

Primera Pregunta

En este caso tenemos que encontrar en que escenarios están los transistores 1 y 2 siendo estos corte, activo y saturación.

Table 1: Tabla de los escenarios posibles.

Corte	Activa	Saturación
$I_B = I_C = I_E = 0$ $V_{BE} < V_{BE_{on}}$	$V_{BE} = V_{BE_{on}}; I_C = \beta I_B$ $V_{CE} > V_{CE_{sat}}; I_B > 0$ $I_C > 0; I_E > 0$	$V_{BE} = V_{BE_{on}}; V_{CE} = V_{CE_{sat}}$ $I_C < \beta I_B$

Ahora bien, tenemos una serie de ecuaciones que siempre tendremos. Estas son:

$$\begin{aligned}
 I_{E_1} &= I_{B_1} + I_{C_1} \\
 I_{E_2} &= I_{B_2} + I_{C_2} \\
 I_{E_1} + I_{E_2} &= 1 \text{ mA} \\
 I_{B_1} + I_{C_1} + I_{B_2} + I_{C_2} &= 1 \text{ mA}.
 \end{aligned}$$

1. corte – corte

$I_{B_1} = I_{C_1} = I_{E_1} = 0$ y $I_{B_2} = I_{C_2} = I_{E_2} = 0$ por lo tanto $I_{E_1} + I_{E_2} = 0 < 1 \text{ mA}$ por lo tanto no pueden estar los dos transistores en corte al mismo tiempo.

2. corte – activa

$I_{C_1} = I_{B_1} = I_{E_1} = 0$ al $I_{C_1} = 0$ entonces $V_{C_1} = 5V$ y $V_{BE_2} = V_b - V_E = V_{BE_{on}} = 0.7V$ y $I_{C_2} = \beta I_{B_2}$. Sabemos por ley de Ohm que $I_{C_2} = \frac{5V - V_{C_2}}{3k}$ y al $I_{B_2} = \frac{I_{C_2}}{\beta} = \frac{5V - V_{C_2}}{3k\beta}$ por lo que

$$\begin{aligned}
 I_{E_1} + I_{E_2} &= I_{B_2} + I_{C_2} = \frac{5V - V_{C_2}}{3k \cdot \beta} + \frac{5V - V_{C_2}}{3K} = 1 \text{ mA} \\
 \frac{5V - V_{C_2}}{300k} + \frac{500V - 100V_{C_2}}{300k} &= \frac{505V - 101V_{C_2}}{300k} \leftrightarrow V_{C_2} = \frac{505V - 300 \frac{V}{mA} \cdot 1mA}{101} \\
 V_{C_2} &= \frac{505V - 300V}{101} = \frac{205V}{101} = 2.03V \\
 V_{BE_2} &= V_b - V_E = 0.7V \leftrightarrow V_E = V_b - 0.7V \\
 V_{BE_1} &= V_a - V_E = V_a - V_b + 0.7V < V_{BE_{on}} = 0.7V.
 \end{aligned}$$

Para que este en corte T_1 con $V_a = V_b = -2V$ y $V_a = 1V; V_b = 0V$ no se cumple. Sin embargo, con $V_a = -1V; V_b = 0$ Si $V_{CE_2} = V_{C_2} - V_E = 2.03V - V_b + 0.7V = 2.73V - V_b >$

$V_{CEsat} = 0.2V$ por que T_2 este en activa. Para $V_b = -2V$ y $V_b = 0$ se cumple. Ademas, claramente $I_{B_2}, I_{C_2}, I_{E_2} > 0$

3. activa – corte

Muy similar al anterior punto, $I_{B_2} = I_{C_2} = I_{E_2} = 0$ así $V_{C_2} = 5V$ y $V_{BE_1} = V_a - V_E = V_{BEon} = 0.7V$ y $I_{C_1} = \beta I_{B_1}$.

$$\frac{5V - V_{C_1}}{3k} + \frac{5V - V_{C_1}}{\beta 3k} = 1mA.$$

ahora bien, sabemos que $V_{C_1} = 2.03V$ Ahora confirmaremos que el transistor 1 esta en Activa

$$V_E = V_a - 0.7V$$

$$V_{CE} > V_{CEsat}$$

$$V_{CE_1} = V_{C_1} - V_E = V_{C_1} - V_a + 0.7V = 2.73V - V_a > 0.2V = V_{CEsat}.$$

Cosa que se cumple.

