CIRCUITOS ELECTRÓNICOS **2º DE GRADO EN ING. INFORMÁTICA** **17/01/2018**

Apellidos...**Nombre**...
Grupo…………

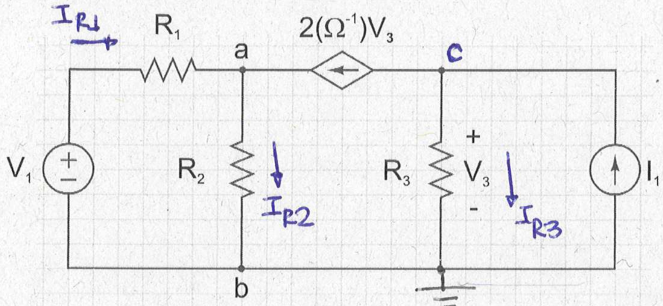
Final Ordinario

Nota importante: Toda corriente o tensión que se utilice en las ecuaciones ha de estar necesariamente identificada en el circuito correspondiente

1) (2/12) En el circuito de la figura, determínese:

a) La tensión de Thévenin (V_{Th}) y la corriente de Norton (I_N) entre los terminales a y b, en función de V_1, I_1, R_1, R_2 y R_3.

b) Considerando $R_1 = 5\ \Omega$, $R_2 = 20\ \Omega$, $R_3 = 2\ \Omega$, $V_1 = 10$ V y $I_1 = 1$ A, calcular V_{Th}, I_N, así como la resistencia equivalente.



a) La tensión de Thévenin entre los terminales a y b es equivalente a Vab en el circuito arriba.

(1) $I_{R1} + 2V_3 = I_{R2}$ (L.K.N. en el nodo a)

(2) $I_1 = I_{R3} + 2V_3$ (L.K.N. en el nodo c)

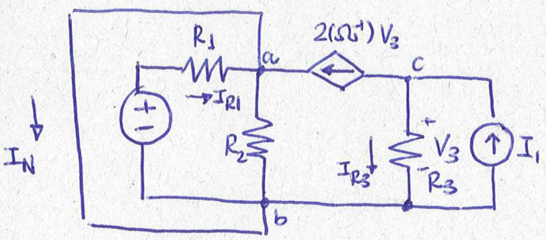
$$I_1 = \frac{V_3}{R_3} + 2V_3 = V_3\left(2 + \frac{1}{R_3}\right) \Rightarrow V_3 = \frac{R_3}{1+2R_3} \cdot I_1$$

volviendo a (1)

$$\frac{V_1 - V_{Th}}{R_1} + 2V_3 = \frac{V_{Th}}{R_2} \Rightarrow V_{Th}\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right) = \frac{V_1}{R_1} + \frac{2R_3}{1+2R_3} \cdot I_1$$

$$\boxed{V_{Th} = \left(\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}\right) \cdot \left(\frac{V_1}{R_1} + \frac{2R_3}{1+2R_3} I_1\right)}$$

La corriente de Norton es equivalente a la corriente de corto-circuito en el circuito abajo:



L.K.N. en el nodo c

$$I_1 = 2V_3 + I_{R3} = 2V_3 + \frac{V_3}{R} \Rightarrow V_3 = \frac{R_3}{1+2R_3} \cdot I_1$$

L.K.N. en el nodo a

$$\boxed{I_N} = I_{R1} + 2V_3 = \frac{V_1}{R_1} + 2V_3 = \boxed{\frac{V_1}{R_1} + \frac{2R_3}{1+2R_3} I_1}$$

b) $V_{Th} = 11,2$ V

$I_N = 2,8$ A

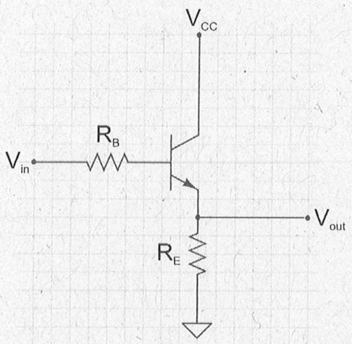
$$R_{eq} = \frac{V_{Th}}{I_N} = 4\,\Omega$$

2) (2/12) Para el circuito de la figura:

