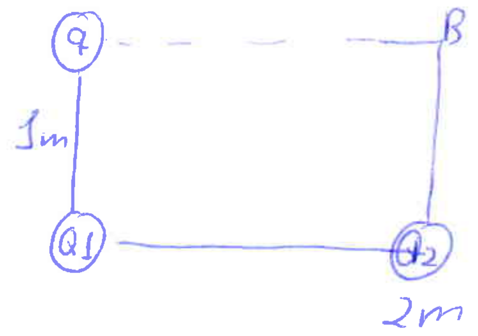
Juan Carlos Llamas Núñez
DNI: 11867802-D

Examen FEE

1.- 

$\vec{r}_A = (0,1)$
$\vec{r}_B = (2,1)$
$\vec{r}_{Q_1} = (0,0)$
$\vec{r}_{Q_2} = (2,0)$

a) $\vec{F}_A = \vec{F}_{Q_1,A} + \vec{F}_{Q_2,A}$

$$\vec{F}_{Q_1,A} = \frac{K \cdot q \cdot Q_1}{|\vec{r}_A - \vec{r}_{Q_1}|^3}(\vec{r}_A - \vec{r}_{Q_1}) = \frac{9\cdot 10^9 N\frac{m^2}{C^2}\cdot 10^{-6}C \cdot 3\cdot 10^{-6}C}{(1\,m)^2}\cdot \vec{j} =$$

$$= 2{,}7\cdot 10^{-2}\,\vec{j}\ (N)$$

$$\vec{F}_{Q_2,A} = \frac{k\cdot q\cdot Q_2}{|\vec{r}_A - \vec{r}_{Q_2}|^3}(\vec{r}_A - \vec{r}_{Q_2}) = \frac{9\cdot 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}\cdot 10^{-6}\cdot 5\cdot 10^{-6}C}{(\sqrt{5}\,m)^2}\left(-\frac{2}{\sqrt{5}}\vec{i} + \frac{1}{\sqrt{5}}\vec{j}\right)$$

$$= -8{,}05\cdot 10^{-3}\,\vec{i} + 4{,}02\cdot 10^{-3}\,\vec{j}\quad (N)$$

$$\Rightarrow \vec{F}_A = \vec{F}_{Q_1,A} + \vec{F}_{Q_2,A} = -8{,}05\cdot 10^{-3}\,\vec{i} + 3{,}10\cdot 10^{-2}\,\vec{j}\ (N)$$

b) El potencial eléctrico en B es

$$V_B = V_{Q_1,B} + V_{Q_2,B} = \frac{k\,Q_1}{|\vec{r}_B - \vec{r}_{Q_1}|} + \frac{k\,Q_2}{|\vec{r}_B - \vec{r}_{Q_2}|} =$$

$$= \frac{9\cdot 10^9\,\frac{Nm^2}{C^2}\cdot 3\cdot 10^{-6}C}{\sqrt{5}\,m} + \frac{9\cdot 10^9\frac{Nm^2}{C^2}\cdot 5\cdot 10^{-6}C}{1\,m} = 5{,}71\cdot 10^4\,V$$

c) Como el campo eléctrico es conservativo, el trabajo es la diferencia de potencial entre el punto inicial y el final por la carga que se mueve.

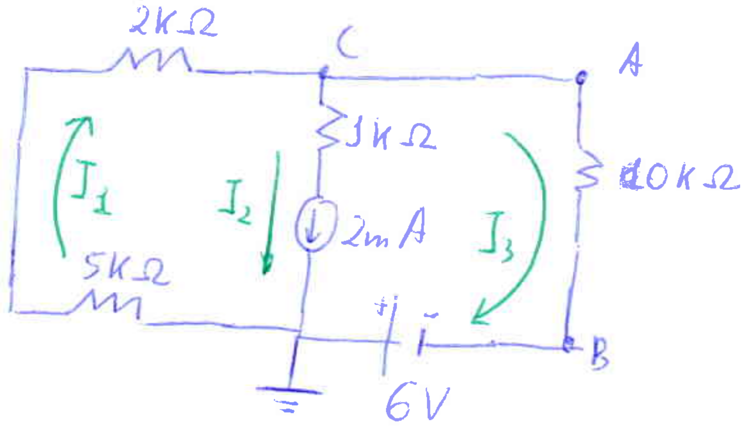
$$V_A = V_{Q_1,A} + V_{Q_2,A} = \frac{K Q_1}{|\vec{r_A} - \vec{r}_{Q_1}|} + \frac{K Q_2}{|\vec{r_A} - \vec{r}_{Q_2}|} =$$

$$= \frac{9 \cdot 10^9 \frac{Nm^2}{C^2} \cdot 3 \cdot 10^{-6} C}{1 m} + \frac{9 \cdot 10^9 \frac{Nm^2}{C^2} \cdot 5 \cdot 10^{-6} C}{\sqrt{5} \ m} = 4,71 \cdot 10^4 V$$

