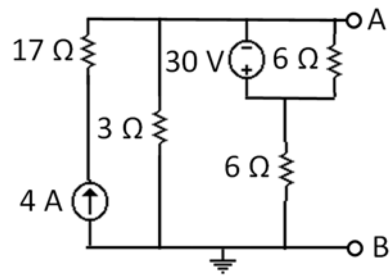
Grado en Ingeniería Informática y Doble grado en Ing. Informática y Matemáticas – Curso 2016/2017
Circuitos electrónicos – Examen Final – 15 de junio de 2017

Apellidos____ Nombre____________________

Grupo________

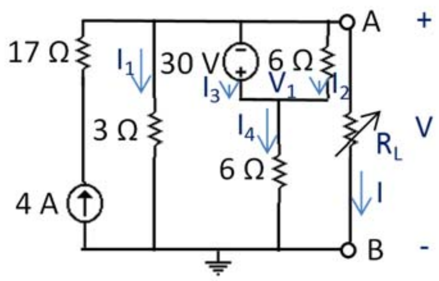
1) .- (2 *puntos/12*) En el circuito de la figura calcular entre A y B los equivalentes de Thevenin y Norton.



Resolvemos el problema utilizando la ecuación característica:

$$V = V_{th} – R_{eq}I$$

Para ello colocamos entre A y B una resistencia de carga. V es el voltaje en los extremos de esa resistencia de carga y I la corriente que pasa por ella. Tendremos el siguiente circuito:



La relación entre las corrientes viene dada por:

$$4 = I_1 + I_3 + I_2 + I$$

$$I_3 + I_2 = I_4$$

$$4 = I_1 + I_4 + I$$

$$4 = V/3 + V_1/6 + I$$

Por otro lado, la relación entre los voltajes viene dada por:

$$V + 30 – V_1 = 0$$

Por tanto:

$$24 = 2V + V + 30 + 6I$$

$$-6 – 6I = 3V; \qquad V = -2 – 2I$$

Comparando con la ecuación característica:

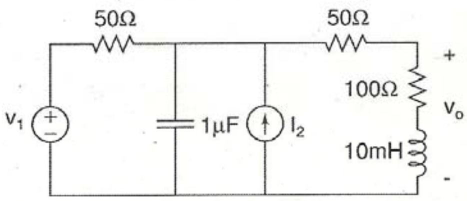
$$\mathbf{V_{th} = -2V}; \qquad \mathbf{R_{eq} = 2\Omega}; \qquad \mathbf{I_N} = V_{th}/R_{eq} = \mathbf{-1A}$$

Grado en Ingeniería Informática y Doble grado en Ing. Informática y Matemáticas – Curso 2016/2017
Circuitos electrónicos – Examen Final – 15 de junio de 2017

Apellidos__________________________________ Nombre________________

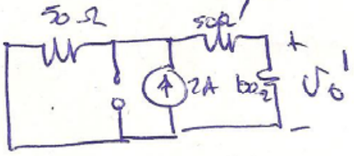
Grupo________

2) .- (2 *puntos/12*) Calcular el valor de la tensión v_o si $v_1 = 10\cos(10^4 t)\ V$ e $I_2 = 2\ A$



Como tenemos una fuente DC y otra AC tenemos que usar el ppio. de superposición.

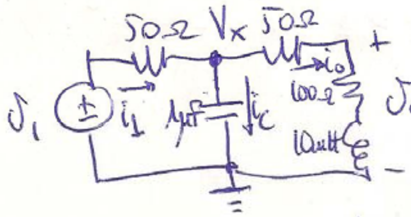
Anulando v_1, L es un corto y C un abierto



Como es un divisor de tensión, la corriente por la $R = 100\,\Omega$ será I_x

$I_x = \frac{50}{50+150} \times 2 = 0.5A$ y por lo tanto $\boxed{V_o' = 0.5A \times 100\Omega = 50V}$

Anulando I_2 obtenemos un circuito de 2 mallas



Aplicando nodos en el circuito obtenemos una ecuación

$i_1 = i_C + i_o$

Pasando las fuentes AC a fasores y los elementos pasivos a impedancias:

$v_1 = 10V \qquad Z_C = \frac{1}{j\omega C} = \frac{1}{j10^4 10^{-6}} = -100j\ \Omega$

