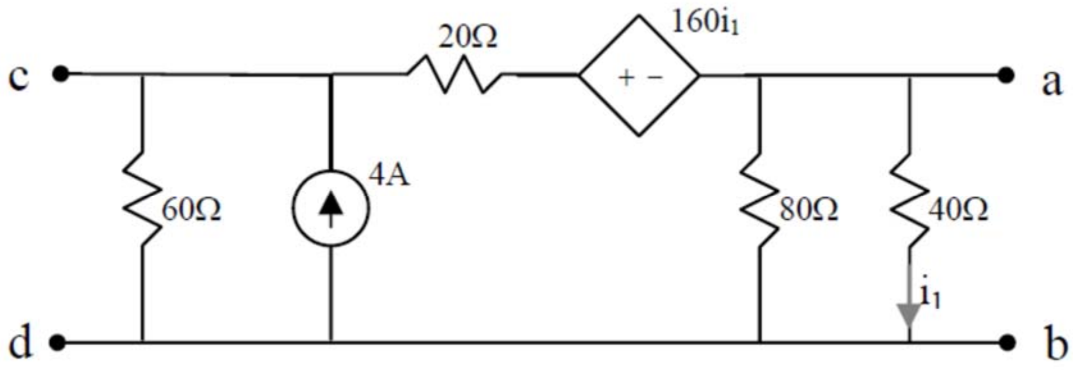
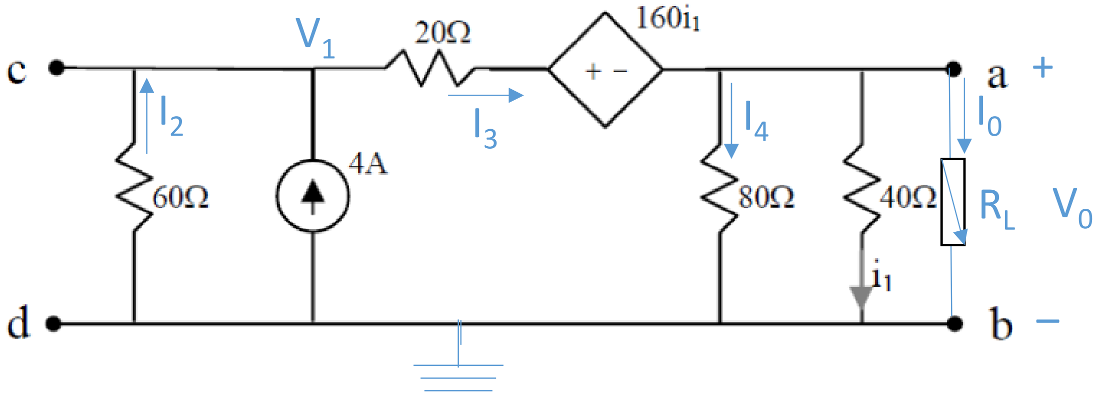
1. (2/12 *puntos*) Dado el circuito de la figura obtener el equivalente de Thevenin entre a y b y entre c y d.



Veamos entre a y b aplicando la ecuación característica $V_0 = V_{Th} - R_{eq} I_0$



1) $I_2 + 4 = I_3$

$$\frac{-V_1}{60} + 4 = \frac{V_1 - 160i_1 - V_0}{120}$$

$-V_1 + 60 \cdot 4 = 3 \cdot (V_1 - 160 \cdot V_0/40 - V_0)$; $\quad 240 = 4V_1 - 15V_0$