Así $W_{AB} = q \cdot (V_B - V_A) = 10^{-6} C (5,71 \cdot 10^4 V - 4,71 \cdot 10^4 V) = 0,01 J$

Como el trabajo es positivo indica que nosotros lo realizamos ya que estamos llevando una carga positiva de un potencial menor a uno mayor, en contra del sentido del campo.

2.-



a) Para calcular las corrientes aplicamos las leyes de Kirchoff.

La ley de las corrientes aplicada al nodo C nos dice que

$$I_1 = I_2 + I_3$$

Juan Carlos Llamas Núñez

Si nos fijamos en la malla más externa, la ley de Kirchoff para los voltajes (considerando caídas de potencial) nos dice que:

$$2I_1 + 10 I_3 - 6 + 5 I_1 = 0$$

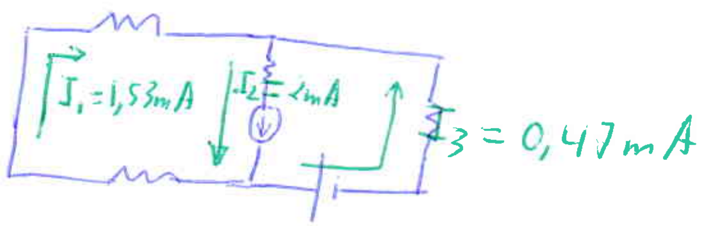
Combinando estas ecuaciones y sabiendo que $I_2 = 2mA$ obtenemos el sistema

$$\left\{\begin{array}{l} I_1 - I_3 = 2 \\ 7I_1 + 10 I_3 = 6 \end{array}\right. \iff \left\{\begin{array}{l} -7I_1 + 7I_3 = -14 \\ 7I_1 + 10 I_3 = 6 \end{array}\right.$$

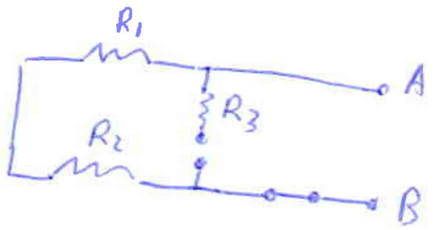
$$17 I_3 = -8$$

$$\implies I_1 = 1{,}53 mA \qquad I_3 = -0{,}47 mA$$

Así las corrientes en el circuito quedan

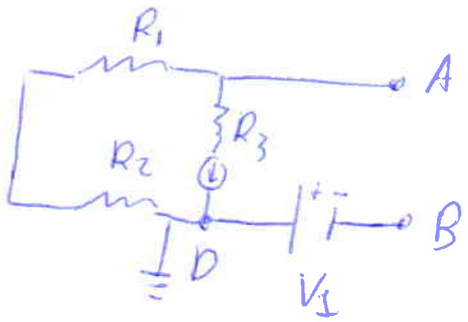


b) Para el circuito equivalente Thévenin calculamos primero la resistencia equivalente Thévenin, que es la resistencia equivalente anulando las fuentes entre los terminales A y B.



$$\implies R_{eq} = R_1 + R_2 = 7k\Omega = R_{TH}$$

El voltaje de Thévenin es la diferencia de potencial entre A y B en circuito abierto