$Z_L = j\omega L = j10^4 10^{-2} = 100j\ \Omega$

Aplicando la ecuación de las corrientes

$$\frac{v_1 - v_x}{50} = \frac{v_x}{Z_C} + \frac{v_x}{150 + Z_L}$$

$$v_x\left(\frac{1}{50} + \frac{j}{100} + \frac{1}{150+100j}\right) = \frac{10}{50}$$

$$v_x\left(\frac{2+j}{100} + \frac{150-100j}{32500}\right) = \frac{1}{5} \Rightarrow \boxed{v_x = 7.53 - 2.12j\ V}$$

Calculamos $i_0 = \frac{v_x}{150+100j} = 0.03 - 0.033j\ A$

Y, por lo tanto, $v_o'' = i_0 \times (100+100j)$

$$v_o'' = 6.12 - 0.47j\ V$$

Para obtener la expresión temporal, calculamos módulo y argumento

$$|v_o''|^* = 6.14 \qquad \varphi = -0.08\ rad = -4.4^\circ$$

Por lo tanto

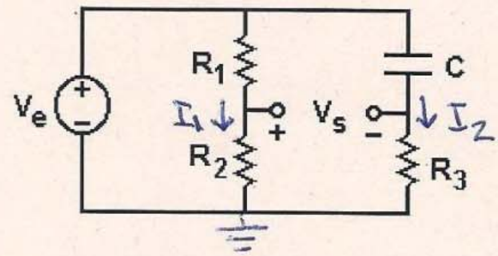
$$\boxed{v_o = 50V + 6.14\cos(10^4 t - 0.08 rad)\ V}$$

Grado en Ingeniería Informática y Doble grado en Ing. Informática y Matemáticas – Curso 2016/2017
Circuitos electrónicos – Examen Final – 15 de junio de 2017

Apellidos_______________________________ Nombre_______________

Grupo________

3) .- (2 *puntos/12*) Para señales sinusoidales de la fuente de entrada V_e :



a) Obtener la expresión de la ganancia de tensión, $A_v = V_s / V_e$, en función de las impedancias del circuito.
b) Obtener la ganancia de tensión, su módulo y fase en función de la frecuencia de la fuente.
c) ¿Cuáles son los límites, tanto del módulo como de la fase, cuando la frecuencia tiende a cero y a infinito respectivamente?
d) Representar el diagrama de Bode del módulo de la ganancia de tensión, suponiendo, en éste último apartado, que $R_1=100\Omega$, $R_2=10k\Omega$, $R_3=10k\Omega$ y $C=1\mu F$.

a)

$$V_s = V_{s+} - V_{s-} = I_1 R_2 - I_2 R_3 = \frac{V_e R_2}{R_1+R_2} - \frac{V_e R_3}{R_3+Z_c} = V_e \frac{R_2(R_3+Z_c) - R_3(R_1+R_2)}{(R_1+R_2)(R_3+Z_c)}$$

$$A_v = \frac{V_s}{V_e} = \frac{R_2 Z_c - R_1 R_3}{(R_1+R_2)(R_3+Z_c)}$$

b)

$$A_v = \frac{\frac{R_2}{j\omega C} - R_1 R_3}{(R_1+R_2)(R_3+\frac{1}{j\omega C})} = \frac{R_2 - j\omega C R_1 R_3}{(R_1+R_2)(1+j\omega C R_3)} = \frac{R_2}{R_1+R_2}\cdot\frac{1-j\omega C\frac{R_1R_3}{R_2}}{1+j\omega C R_3}$$

$$|A_v| = \frac{R_2}{R_1+R_2}\cdot\frac{\left[1+\left(\omega C\frac{R_1R_3}{R_2}\right)^2\right]^{1/2}}{\left[1+(\omega C R_3)^2\right]^{1/2}} \quad ; \quad \varphi(A_v) = \operatorname{arctg}\left(-\frac{\omega C R_1 R_3}{R_2}\right) - \operatorname{arctg}(\omega C R_3)$$

c)