2) $I_3 = I_4 + I_1 + I_0$

$$\frac{V_1 - 160i_1 - V_0}{20} = \frac{V_0}{80} + \frac{V_0}{40} + I_0$$

$$4 \cdot \left(V_1 - 160\frac{V_0}{40} - V_0\right) = V_0 + 2V_0 + 80I_0$$

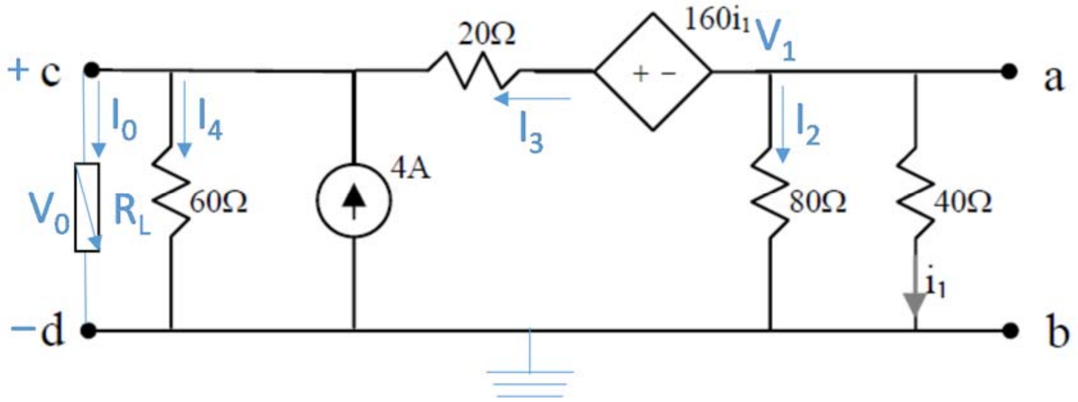
$$4V_1 - 20V_0 = 3V_0 + 80I_0$$

$$240 + 15V_0 = 23V_0 + 80I_0$$

$$V_0 = \frac{1}{8}(240 - 80I_0) \qquad \boldsymbol{V_{Th} = 30\ V}; \quad \boldsymbol{R_{eq} = 10\Omega}$$

Veamos entre c y d aplicando de nuevo la ecuación característica.

$V_0 = V_{Th} - R_{eq}I_0$



1) $i_1 + I_2 + I_3 = 0$

$$\frac{V_1}{40} + \frac{V_1}{80} + \frac{V_1 + 160i_1 - V_0}{20} = 0$$

$$2V_1 + V_1 + 4 \cdot \left(V_1 + 160\frac{V_1}{40} - V_0\right) = 0$$

$$3V_1 + 4V_1 + 16V_1 - 4V_0 = 0$$

$$23V_1 - 4V_0 = 0$$

2) $4 + I_3 = I_4 + I_0$

$$4 + \frac{V_1 + 160i_1 - V_0}{20} = \frac{V_0}{60} + I_0$$

$$60 \cdot 4 + 3 \cdot \left(V_1 + 160\frac{V_0}{40} - V_0\right) = V_0 + 60I_0$$

$$240 + 15V_1 - 3V_0 = V_0 + 60I_0$$

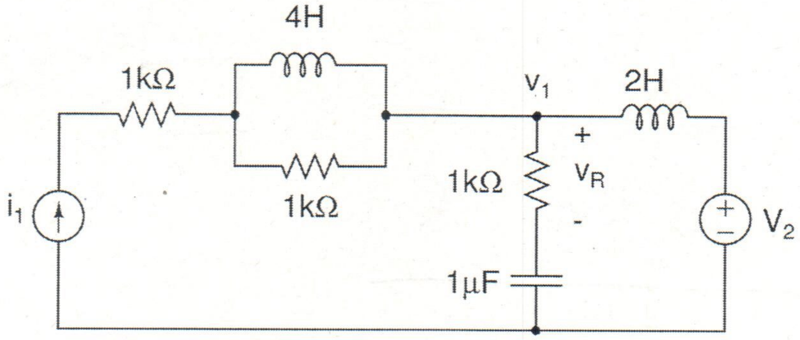
$$240 - 60I_0 + 15\frac{4V_0}{23} = 4V_0$$

$$V_0 = \frac{1}{1.39}(240 - 60I_0) \qquad \boldsymbol{V_{Th} = 172.5\,V;\quad R_{eq} = 43.125\Omega}$$

2.- (2/12 *puntos*) Las fuentes del circuito de la figura toman los siguientes valores: $i_1(t) = 1mA\cos(1000t)$ y $V_2 = 10V$