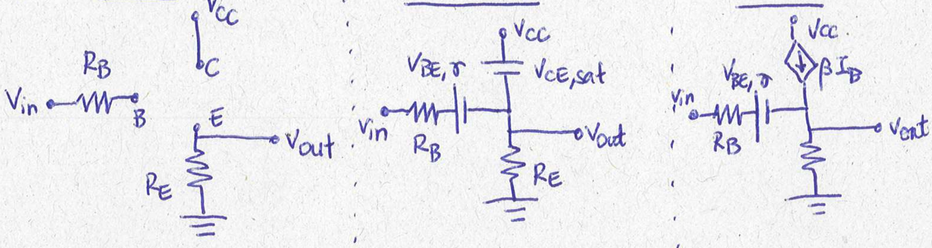
a) Redibujar el circuito, substituyendo el transistor bipolar de unión por los modelos equivalentes correspondientes a las regiones de corte, saturación y activa. Utilizar las siguientes aproximaciones lineales: $V_{BE,\ conducción} \approx V_{BE,\gamma}$, $V_{CE,\ saturación} \approx V_{CE,\ sat}$, y β = ganacia de corriente en activa.

b) Calcular la función de transferencia, $V_{out} = f(V_{in})$ para el transistor en las tres regiones de operación, así como el rango de V_{in} para el cual cada función es válida. Suponer conocidos los valores de V_{CC}, R_B, R_E, $V_{BE,\gamma}$, $V_{CE,\ sat}$ y β.

c) Suponiendo que $R_B \rightarrow 0$, dibujar la función de transferencia para V_{in} de -10 V hasta +10 V, para $V_{CC} = 5$ V, $V_{BE,\gamma} = 0.7$ V, $V_{CE,\ sat} = 0.2$ V.



a) CORTE — SATURACIÓN — ACTIVA



b) corte $\boxed{V_{in} < V_{BE,\gamma}}$ $\boxed{V_{out} = 0}$

saturación $\boxed{V_{out} = V_{cc} - V_{CE,sat}}$

condiciones: $V_{in} > V_{BE,\gamma}$ $\quad I_C < \beta I_B$

$I_C + I_B = I_E \Rightarrow I_E < (1+\beta) I_B$

$$\frac{V_{cc} - V_{CE,sat}}{R_E} < (1+\beta)\,\frac{V_{in} - (V_{BE,\gamma} + V_{cc} - V_{CE,sat})}{R_B}$$

$$V_{in} - (V_{BE,\gamma} + V_{cc} - V_{CE,sat}) > \frac{R_B}{R_E(1+\beta)} \cdot (V_{cc} - V_{CE,sat})$$

$$\boxed{V_{in} > \left[1 + \frac{R_B}{R_E(1+\beta)}\right](V_{cc} - V_{CE,sat}) + V_{BE,\gamma}}$$

condición más restrictiva

activa $\quad V_{out} = I_E R_E = (1+\beta) I_B \cdot R_E$

$$V_{out} = (1+\beta) \cdot \frac{V_{in} - (V_{BE,\gamma} + V_{out})}{R_B} \cdot R_E \Rightarrow \frac{R_B}{R_E(1+\beta)} V_{out} = V_{in} - (V_{BE,\gamma} + V_{out})$$

$$\left(1 + \frac{R_B}{R_E(1+\beta)}\right) V_{out} = V_{in} - V_{BE,\gamma} \Rightarrow \boxed{V_{out} = \frac{(V_{in} - V_{BE,\gamma})}{\left[1 + \frac{R_B}{R_E(1+\beta)}\right]}}$$

condiciones: $V_{in} > V_{BE,\gamma}$

$V_{CE} > V_{CE,sat}$ $\quad V_{CE} = V_{cc} - V_{out}$

$V_{cc} - V_{out} > V_{CE,sat}$

$V_{out} < V_{cc} - V_{CE,sat}$

$$\frac{(V_{in} - V_{BE,\gamma})}{\left[1 + \frac{R_B}{R_E(1+\beta)}\right]} < V_{cc} - V_{CE,sat} \Rightarrow V_{in} - V_{BE,\gamma} < \left[1 + \frac{R_B}{R_E(1+\beta)}\right](V_{cc} - V_{CE,sat})$$

