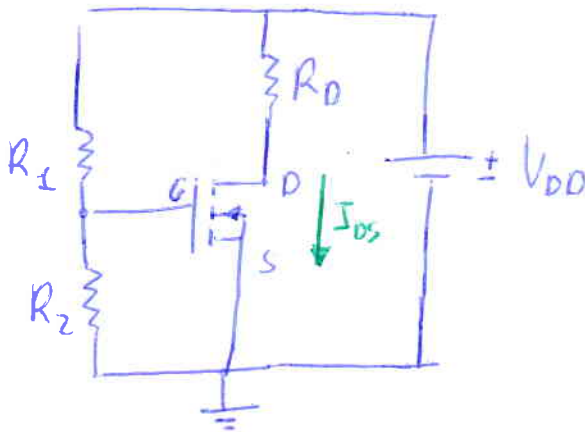


Problema 1.-



$$R_1 = 2k\Omega$$

$$R_2 = 8k\Omega$$

$$R_D = 100\Omega$$

$$V_{DD} = 5V$$

$$V_T = 2V$$

$$k = 6mA/V^2$$

Se trata de un NMOS donde $V_S = 0V$.

$$\text{Además, } V_G = R_2 \cdot \frac{V_{DD}}{R_1 + R_2} = V_{DD} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 4V$$

Por tanto $V_{GS} = 4V > 2V = V_T$ por lo que hay canal N y el transistor no está en corte. Falta determinar si opera en saturación o en la zona lineal.

$$\text{Pero antes, el valor de } V_D \text{ es } V_D = V_{DD} - I_{DS} \cdot R_D = 5 - 100 I_{DS}. \text{ y como } V_S = 0V \Rightarrow V_{DS} = 5 - 100 I_{DS}.$$

Podemos comenzar suponiendo que el transistor opera en saturación por lo que el valor de I_{DS} viene dado por

$$I_{DS} = \frac{k}{2} (V_{GS} - V_T)^2 = \frac{6mA}{2V^2} \cdot (4V - 2V)^2 = 12mA.$$

Para este valor se tiene que

$$V_{DS} = 5V - 100\Omega \cdot 12mA = 3,8V$$

$$\text{Así } V_{GS} - V_{DS} = 4V - 3,8V = 0,2V < 2V = V_T$$

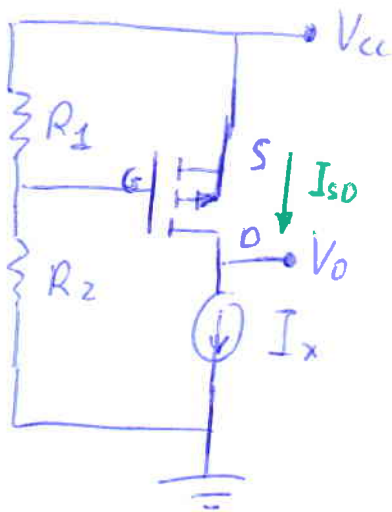


$V_{GS} - V_T < V_{DS}$ que es la condición de la zona de saturación.

Por tanto el transistor opera en saturación con $V_{DS} = 3,8V$

$$\& I_{DS} = 12mA.$$

Problema 2.-



Se trata de un PMOS

$$V_T = -2,5V$$

$$k = \frac{10mA}{V^2}$$

$$V_{CC} = 10V$$

$$R1 = R2 = 5K\Omega$$

a) En primer lugar calculamos V_G .

$$V_G = \frac{V_{CC} \cdot R_2}{R1 + R2} = 5V$$

$$\text{Por tanto } V_{GS} = 5K/10V = -5V$$

$V_{GS} < V_T$, es decir, hay canal P y

el transistor no está en corte

13

La fuente de corriente I_x nos garantiza una intensidad de corriente de 5mA en toda la rama, por lo que $I_{SD} = 5\text{mA}$

Si estuviéramos en la zona de saturación se tendría que verificar que

$$I_{SD} = \frac{k}{2} (V_{GS} - V_T)^2$$

$$I_{SD} = 5\text{mA} \stackrel{?}{=} \frac{10\text{mA}}{V^2} \cdot \frac{1}{2} \cdot (-5\text{V} + 2,5\text{V})^2 = 31,25\text{mA}$$

Por tanto el transistor no opera en la zona de saturación así que tiene que operar en la zona lineal. donde se cumple

$$\begin{aligned} I_{SD} &= k(V_{GS} - V_T) V_{DS} \quad \Rightarrow \quad V_{DS} = \frac{I_{SD}}{k(V_{GS} - V_T)} = \\ &= \frac{5\text{mA}}{\frac{10\text{mA}}{V^2} (-5\text{V} + 2,5\text{V})} = -0,2\text{V} \end{aligned}$$

$$\text{Así, } V_{GS} - V_{DS} = -5\text{V} + 0,2\text{V} = -4,8\text{V} < -2,5\text{V} = V_T$$