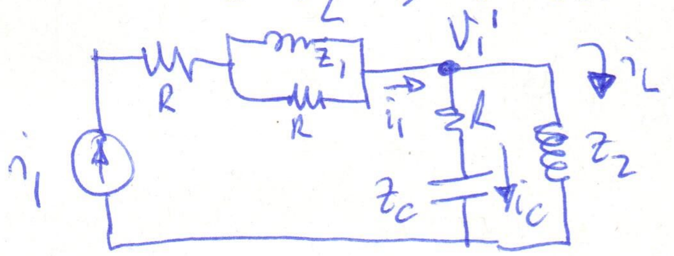
a) Calcular la dependencia temporal de la tensión v_1.

b) ¿Cuál es la caída de tensión v_R?



· Aplicamos superposición por tener fuente de DC y AC

· Anulamos V_2 → cortocircuito

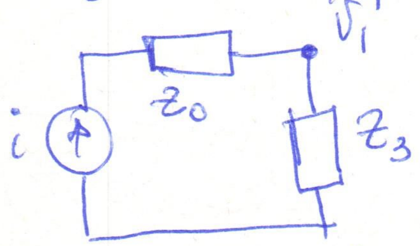


$i_1(t) = 10^{-3}A\cos(1000t)$

$i_1 = 10^{-3}A$

$\omega = 1000$ rad/s

Asociando impedancias



$v_1' = i_1 Z_3$

$$Z_3 = (Z_C+R)\,||\,Z_L = \frac{(Z_C+R)Z_L}{Z_C+R+Z_L} \Rightarrow v_1' = \frac{(Z_C+R)Z_L}{Z_C+R+Z_L} i_1$$

$$Z_C = \frac{1}{j10^3 10^{-6}} = -10^3 j \;;\; Z_L = j\omega L = 2\times10^3 j \;;\; R = 10^3$$

$$v_1' = \frac{(-10^3 j + 10^3)\, 2\times10^3 j}{-10^3 j + 10^3 + 2\times10^3 j} \times 10^{-3} = \frac{(1-j)2j}{1+j} = \frac{(1+j)2}{1+j} = 2V$$

$|v_1'| = 2V \longrightarrow \boxed{v_1'(t) = 2V\cos(1000t)}$

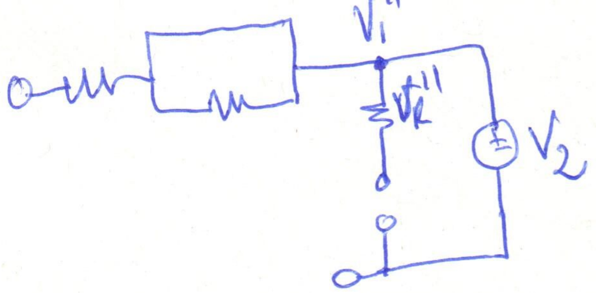
$(\varphi_1') = 0$ rad

$$v_R' = i_C R \Rightarrow i_C = \frac{v_1'}{R+Z_C} \Rightarrow v_R' = \frac{v_1'}{R+Z_C} R$$

$$\boxed{v_R' = \frac{2}{10^3 - 10^3 j} 10^3 = \frac{2}{1-j} = \frac{2(1+j)}{2} = 1+j} \qquad |v_R'| = \sqrt{2} \qquad \varphi_R' = \frac{\pi}{4}$$

$$\boxed{v_R' = \sqrt{2}\, V \cos\left(1000t + \frac{\pi}{4}\right)}$$

Anulamos i_1 $\Rightarrow$ $i_1 \equiv$ c. abierto ; $C \equiv$ c. abierto ; $L \equiv$ corto