Sabemos que $V_B = -V_1 = -6V$

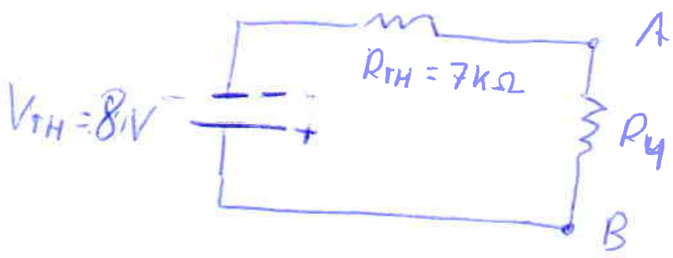
Ahora V_A es el voltaje que cae en las resistencia R_1 y R_2

y como sabemos la intensidad que las atraviesa, entonces

$$V_A = I_2 (R_2 + R_1) = 2mA \cdot (2k\Omega + 5k\Omega) = -14V$$

$$\Rightarrow V_A - V_B = -14V - (-6V) = -8V = V_{TH}$$

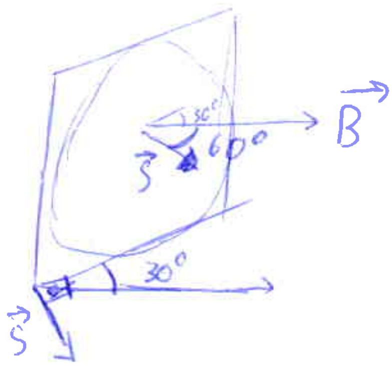
El circuito equivalente Thévenin queda como



3.- a) 300 vueltas

$R = 0{,}04\, m$

$|\vec{B}| = 2T$



El flujo magnético es $\Phi_B = \vec{B} \cdot \vec{S} = |\vec{B}| \cdot |\vec{S}| \cdot \cos\alpha =$

$= 2T \cdot \pi \cdot (0{,}04m)^2 \cdot \cos 60° = 1{,}6 \cdot \pi \cdot 10^{-3}\, Wb = 5{,}02 \cdot 10^{-3}\, Wb$

Juan Carlos Llamas Núñez

b)

$$\Phi_B(t) = \vec{B}(t) \cdot \vec{S} = (2 - 0{,}1 \cdot t) \cdot \pi (0{,}04m)^2 \cdot \cos 60^\circ =$$

$$= 5{,}02 \cdot 10^{-3} - 2{,}51 \cdot 10^{-4}\, t \quad (Wb)$$

La fuerza electromotriz inducida viene dada por

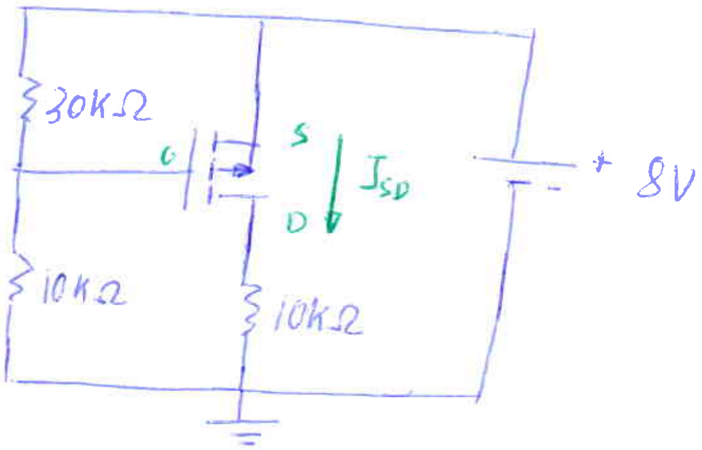
$$\mathcal{E} = -\frac{\partial \Phi_B(t)}{\partial t} = +2{,}51 \cdot 10^{-4} \ V$$

4.-

$V_T = -2V$

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

PMOS



En primer lugar $V_G = 8V \cdot \frac{10K\Omega}{30K\Omega + 10K\Omega} = 2V$

Así $V_{GS} = 2V - 8V = -6V < -2V = V_T$. Por tanto el transistor no está en corte y se ha formado canal P.

Además $V_D = 10K\Omega \cdot I_{SD}$ y $V_{DS} = 10K\Omega \cdot I_{SD} - 8V$.

Para conocer la región en la que opera el transistor podemos empezar suponiendo que ésta es saturación.

Si es así, la intensidad vendrá dada como

$$I_{SD} = \frac{k}{2}(V_{GS}-V_T)^2 = \frac{2mA}{V^2}\cdot\frac{1}{2}\cdot(-6V+2V)^2 = 16mA$$

Con este resultado $V_{DS} = 152V$

y $V_{GS} - V_{DS} = -6V - 152V = -158V < -2V = V_T$

Equivalentemente $V_{GS} - V_T < V_{DS}$ que es la condición de la zona lineal en el PMOS. Hemos llegado entonces a contradicción por lo que opera en zona lineal el PMOS.