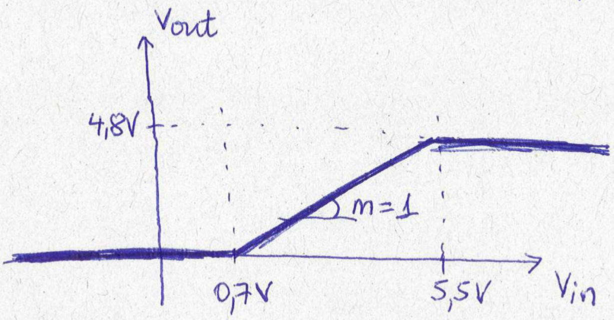
$$V_{in} < \left[1 + \frac{R_B}{R_E(1+\beta)}\right](V_{cc} - V_{CE,sat}) + V_{BE,\gamma}$$

$$\therefore \boxed{V_{BE,\gamma} < V_{in} < \left[1 + \frac{R_B}{R_E(1+\beta)}\right](V_{cc} - V_{CE,sat}) + V_{BE,\gamma}}$$

c) corte: $V_{out} = 0$ $\quad V_{in} < 0,7\,V$

activa: $V_{out} = V_{in} - 0,7$ $\quad 0,7\,V < V_{in} < 5,5\,V$

saturación: $V_{out} = 4,8\,V$ $\quad V_{in} > 5,5\,V$

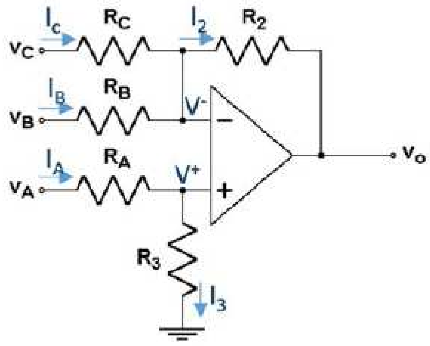


CIRCUITOS ELECTRÓNICOS **2º DE GRADO EN ING. INFORMÁTICA** **17/1/2018**

Apellidos..**Nombre**...
Grupo………… **Final Ordinario**

Nota importante: Toda corriente o tensión que se utilice en las ecuaciones ha de estar necesariamente identificada en el circuito correspondiente

3) (2/12) En el siguiente circuito, suponiendo que el amplificador operacional es ideal, y que su salida no llega a saturarse, encontrar el voltaje de salida $v_o(v_A, v_B, v_C)$:



Tenemos un amplificador operacional ideal y por tanto $i^+ = i^- = 0$

Por consiguiente:

$$I_c + I_B = I_2; \quad \frac{V_c - V^-}{R_c} + \frac{V_B - V^-}{R_B} = \frac{V^- - V_0}{R_2}$$

$$I_A = I_3; \quad \frac{V_A - V^+}{R_A} = \frac{V^+}{R_3}; \quad \frac{V_A}{R_A} = V^+\left(\frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_3}\right) = V^+\frac{R_A + R_3}{R_A \cdot R_3}; \quad V^+ = \frac{R_3}{R_A + R_3}V_A$$

Tenemos realimentación negativa y podemos trabajar en la región lineal. Por tanto $V^+ = V^-$

$$\frac{V_C}{R_C} + \frac{V_B}{R_B} - V^-\left(\frac{1}{R_C} + \frac{1}{R_B} + \frac{1}{R_2}\right) = -\frac{V_0}{R_2}$$

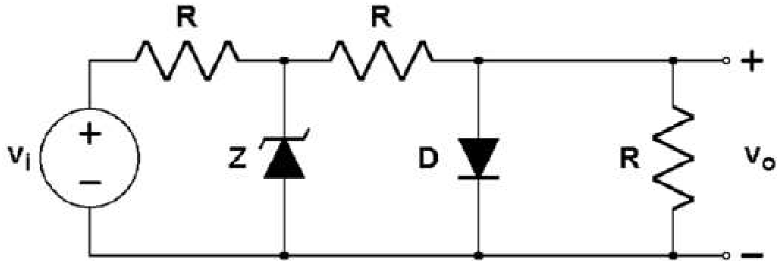
$$\frac{V_0}{R_2} = \frac{R_3}{R_A + R_3}V_A\left(\frac{1}{R_C} + \frac{1}{R_B} + \frac{1}{R_2}\right) - \frac{V_C}{R_C} - \frac{V_B}{R_B}$$

$$\boldsymbol{V_0 = \frac{R_3}{R_A + R_3}V_A\left(\frac{R_2}{R_C} + \frac{R_2}{R_B} + 1\right) - R_2\left(\frac{V_C}{R_C} + \frac{V_B}{R_B}\right)}$$