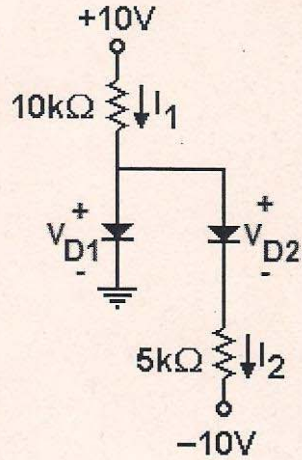
$V_1'' = V_2 = 10 V$

$V_R'' = 0$

Por lo tanto

$$\boxed{v_1 = 10 V + 2 V \cos(1000t)} \qquad \boxed{v_R = \sqrt{2} V \cos\left(1000t + \frac{\pi}{4}\right)}$$

3. (2/12 *puntos*) Suponiendo que los diodos del circuito se comportan según el modelo lineal más simple (cortocircuito/circuito abierto para el estado de conducción/no conducción)

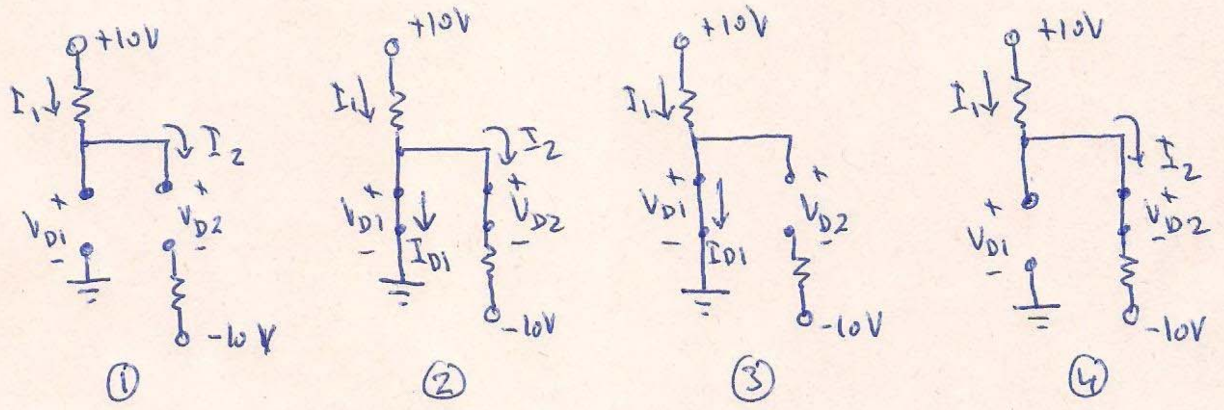


a) Dibujar los cuatro circuitos que resultan de sustituir los diodos por sus correspondientes modelos lineales en las cuatro situaciones siguientes: 1) no conduce ningún diodo; 2) conducen los dos; 3) conduce D1 y no conduce D2; 4) conduce D2 y no conduce D1

b) Determinar I_1 e I_2, así como V_{D1} y V_{D2} para los cuatro circuitos anteriores

c) Justificar en cada caso si los resultados obtenidos son compatibles, o no, con los modelos usados para los diodos.

a)



---

b)

$I_1 = 0$	$I_1 = \frac{10-0}{10k} = 1mA$	$I_1 = 1mA$	$I_1 = I_2 = \frac{10-(-10)}{15k} = 1'33\,mA$
$I_2 = 0$	$I_2 = \frac{0-(-10)}{5k} = 2mA$	$I_2 = 0$	$V_{D1} = 10 - 10k \cdot I_1 - 0 =$
$V_{D1} = 10V$	$V_{D1} = 0$	$V_{D1} = 0$	$= -3'3V$
$V_{D2} = 20V$	$V_{D2} = 0$	$V_{D2} = 10V$	$V_{D2} = 0$

---

c) Diodo en conducción $\rightarrow I_D \geq 0$ ($V_D = 0$) || Diodo en no conducción $\rightarrow V_D \leq 0$ ($I_D = 0$)