Para mostrar que el transistor dos esta en corte

$$V_{BE} = V_b - V_E = V_b - V_a + 0.7V < 0.7V.$$

Con esto entonces cuando el transistor esta en activa y el 2 en corte queda

$$V_o = 2.97V.$$

4. activa – activa Si ambos transistores están en activa asumimos que $V_{BE_1} = V_{BE_2} = V_{BEon} = 0.7V = V_a - V_E = V_b - V_E$ por lo tanto $V_a = V_b$

$$\begin{aligned} \frac{5V}{3k\beta} - \frac{V_{C_1}}{3k\beta} + \frac{5V}{3k} - \frac{V_{C_1}}{3k} + \frac{5V}{3k\beta} - \frac{V_{C_1}}{3k\beta} + \frac{5V}{3k} - \frac{V_{C_1}}{3k} &= 1mA \\ \frac{1010V}{300 \frac{V}{mA}} - V_{C_1} \left(\frac{202}{300k} \right) &= 1mA \\ V_{C_1} &= 3.5V = V_{C_2}. \end{aligned}$$

Por lo tanto

$$V_o = 0.$$

5. corte – saturación

$$\begin{aligned} I_{B_2} + I_{C_2} &= 1mA \leftrightarrow I_{B_2} = 1mA - I_{C_2} \\ I_{C_2} &< \beta (1mA - I_{C_2}) = 100mA - 100I_{C_2} \\ 101 \frac{5, 5V - V_b}{3k} &< 100mA. \end{aligned}$$

Por lo que ningún caso cumple las necesidades (lo mismo ocurre con saturación – corte)

6. saturación — saturación

$$\begin{aligned}
 I_C &< \beta I_B = \beta (0,5mA - I_C) = 100 (0,5mA - I_C) \\
 I_C + 100I_C &= 101I_C < 50mA \\
 101 \frac{5V - V_C}{3k} &< 50mA \\
 V_C &> 5V - \frac{50mA \cdot 3 \frac{V}{mA}}{101} = 5V - 1.49V.
 \end{aligned}$$

Por lo tanto necesitamos $V_b > 4$ y en ningún caso lo tenemos

Table 2: Resumen del primer punto en donde ponemos todas las respuestas

corte	corte activa saturación	no se puede $V_o = -2,97V$ para c no se puede para los casos
activa	corte activa saturación	$V_o = 2,97V$ para b $V_o = 0V$ para a no se puede
saturación	corte activa saturación	no se puede no se puede no se puede

Segunda Pregunta

Supongamos el transistor 2 (derecho) esta en corte.

Asumimos $I_{D_2} = I_{S_2} = 0$ al $I_{D_2} = \frac{10V - V_{D_2}}{15k}$ por lo que tenemos $V_{D_2} = 10V$ sabemos $V_{D_2} = V_{GS_2} = 10V$ y $V_T = 2V$.

Queremos confirmar que $V_{GS} < V_T$ para estar en corte. Pero $V_{GS_2} = 10V \neq 2V$ por lo que el transistor 2 no puede estar en corte.

Supongamos que el transistor derecho esta en triodo.

Condiciones impuestas $I_{D_2} = k_n (2(V_{GS_2} - V_T) V_{DS_2} - V_{DS_2}^2)$ y tenemos que verificar que $V_{GS_2} > V_T$ y $V_{DS_2} < V_{GS_2} - V_T$ pero al $V_{GS_2} = V_{DS_2}$ y $V_T = 2V > 0$

Tenemos que $V_{DS_2} < V_{GS_2} - V_T$ al $V_{GS_2} \neq V_{GS_2} - 2V$ por lo tanto el transistor 2 no puede estar en triodo.

Supongamos que el transistor derecho esta en pentodo.