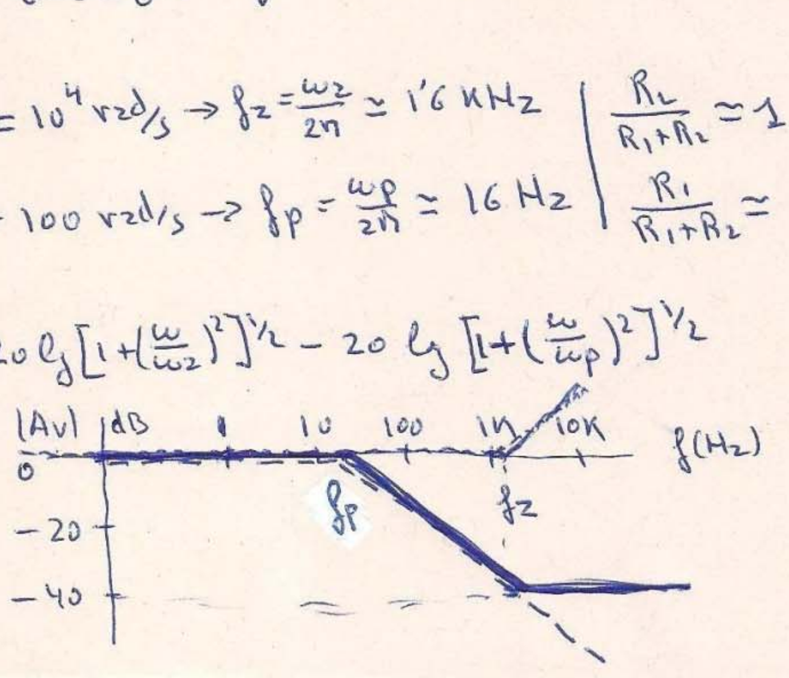
$$f \to 0 \begin{cases} |A_v| \to \frac{R_2}{R_1+R_2} \\ \varphi \to 0-0=0 \,* \end{cases} \quad \Bigg| \quad f \to \infty \begin{cases} |A_v| = \frac{R_1}{R_1+R_2} \\ \varphi \to -\pi/2 - \pi/2 = -\pi \text{ rad.} \end{cases}$$

d)

$$\omega_z \equiv \left(C\frac{R_1R_3}{R_2}\right)^{-1} = 10^4 \text{ rad/s} \to f_z = \frac{\omega_z}{2\pi} \simeq 1'6 \text{ kHz} \quad \Bigg| \quad \frac{R_2}{R_1+R_2} \simeq 1 \quad (\sim 0\text{dB})$$

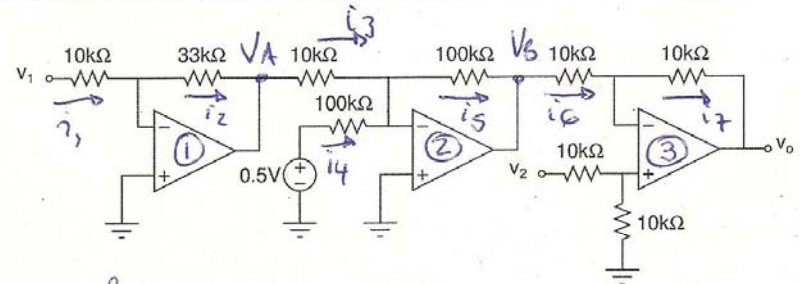
$$\omega_p \equiv (CR_3)^{-1} = 100 \text{ rad/s} \to f_p = \frac{\omega_p}{2\pi} \simeq 16 \text{ Hz} \quad \Bigg| \quad \frac{R_1}{R_1+R_2} \simeq 0'01 \quad (\sim -40\text{dB})$$

$$|A_v|_{dB} = 20 \lg\left(\frac{R_2}{R_1+R_2}\right) + 20 \lg\left[1+\left(\frac{\omega}{\omega_z}\right)^2\right]^{1/2} - 20 \lg\left[1+\left(\frac{\omega}{\omega_p}\right)^2\right]^{1/2}$$



Grado en Ingeniería Informática y Doble grado en Ing. Informática y Matemáticas – Curso 2016/2017
Circuitos electrónicos – Examen Final – 15 de junio de 2017

4) .- (2 *puntos/12*) Calcular la tensión de salida v_0 , en función de las tensiones v_1 y v_2.



Como los A.O. son ideales se cumple $i_+ = i_- = 0$

Como todos tienen realimentación negativa $v_+ = v_-$

En ① Como $v_+ = 0 \Rightarrow v_- = 0$

$$i_1 = i_2 \Rightarrow \frac{v_1}{10k} = \frac{-v_A}{33k} \Rightarrow \boxed{v_A = -\frac{33}{10} v_1}$$

En ② Como $v_+ = 0 \Rightarrow v_- = 0$

Se cumple $i_3 + i_4 = i_5 \Rightarrow \frac{v_A}{10k} + \frac{0.5}{100k} = \frac{-v_B}{100k}$