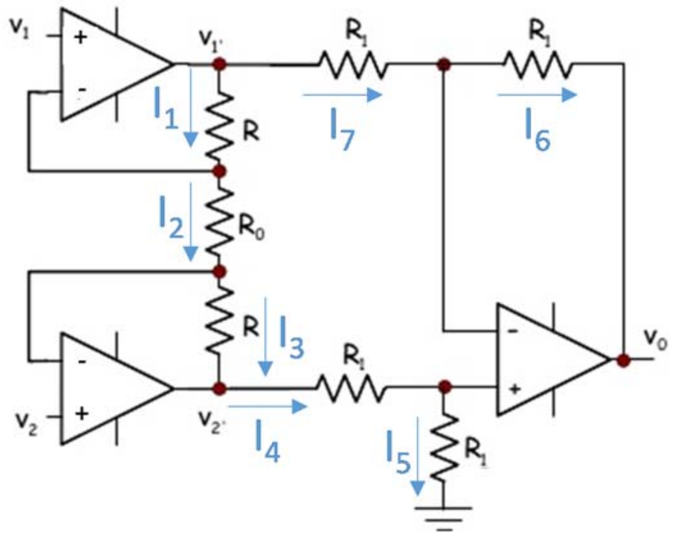
① $V_{D1} = 10V \nleq 0 \rightarrow$ incompat.
$V_{D2} = 20V \nleq 0 \rightarrow$ incompat } Incompatible

② $I_{D1} = I_1 - I_2 = -1mA \ngeq 0 \rightarrow$ incompat
$I_{D2} = 2mA \geq 0 \rightarrow$ compat. } Incompatible

③ $I_{D1} = I_1 = 1mA \geq 0 \rightarrow$ compat.
$V_{D2} = 10V \nleq 0 \rightarrow$ incompat. } Incompatible

④ $V_{D1} = -3'3V \leq 0 \rightarrow$ compat.
$I_{D2} = 1'33\,mA \geq 0 \rightarrow$ compat } $\boxed{\text{Compatible}}$

4. (2/12 *puntos*) Determina el valor de V_0 en el siguiente circuito.



Si los amplificadores operacionales son ideales se cumple que $I^+=I^-=0$, por tanto:

$I_4 = I_5$

$$\frac{V_{2'} - V^+}{R_1} = \frac{V^+}{R_1}; \quad V^+ = V_{2'}/2$$

Como todos los amplificadores operacionales tienen realimentación negativa podemos trabajar en la región lineal y podemos aplicar cortocircuito virtual $V^+ = V^-$

$I_7 = I_6$

$$\frac{V_{1'} - V^-}{R_1} = \frac{V^- - V_0}{R_1}$$

$$V_0 = 2V^- - V_{1'} = V_{2'} - V_{1'}$$

$I_1 = I_2$

$$\frac{V_{1'} - V_1}{R} = \frac{V_1 - V_2}{R_0}; \qquad V_{1'} = V_1 + \frac{R}{R_0}(V_1 - V_2)$$

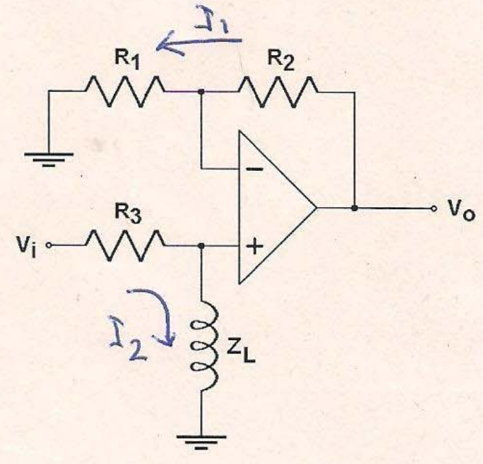
$I_2 = I_3$

$$\frac{V_1 - V_2}{R_0} = \frac{V_2 - V_{2'}}{R}; \qquad V_{2'} = V_2 - \frac{R}{R_0}(V_1 - V_2)$$

$$V_0 = V_{2'} - V_{1'} = V_2 - \frac{R}{R_0}(V_1 - V_2) - V_1 - \frac{R}{R_0}(V_1 - V_2)$$

$$\boldsymbol{V_0 = V_2 - \frac{2R}{R_0}(V_1 - V_2) - V_1 = \left(1 + \frac{2R}{R_0}\right)(V_2 - V_1)}$$