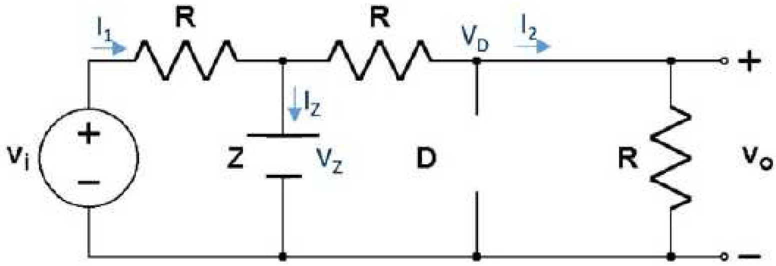
4) (2/12) Sabiendo que $V_Z = 3V_\gamma$, y que $-10V_\gamma \leq v_i \leq 10V_\gamma$:

a) ¿Puede estar Z conduciendo en inversa con D en corte? ¿Por qué?
b) ¿A qué valor de V_i D conmuta desde corte a conducción?
c) Encontrar las distintas regiones de funcionamiento de los diodos en el circuito.
d) Calcular v_o como función de v_i para cada región de funcionamiento y representar gráficamente.

Nota: Considerar que los diodos rectificador (D) y zener (Z) tienen resistencias nulas en conducción, suponer conocidos sus parámetros V_γ (tensión umbral de conducción directa, idéntico para ambos) y Vz (tensión umbral de conducción inversa del zener), y suponer también conocido el valor nominal de las resistencias del circuito.



a) Cuando Z conduce en inversa y D en corte tenemos el siguiente circuito equivalente:

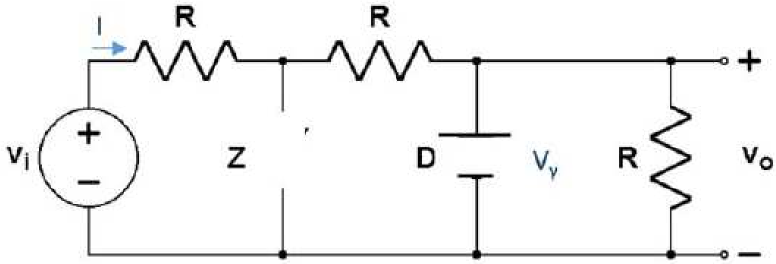


Calculamos el valor de V_D que debe ser menor que V_γ

$$V_D = V_0 = I_2 \cdot R = \frac{V_Z}{2R} R = \frac{3V_\gamma}{2} > V_\gamma$$

Este resultado no tiene sentido y por tanto Z no puede estar en inversa y D en corte.

b) Para calcular el valor de V_i pedido suponemos que Z está en corte. Si D está en conmutación I_D = 0 y $V_D = V_\gamma$ por tanto tenemos el siguiente circuito.



$$V_i - 2IR - V_\gamma = 0$$

$$I = \frac{V_i}{3R}$$

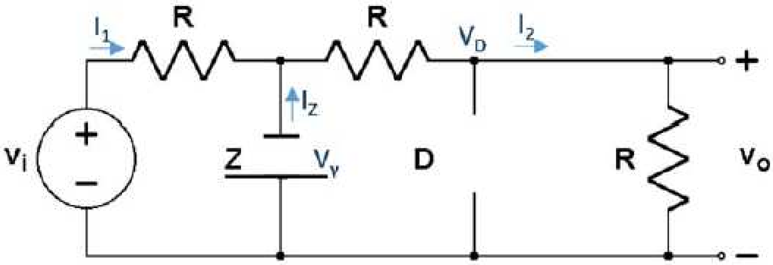
$$V_i - 2\frac{V_i}{3R}R - V_\gamma = 0; \quad 3V_i - 2V_i - 3V_\gamma = 0;$$

$$\boldsymbol{V_i = 3V_\gamma}$$

c) y d) Teniendo en cuenta el apartado anterior D conduce y Z está en corte cuando $\boldsymbol{V_i \geq 3V_\gamma}$