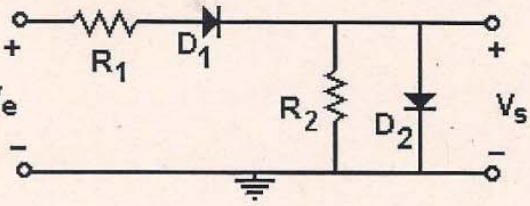
$$v_B = -10 v_A - 0.5 = \frac{33 v_1}{10} \times 10 - 0.5 \Rightarrow \boxed{v_B = 33 v_1 - 0.5V}$$

En ③ v_+ es divisor de tensión y como $i_+ = 0$ podemos sustituirlo por su valor $v_+ = \frac{10k}{20k} v_2 \Rightarrow v_+ = \frac{1}{2} v_2$

Aquí se cumple $i_6 = i_7 \Rightarrow \frac{v_B - v_+}{10k} = \frac{v_+ - v_0}{10k}$

$$\Rightarrow v_0 = 2 v_+ - v_B \Rightarrow \boxed{v_0 = v_2 - 33 v_1 + 0.5}$$

5) .- (2 *puntos/12*) En el circuito de la figura los diodos son ideales con V_γ=0.7V.



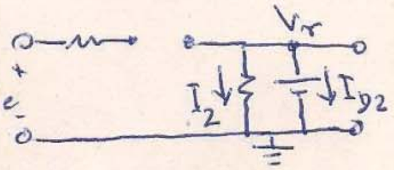
a) De las distintas combinaciones en cuanto a conducción/no-conducción de los diodos, ¿cuál de ellas no puede darse y por qué?

b) Calcular $V_s=f(V_e)$ para el resto de combinaciones posibles.

c) Calcular el valor de la tensión de entrada a la que se da el cambio en el estado de conducción de cada diodo, e indicar el rango de valores de V_e en el que se da cada situación.

d) Dibujar la gráfica $V_s = f(V_e)$ si las dos resistencias son iguales.

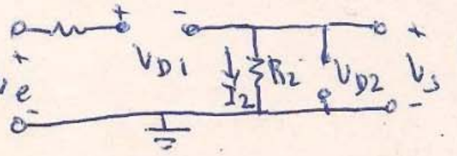
a) Para la combinación $\begin{cases} D_1 \text{ no cond.} \rightarrow I_{D1} = 0 \\ D_2 \text{ cond.} \rightarrow I_{D2} \geq 0 \end{cases}$



$$0 = I_{D1} = I_2 + I_{D2} = \frac{V_\gamma}{R_2} + I_{D2} \rightarrow I_{D2} = -\frac{V_\gamma}{R_2} \ngeq 0$$

no es posible

b) y c) D1 no cond, D2 no cond $\left\{ \begin{array}{l} I_{D1} = 0 \\ I_{D2} = 0 \end{array} \right\} I_2 = 0$

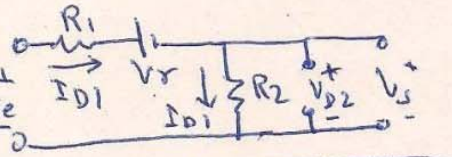


$\boxed{V_s = I_2 R_2 = 0}$

D1 conmuta con $V_{D1} = V_\gamma$; $V_{D1} = V_{D1+} - V_{D1-} = V_e - 0 = V_e$
$(I_{D1} = 0)$

Con $\boxed{V_e = V_\gamma}$, V_{D1} cambia de no cond. a cond.

D1 cond, D2 no cond $\left\{ \begin{array}{l} V_{D1} = V_\gamma \\ I_{D2} = 0 \end{array} \right.$



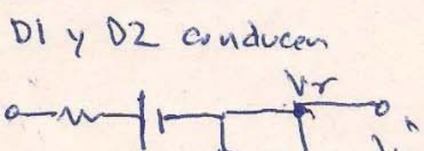
$$I_{D1} = \frac{V_e - V_\gamma}{R_1 + R_2} \quad ; \quad \boxed{V_s = I_{D1} R_2 = (V_e - V_\gamma)\frac{R_2}{R_1 + R_2}}$$

D2 conmuta con $V_{D2} = V_\gamma$, $(I_{D2} = 0)$

$$V_{D2} = V_s = (V_e - V_\gamma)\frac{R_2}{R_1 + R_2} = V_\gamma \rightarrow \boxed{V_e = V_\gamma + \frac{R_1 + R_2}{R_2} V_\gamma}$$