5. (2/12 *puntos*) Para el filtro de la figura:



a) Determinar la expresión de la ganancia de tensión (V_o/V_i) , su módulo y su fase en función de la frecuencia.

b) Hallar los valores límite del módulo de la ganancia y de su fase cuando la frecuencia tiende a cero y a infinito.

c) Suponiendo los siguientes valores: $R_1=1\Omega$, $R_2=100\Omega$, $R_3=10\Omega$ y L=1mH, dibujar el diagrama de Bode del módulo.

a)

$$I_2 = \frac{V_i - V_+}{R_3} = \frac{V_+}{Z_L} \rightarrow V_+ = \frac{Z_L}{R_3+Z_L} V_i = V_-$$

$$I_1 = \frac{V_o - V_-}{R_2} = \frac{V_-}{R_1} \rightarrow V_o = \frac{R_1+R_2}{R_1} V_-$$

$$V_o = \frac{R_1+R_2}{R_1} \frac{Z_L}{R_3+Z_L} V_i$$

$$\boxed{A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{R_1+R_2}{R_1} \cdot \frac{j\omega L}{R_3+j\omega L} = \frac{R_1+R_2}{R_1} \cdot \frac{j\omega L/R_3}{1+j\omega L/R_3} = \frac{R_1+R_2}{R_1} \cdot \frac{j\,2\pi f L/R_3}{1+j\,2\pi f L/R_3}}$$

$$\boxed{|A_v| = \frac{R_1+R_2}{R_1} \cdot \frac{2\pi f L/R_3}{\left[1+\left(2\pi f L/R_3\right)^2\right]^{1/2}}} \quad ; \quad \boxed{\varphi(A_v) = \frac{\pi}{2} - \operatorname{arctg}\left(\frac{2\pi f L}{R_3}\right)}$$

b)

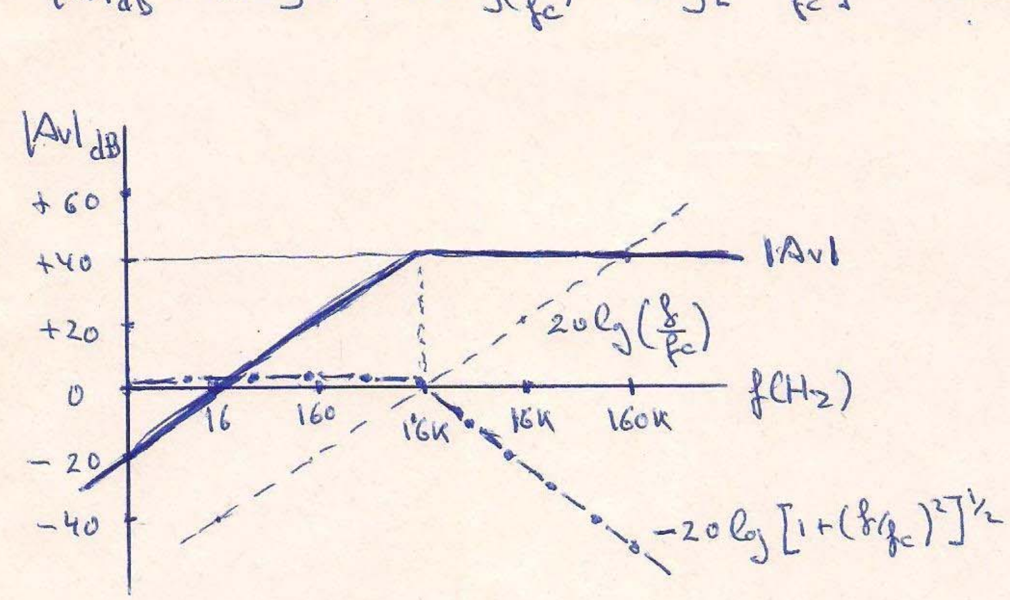
$$\lim_{f\to 0} |A_v| = 0 \qquad \lim_{f\to 0} \varphi(A_v) = \frac{\pi}{2} \text{ rad}$$