Condiciones impuestas $I_{D_2} = k_n (V_{GS_2} - V_T)^2 = k_n (V_{D_2} - V_T)^2$.

Condiciones a verificar $V_{GS_2} > V_T$ y $V_{DS_2} > V_{GS_2} - V_T$.

Encontramos V_{D_2} con $I_{D_2} = \frac{10V - V_{D_2}}{15k}$ y nuestra condición impuesta $I_{D_2} = K_n (V_{D_2} - V_T)^2$ y

así tenemos

$$\begin{aligned}
\frac{10V - V_{D_2}}{15k} &= k_n (V_{D_2} - V_T)^2 \\
\frac{10V - V_{D_2}}{15k \cdot k_n} &= V_{D_2}^2 - 2V_{D_2}V_T + V_T^2 \\
V_{D_2}^2 + V_{D_2} \cdot \frac{1}{15k \cdot k_n} - 2V_{D_2}V_T - \frac{10V}{15k \cdot k_n} + V_T^2 &= 0 \\
V_{D_2}^2 + V_{D_2} \left(\frac{1}{15k \cdot k_n} - 2V_T \right) - \frac{10V}{15k \cdot k_n} + V_T^2 &= 0 \\
k_n &= 0.25 \frac{mA}{V^2} \\
V_T &= 2V \\
V_{D_2}^2 + V_{D_2} \left(-\frac{56}{15}V \right) + \frac{4}{3}V^2 &= 0 \\
V_{D_2} &= \frac{10}{3}V \\
V_{D_2} &= \frac{2}{5}V.
\end{aligned}$$

Por lo tanto $V_{D_2} = \frac{10}{3}V$; $I_{D_2} = 0.4mA$

1. corte – pentodo

Si el transistor 1 esta en corte asumimos que $I_{D_1} = 0$ y así $V_{D_1} = 10V$. Pero necesitamos verificar que $V_{GS_1} < V_T$. No obstante, $V_{GS_1} = V_G = I_{D_2} = \frac{10}{3}V \neq 2V = V_T$ por lo que no se puede hacer esto.

2. triodo – pentodo

Imponemos $I_{D_1} = k_n (2(V_{GS} - V_T)V_{DS_1} - V_{DS_1}^2) = k_n (2(V_G - V_T)V_{D_1} - V_{D_1}^2)$ al $I_{D_1} = \frac{10V - V_{D_1}}{10k}$.

Por lo que

$$\begin{aligned}
V_{D_1}^2 - 2(V_G - V_T)V_{D_1} + \frac{10V}{10k \cdot k_n} - \frac{V_{D_1}}{10k \cdot k_n} &= 0 \\
V_{D_1}^2 - \left(\frac{20}{3}V - 4V + \frac{4}{10}V \right) V_{D_1} + 4V^2 &= 0 \\
V_{D_1}^2 - \frac{92}{30}VV_{D_1} + 4V^2 &= 0.
\end{aligned}$$

Que en este caso da complejo por lo que esta situación es imposible.

3. pentodo – pentodo

Para el transistor 1 asumimos que

$$I_{D_1} = k_n (V_{GS_1} - V_T)^2 = k_n (V_G - V_T)^2 = 0.4mA = I_{D_2}.$$

Necesitamos confirmar

$$V_{GS_1} > V_T; V_{DS_1} > V_{GS_1} - V_T.$$

Ahora con esto

$$V_{GS_2} = \frac{10}{3}V > 2V = V_T.$$

con $I_{D_1} = \frac{10V - V_{D_1}}{10k}$ y así $V_{D_1} = 10V - I_{D_1} \cdot 10k$ por lo que $V_{D_1} = 10V - 0.4mA \cdot 10\frac{V}{mA} = 5.5V = V_{DS_1}$.

Por lo que ambos transistores están en pentodo. Por lo que obtenemos:

$$\begin{aligned} I_{D_1} &= I_{D_2} = 0.4mA \\ V_{D_1} &= 5.5V \\ V_{D_2} &= \frac{10}{3}V. \end{aligned}$$

Que es el único caso que se podría.