El límite inferior de Vi lo obtendremos a partir de los otros casos posibles. 0bservando el circuito podemos ver que este caso $\mathbf{V_0 = V_\gamma}$

Suponemos Z directa y D en corte. Para estudiar este caso tenemos el siguiente circuito:

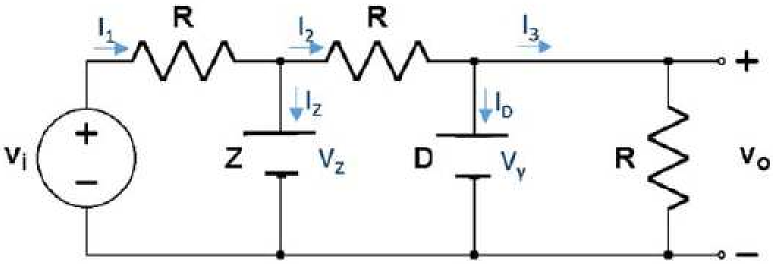


$$I_1 + I_Z = I_2; \quad \frac{V_i + V_\gamma}{R} + I_Z = -\frac{V_\gamma}{2R}; \quad I_Z = -\frac{V_\gamma}{2R} - \frac{V_i + V_\gamma}{R} \geq 0; \quad -V_\gamma - 2V_i - V_\gamma \geq 0$$

$$2V_i \leq -3V_\gamma; \quad \boldsymbol{V_i \leq -\frac{3V_\gamma}{2}}$$

$$V_0 = IR = -\frac{V_\gamma}{2R}R; \quad \boldsymbol{V_0 = -\frac{V_\gamma}{2}}$$

Si Z está en inversa y D conduce tenemos que estudiar el siguiente circuito.



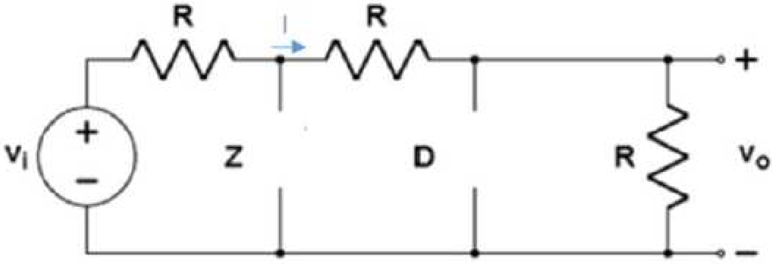
De nuevo $\mathbf{V_0 = V_\gamma}$

$$I_1 = I_Z + I_2; \quad I_Z = I_1 - I_2 = \frac{V_i - 3V_\gamma}{R} - \frac{3V_\gamma - V_\gamma}{R} \geq 0; \quad V_i - 5V_\gamma \geq 0; \quad \boldsymbol{V_i \geq 5V_\gamma}$$

Comprobamos que $I_D>0$

$$I_2 = I_D + I_3; \quad I_D = I_2 - I_3 = \frac{2V_\gamma}{R} - \frac{V_\gamma}{R} = \frac{V_\gamma}{R} \geq 0;$$

Cuando los dos diodos están en corte



$$V_0 = IR = \frac{V_i}{3R} R; \quad \boldsymbol{V_0 = \frac{V_i}{3}}$$

Revisando las regiones de funcionamiento de los casos anteriores tenemos que los dos diodos está ne corte si

$$\boldsymbol{\frac{-3V_\gamma}{2} < V_i < 3V_\gamma}$$

Resumiendo:

Z conduce en directa y D está en corte si $V_i \leq -\frac{3V_\gamma}{2}$

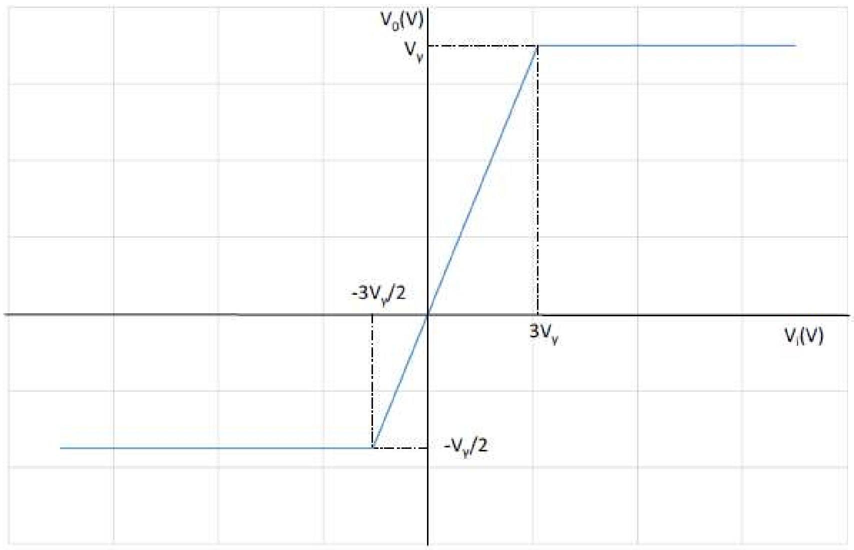
Z y D están en corte si $\frac{-3V_\gamma}{2} < V_i < 3V_\gamma$

Z está en corte y D conduce si $3V_\gamma \leq V_i < 5V_\gamma$

Z conduce en inversa y D conduce si $5V_\gamma \leq V_i$

$$V_0 = \begin{cases} -\frac{V_\gamma}{2} & si \quad V_i \leq -\frac{3V_\gamma}{2} \\ \frac{V_i}{3} & si \quad -\frac{3V_\gamma}{2} < V_i < 3V_\gamma \\ V_\gamma & si \quad 3V_\gamma \leq V_i \end{cases}$$

Si representamos gráficamente V_0 frente a V_i tenemos:



/

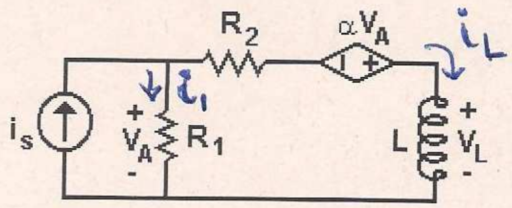
CIRCUITOS ELECTRÓNICOS **2º DE GRADO EN ING. INFORMÁTICA** **17/1/2018**

Apellidos...**Nombre**..
Grupo...........

Final Ordinario

Nota importante: Toda corriente o tensión que se utilice en las ecuaciones ha de estar necesariamente identificada en el circuito correspondiente

5) (2/12) En el circuito de la figura, la fuente de corriente proporciona una intensidad $i_s = 200mA\cdot\cos(2\pi f_o\cdot t)$, siendo la frecuencia f_o igual a 50Hz, y los elementos del circuito: R_1 =10 ohm, R_2 =5 ohm, $\alpha = 1'5$ y L = 127´3 mH.
Determinar la expresión temporal de la tensión V_L



(En notación fasorial) $i_s = i_1 + i_L$ con $i_s = 200\, e^{+j0}$ mA

$$i_s = \frac{V_A}{R_1} + \frac{V_A + \alpha V_A}{R_2 + Z_L} = V_A \frac{R_2 + Z_L + R_1(1+\alpha)}{R_1(R_2+Z_L)} \;;\; V_A = i_s \frac{R_1(R_2+Z_L)}{R_1(1+\alpha)+R_2+Z_L}$$

$$i_L = \frac{V_A(1+\alpha)}{R_2+Z_L} = i_s \frac{R_1(1+\alpha)}{R_1(1+\alpha)+R_2+Z_L}$$

$$V_L = i_L Z_L = i_s \frac{R_1(1+\alpha)Z_L}{R_1(1+\alpha)+R_2+Z_L}$$

$R_1 = 10\Omega$
$R_2 = 5\Omega$
$Z_L = j\omega L = j\cdot 2\pi f_o L = 40j\,\Omega$

$$V_L = i_s\cdot\frac{10\cdot 2'5\cdot 40j}{25+5+40j}\Omega = i_s\cdot\frac{1000j}{30+40j}\Omega = i_s\cdot\frac{1000\,e^{+j90^\circ}}{50\,e^{+j53^\circ}}\Omega = i_s\cdot 20\,e^{+j37^\circ}\,\Omega$$