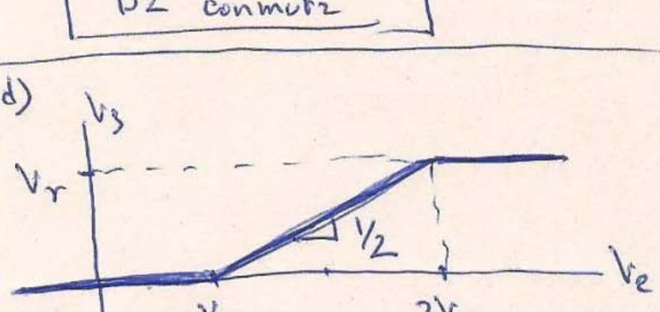
D2 conmuta

D1 y D2 conducen



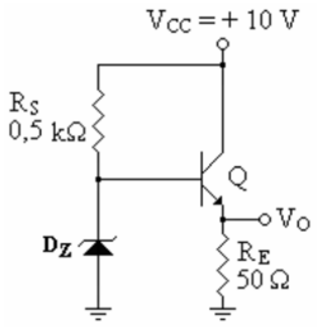
$\boxed{V_s = V_\gamma}$

d)



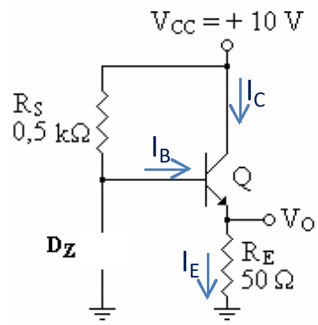
D1,D2 no c.	D1 cond. D2 no cond.	D1,D2 cond.
$V_s = 0$	$V_s = \frac{V_e - V_\gamma}{2}$	$V_s = V_\gamma$

6) .- (2 *puntos/12*) Calcular el punto de operación del transistor teniendo en cuenta los siguientes datos β = 100, V_{BE} = 0.7 V, $V_{CE,sat}$ = 0.2 V, V_Z = 5.7 V, R_Z = R_d = 0, V_γ = 0.5 V.



En este circuito el diodo no puede estar ni en directa, ni en corte. Si el diodo está en directa V_{BB} sería negativa (- 0.5 V) y por tanto $I_E < 0$, lo que no tiene sentido en un transistor.
Para que el diodo esté en corte se tiene que cumplir que – 5.7 V < V_{Dz} < 0.5 V

Supongamos el diodo en corte y el transistor en activa. Tendremos el siguiente circuito:



$$10 - I_B 500 - V_{BE} - I_E 50 = 0$$

$$10 - I_B 500 - 0.7 - (\beta+1) I_B 50 = 0$$

$$I_B = 1.676 \text{ mA}$$

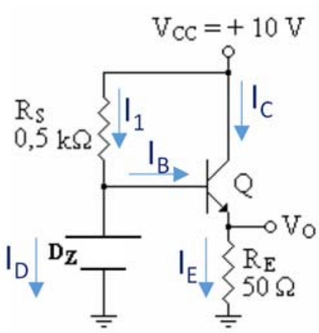
V_{Dz} = - 10 + 500·I_B = -9.1 V no puede estar en corte y el transistor en activa.

Si el diodo está en corte y el transistor en saturación:

$$10 - V_{CE,sat} - 50 I_C = 0; \quad I_E = 0.196 \text{ A}$$

10 – 500·I_B – 0.7 – 50·0.196 = 0; I_B < 0 A El transistor no puede estar en saturación y el diodo en corte.

Por tanto, el transistor sólo puede estar en inversa. En ese caso:



$$10 - 500 \cdot I_1 - 5.7 = 0\,; \quad I_1 = 8.6\ \text{mA}$$

$$5.7 - 0.7 - 50 \cdot I_E = 0; \quad I_E = 0.1\ \text{A}$$

$10 - V_{CE} - 50 \cdot I_E = 0$; $V_{CE} = 5V$ por tanto, el transistor está en activa

$$I_E = (\beta+1) \cdot I_B; \quad I_B = 9.9 \cdot 10^{-4}\ \text{A}$$

$$I_C = \beta \cdot I_B; \quad I_C = 0.099\ \text{A}$$

Comprobamos la corriente del diodo:

$I_1 = I_B + I_D$; $I_D = 7.61$ mA tiene sentido.

El punto de operación es: **$V_{BE} = 0.7$ V; $V_{CE} = 5V$; $I_B = 9.9 \cdot 10^{-4}$ A; $I_C = 0.099$ A; $I_E = 0.1$ A**