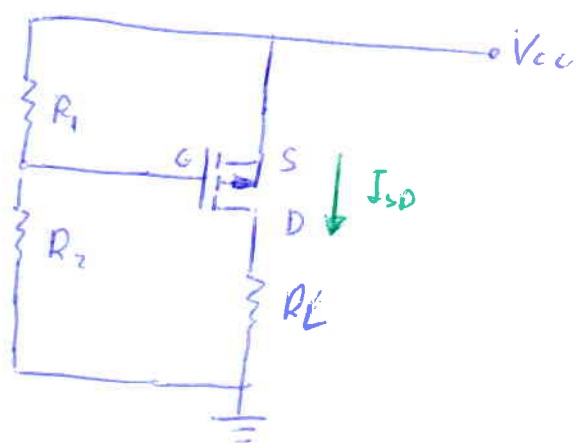
$V_{GS} - V_T < V_{DS}$ que es la condición de la zona lineal para un PMOS.

En resumen, el transistor opera en la zona lineal con

$$V_{GS} = -5\text{V}, \quad V_{DS} = -0,2\text{V} \quad \text{e} \quad I_{DS} = -I_{SD} = \ominus 5\text{mA}$$

El signo indica que la corriente va de S a D

b) Nueva configuración



Con esta configuración se sigue manteniendo que $V_G = 5V$ y $V_{GS} = -5V < -2,5V = V_T$.

Subemos que el límite entre la zona lineal y la de saturación se alcanza cuando $V_{GS} - V_{DS} = V_T$

En este caso el valor de V_{DS} se puede obtener como

$$V_{DS} = V_D - V_S = I_{SD} \cdot R_L - 10V$$

Por tanto $V_{GS} - I_{SD} \cdot R_L + 10V = V_T$ es la condición límite.

Ahora bien, para calcular I_{SD} tendríamos que recurrir a las ecuaciones del MOSFET según estuviéramos en la zona lineal o de saturación. Como estamos en el límite, suponiendo continuidad podríamos tomar cualquiera de los 2 valores. El problema surgiría si tomamos la aproximación lineal sin el término cuadrático que garantiza la continuidad. Por tanto elegimos sacar la intensidad de la ecuación de la zona de saturación cuyo límite cuando $V_{DS} \rightarrow V_{GS} - V_T$ nos dará el valor de I_{SD} en el límite.

$$\text{Así, } I_{SD} = \frac{K}{2} (V_{GS} - V_T)^2 \quad \text{por lo que podemos}$$

sustituir en la ecuación inicial donde

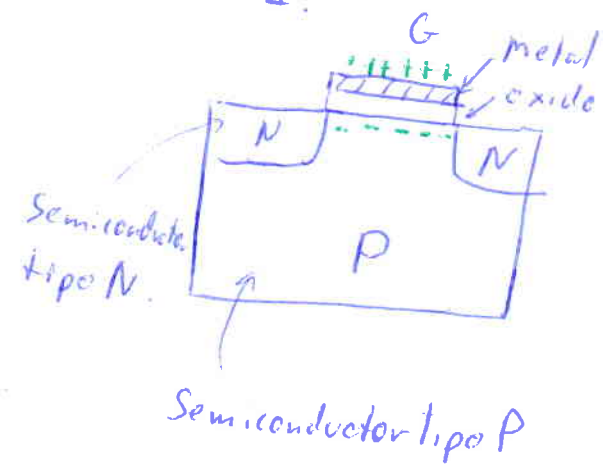
$$R_L = \frac{1}{I_{SD}} (V_{GS} - V_T + 10) = \frac{V_{GS} - V_T + 10}{\frac{K}{2} (V_{GS} - V_T)^2} =$$
$$= \frac{-5V + 2,5V + 10V}{\frac{10 \text{ mA}}{2 \text{ V}^2} (-5V + 2,5V)^2} = \frac{7,5V}{31,25 \text{ mA}} = 240 \Omega$$

Con $R_L = 240 \Omega$ el MOSFET se encuentra en el límite entre la zona lineal y saturación.

En este caso $V_0 = V_D = I_{SD} \cdot R_L =$

$$= \frac{K}{2} (V_{GS} - V_T)^2 \cdot 240 \Omega = 7,5 V$$

Cuestión 1:



La tensión umbral es la diferencia de potencial que hay que aplicar entre la puerta (G) y la fuente (S) para que haya canal N que permita el paso de corriente entre el drenador y la fuente.

Si no se alcanza dicha tensión el transistor está en corte. Como hemos dicho, si le aplicamos una diferencia de potencial suficiente (cargamos G positivamente) se crea una zona de carga negativa enfrente de la carga positiva que permite el paso de corriente entre el drenador y la fuente.