Y la expresión temporal $V_L(t)$

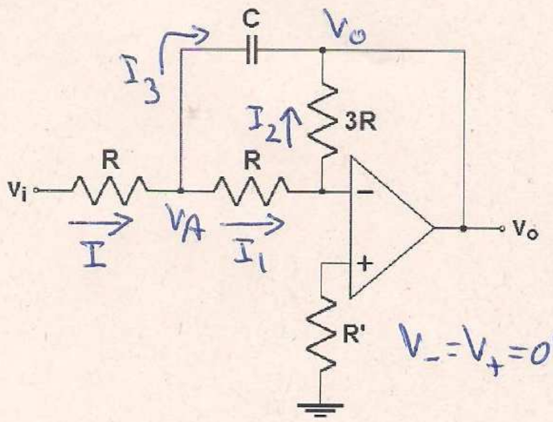
$$V_L(t) = Re\left[V_L\cdot e^{j\omega t}\right] = Re\left[i_s\cdot e^{+j(\omega t+37^\circ)}\cdot 20\Omega\right] = Re\left[4V\, e^{j(\omega t+37^\circ)}\right]$$

$$\boxed{V_L(t) = 4V\cdot\cos(100\pi\cdot t + 37^\circ)}$$

6 (2/12) Para el filtro de la figura con A.O. ideal:

a) Obtener la expresión ganancia de tensión ($A_v=V_o/V_i$), así como su módulo y su fase, en función de la frecuencia f de la fuente sinusoidal V_i

b) Representar los diagramas de Bode tanto de módulo como de la fase, suponiendo R = 1 kohm y C = 80 nF



$V_- = V_+ = 0V$

a)

$$I_1 = I_2 \rightarrow \frac{V_A}{R} = -\frac{V_o}{3R} \rightarrow V_A = -\frac{V_o}{3}$$

$$I = I_1 + I_3 \rightarrow \frac{V_i - V_A}{R} = \frac{V_A}{R} + \frac{V_A - V_o}{Z_c} \rightarrow V_i Z_c + \frac{V_o}{3} Z_c = -\frac{V_o}{3} Z_c - \frac{V_o}{3} R - V_o R$$

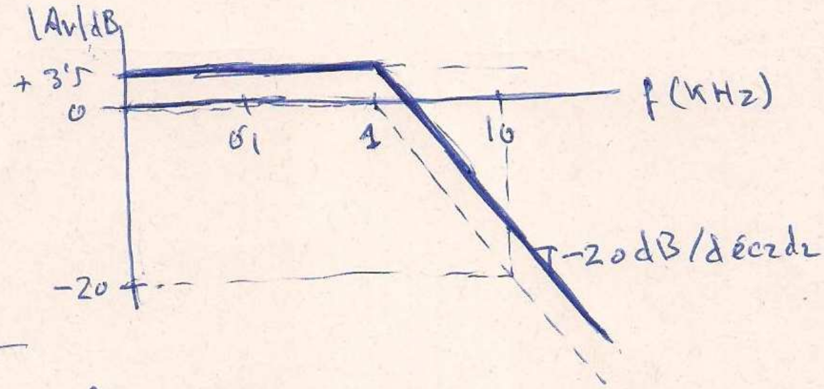
$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{-3Z_c}{2Z_c + 4R} = \frac{-3}{2 + \frac{4R}{Z_c}}$$

$$\boxed{A_v = \frac{-3/2}{1 + \frac{2R}{Z_c}} = \frac{-3/2}{1 + j4\pi fCR} \; ; \; |A_v| = \frac{3/2}{[1 + (4\pi fCR)^2]^{1/2}} \; ; \; \varphi = \pi - \operatorname{arctg}(4\pi fCR)}$$

