R_B} = I_B = \frac{I_C}{\beta_F} \Rightarrow \boxed{R_B = 102 \text{ K}\Omega} = 102 \text{ K}\Omega$$

b) Circuito pequeña señal:



$$g_m = \frac{I_C}{V_T} = 39 \text{ m}\Omega^{-1}$$

$$r_{\pi} = \frac{\beta}{g_m} = 7.74 \text{ K}\Omega$$

$$\frac{v_o}{v_i} = \frac{g_m R_C \parallel R_L}{1 + g_m R_B + \frac{R_C \parallel R_L}{r_{\pi}}}$$

4/17

⑥

$$V_o = -g_m R_c \parallel R_L V_{se} = -g_m R_c \parallel R_L \cdot \frac{r_\pi}{r_\pi + R_B} V_i \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{V_o}{V_i} = -g_m R_c \parallel R_L \frac{r_\pi}{R_B + r_\pi} \begin{cases} -12.96 & (R_c = \infty, R_c \parallel R_L = R_c) \\ -3.7 & (R_c = 2K, R_c \parallel R_L = 1.43K) \end{cases}$$

3.- a) $I_D = 2mA$
 $V_o = 6V \Rightarrow R_D = \frac{10V - V_o}{I_D} = 2K$

En saturación:

$$I_D = \frac{\beta}{2} [V_{GS} - V_T]^2 \Rightarrow V_{GS} - V_T = \sqrt{\frac{2I_D}{\beta}} = 2V \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_{GS} = 3.5V > V_T \rightarrow \text{Tensión compatible con no estar en corte y con estar en saturación, ya que } V_{GS} = 6V > V_{GS} - V_T$$

• Para conseguir $V_{GS} = 3.5V$, ajustamos el valor de R_G :

$$\frac{10V - 3.5V}{0.1mA} = R_G \Rightarrow \underline{\underline{R_G = 65K\Omega}}$$

(Recordarse que $I_G = 0$).

(7)

- Si I aumenta, disminuye V_{GS} y podría caer por debajo de V_T y entrar el transistor en corte. Este modo pasa:

$$10 - V_{GS} = I_{MAX} \cdot R_G \Rightarrow I_{MAX} = \frac{(10 - 1.5)V}{65K} = 0.13mA$$

$V_{GS} = V_T$

- Si I disminuye, la tensión V_{GS} aumenta y puede dejar de cumplirse la condición de saturación $V_{DS} > V_{GS} - V_T$, tanto porque V_{GS} crece como porque V_{DS} disminuye al aumentar I_D (ya que V_{GS} crece).

El valor de V_{GS} para el cual el transistor pasa de saturación a lineal es:

$$V_{DS} = V_{GS} - V_T \Rightarrow 10V - I_D \cdot R_D = V_{GS} - V_T \equiv X \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 10V - \frac{\beta}{2} X^2 \cdot R_D = X \Rightarrow X^2 + X - 10 = 0 \Rightarrow$$

$$\rightarrow X_1 < 0 \text{ (se descarta)}$$

$$\rightarrow X_2 = 2.7V \Rightarrow V_{GS} = 2.7V + V_T = 4.2V$$

Esta tensión de puerta se consigue si

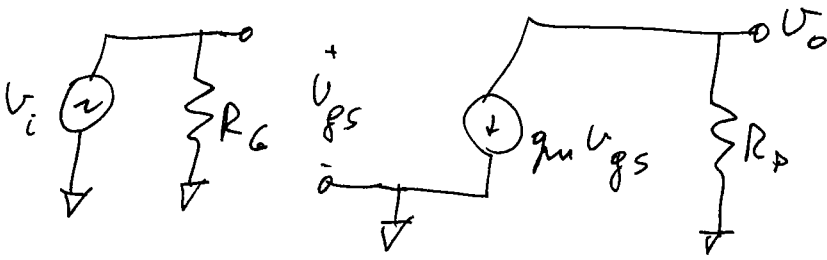
$$I \equiv I_{min} = \frac{10V - 4.2V}{65K} = 89\mu A$$

Por tanto, para que opere en saturación:

$$I \in [89\mu A, 0.13mA]$$

c)

(8)



$$g_m = \frac{\partial i_D}{\partial v_{gs}} = \beta [v_{gs} - V_T] = 2m \Omega^{-1}$$

$$\frac{v_o}{v_i} = -g_m R_D = -4$$