En este caso

$$I_{SD} = k(V_{GS}-V_T)V_{DS} = \frac{2mA}{V^2}\cdot(-4V)\cdot(10k\Omega\, I_{SD} - 8V)$$

$$\Leftrightarrow -\frac{I_{SD}}{8} = 10 I_{SD} - 8 \Leftrightarrow 8 = I_{SD}\left(10 + \frac{1}{8}\right)$$

$$\Leftrightarrow I_{SD} = \frac{8}{10+1/8} = 0{,}79\ mA$$

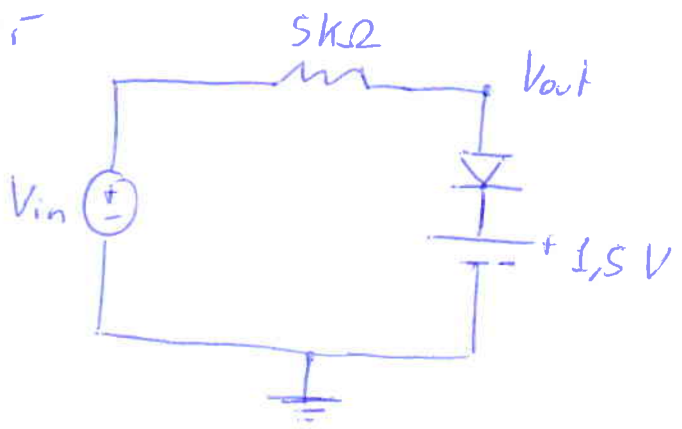
Con esta intensidad $V_{DS} = -0{,}1\ V$ y

$V_{GS} - V_{DS} = -6V + 0{,}1V = -5{,}9V < -2V = V_T$ o equivalentemente

$V_{GS} - V_T < V_{DS}$ (condición de zona lineal en PMOS).

Así, $I_{SD} = 0{,}79mA$, $V_{GS} = -6V$ y $V_{DS} = -0{,}1V$ con el PMOS operando en la zona lineal.

Si



Como el diodo es de Si entonces $V_\gamma = 0{,}7V$.

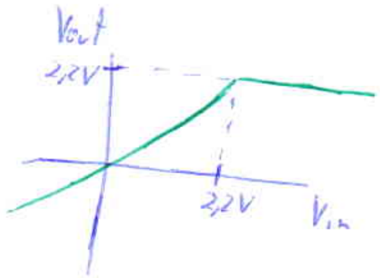
El diodo estará en conducción (ON) cuando $V_{in} - 1{,}5V > V_\gamma$, es decir, $V_{in} > 2{,}2V$. En este caso el valor de Vout es

$V_{out} = 1{,}5V + V_\gamma = 2{,}2V$.

El diodo estará en corte (OFF) cuando $V_{in} - 1{,}5V < V_\gamma$, es decir, $V_{in} < 2{,}2V$. En este caso, al no atravesar corriente al diodo $V_{out} = V_{in} + 5K\Omega \cdot \cancel{I}^{\,0} = V_{in}$

Por tanto

$$V_{out} = \begin{cases} 2{,}2\,V & \text{si } V_{in} > 2{,}2V \\ V_{in} & \text{si } V_{in} < 2{,}2V \end{cases}$$



Ya hemos comentado anteriormente que el diodo está en corte cuando $V_{in} < 2{,}2V$ y está en conducción cuando $V_{in} > 2{,}2V$.

El origen físico de la caida de potencial en el diodo radica en el comportamiento físico de la unión P-N. Si tenemos un semiconductor tipo N, dopado con impurezas donoras y con exceso de electrones, y lo juntamos con un semiconductor de tipo P, dopado con impurezas aceptoras y exceso de huecos, los electrones de la zona tipo N se recombinan con los huecos de la zona tipo P mediante un proceso de difusión. Queda por tanto en la zona de la unión una zona de carga espacial donde quedan al descubierto las impurezas donoras y aceptoras ionizadas. Se crea por tanto un campo eléctrico que se opone a la corriente de difusión y que equilibra el proceso. Este campo eléctrico tiene un potencial asociado. Si queremos conseguir que haya corriente eléctrica debemos vencer este potencial aplicando una diferencia de potencial mayor en los extremos de la unión PN.

Es así como se explica la caida de potencial en el diodo en conducción: los portadores deben vencer el campo eléctrico formado por las impurezas ionizadas lo que supondrá una caida de potencial.