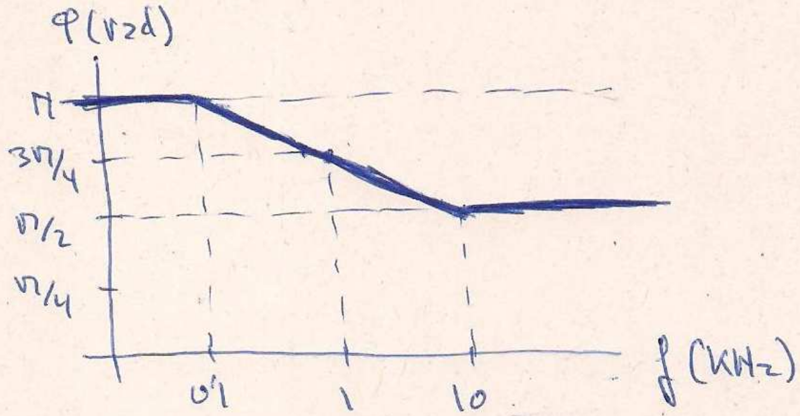
b)

$$f_c = \frac{1}{4\pi CR} = 1\,KHz \quad ; \quad 20\log\left(\frac{3}{2}\right) = +3'5\,dB$$

$$|A_v|_{dB} = 3'5\,dB - 20\log\left[1 + \left(\frac{f}{1KHz}\right)^2\right]^{1/2}$$



$$\varphi = \pi - \operatorname{arctg}\left(\frac{f}{1KHz}\right)$$



/

CIRCUITOS ELECTRÓNICOS **2º DE GRADO EN ING. INFORMÁTICA** **17/1/2018**

Apellidos...**Nombre**...
Grupo...........
Tercer Parcial

Nota importante: Toda corriente o tensión que se utilice en las ecuaciones ha de estar necesariamente identificada en el circuito correspondiente

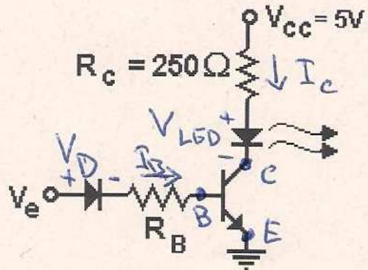
3) (4/12) El circuito de la figura permite controlar la iluminación del LED mediante la tensión de entrada V_e

Tanto la tensión umbral del diodo rectificador como la de la unión base-emisor valen 0´7V, mientras que la tensión umbral del LED vale 1´5V; la ganancia de corriente del transistor es igual a 100, y la tensión colector-emisor en saturación vale 0´2V.

a) ¿En qué rango de tensiones positivas de entrada la intensidad del LED es nula?

b) ¿Cuál es la máxima intensidad que puede circular por el LED?

c) ¿Cuánto ha de valer R_B para que esa máxima intensidad se alcance con 2V de entrada



a)

El LED se iluminará siempre que el transistor no esté en corte

• $V_e - V_D - I_B R_B - V_{BE} = 0$ En la transición de corte - conduc. $\left\{ \begin{array}{l} V_D = V_\gamma \\ V_{BE} = V_\gamma \\ I_B = 0 \end{array} \right\} V_e = 2V_\gamma$

Para $\boxed{0 < V_e < 1'4V}$ el LED no se ilumina

b)

• $V_{CC} - R_C I_C - V_{LED} - V_{CE} = 0$; $V_{CC} = 5V$

En conducción $\rightarrow V_{LED} = V_{\gamma,LED} = 1'5V \rightarrow R_C I_C + V_{CE} = 3'5V$

La corriente $I_{LED} = I_C$ será máxima, cuando V_{CE} sea mínima

Por tanto con el transistor en saturación, $V_{CE} = 0'2V$

y se alcanza una corriente de saturación $\boxed{I_{max} = \frac{3'3V}{R_C} = 13'2mA}$

c) Con $V_e = 2V$, se ha de alcanzar la transición $\left\{ \begin{array}{l} \text{activa} \\ \text{satur.} \end{array} \right\} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} V_{CE} = 0'2V \\ I_C = \beta I_B \end{array} \right.$

$I_B = \frac{I_{max}}{\beta} = 132\mu A = \frac{V_e - 2V_\gamma}{R_B} \longrightarrow \boxed{R_B = \frac{0'6V}{132\mu A} = 4'54k\Omega}$