$$\lim_{f\to \infty} |A_v| = \frac{R_1+R_2}{R_1} \qquad \lim_{f\to \infty} \varphi(A_v) = \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{2} = 0$$

c)

$$\frac{R_3}{2\pi L} \equiv f_c \simeq 1'6\text{KHz} \quad ; \quad \frac{R_1+R_2}{R_1} = 101 \equiv K$$

$$|A_v|_{dB} = 20\lg K + 20\lg\left(\frac{f}{f_c}\right) - 20\lg\left[1+\frac{f^2}{f_c^2}\right]^{1/2}$$

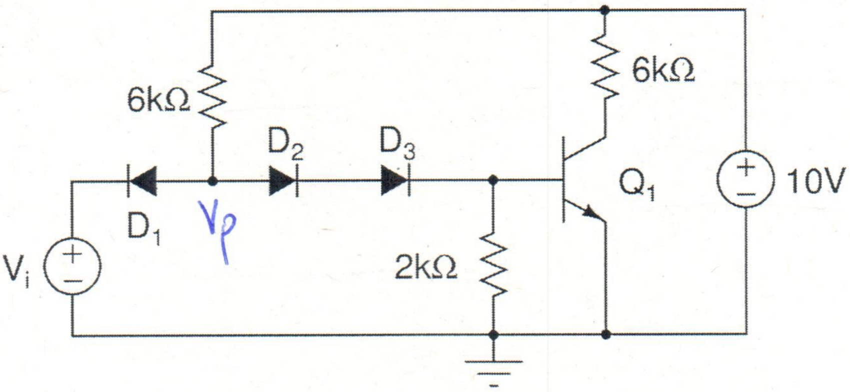


6.- (2/12 *puntos*) Calcular la tensión V_{CE} en el transistor $Q1$, cuando

a) $V_i = 0.2V$

b) $V_i = 10V$

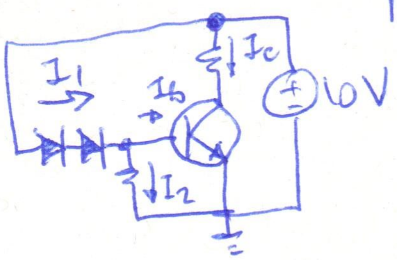
Datos: V_γ =0.6V, tanto para los diodos como para la unión base-emisor; β =20; $V_{CE, Sat}$ =0.2V



a) Si $V_i = 0.2V$ D_1 conduce, pues V_p será mayor (10-0.2)

Por tanto, $V_p = 0.2 + V_{\gamma_1} = 0.2+0.6 = 0.8V$ que es insuficiente para que D_2, D_3 y Q_1 conduzcan, ya que necesitarían $V_p > 0.6\times 3 = 1.8V$, por lo tanto Q_1 está en corte y $\boxed{V_{CE} = 10V}$

b) Si $V_1 = 10V$ D_1 estará en corte, mientras que D_2 y D_3 lo harán pues tenemos la fuente de 10V.



Suponemos que Q_1 está en saturación $\Rightarrow$ $V_{CE} = 0.2V$; tenemos que comprobar que $I_C < \beta I_B$.

Ahora $V_p = 0.6\times 3 = 1.8V$

$$I_1 = \frac{10-V_p}{6k} = 1.37mA \quad ; \quad I_2 = \frac{V_{BE\gamma}}{2k} = 0.3mA$$

$$I_B = I_1 - I_2 \Rightarrow \boxed{I_B = 1.07mA}$$

Por otra parte, en la malla de colector

$$I_C = \frac{10 - V_{CE}}{6k} = 1.63\,mA < 20 \times I_B = 21.4\,mA$$

Por lo que la hipótesis era correcta, y por tanto

$$\boxed{V_{CE} = 0.2\,V}$$