

EXAMEN DE ELECTRÓNICA ANALÓGICA.- CONVOCATORIA 3-7-2003
2º CURSO DE INGENIERÍA TÉCNICA EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL

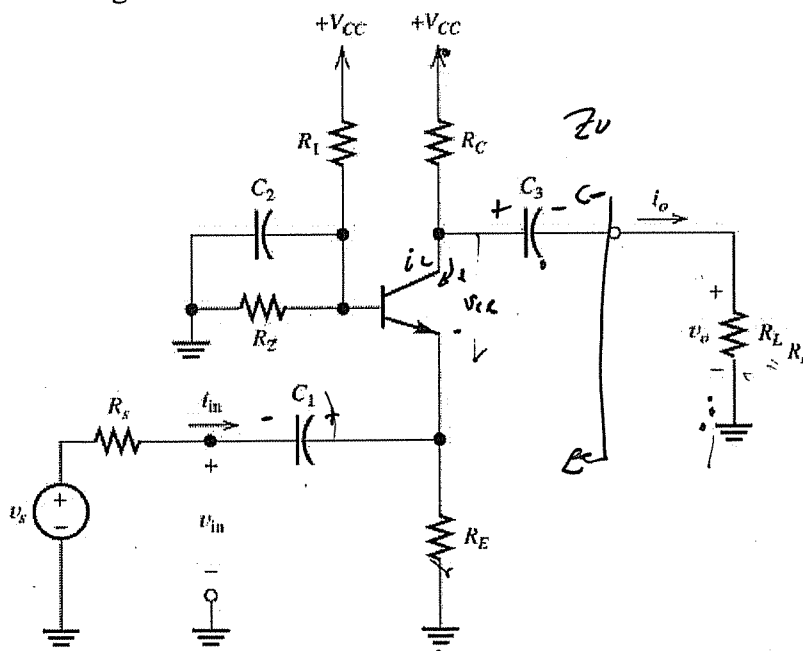
APELLIDOS Y NOMBRE:

RESOLUCIÓN

30 puntos

EJERCICIO 1.

Sea el circuito de la figura:



Transistor de Si NPN $\beta=100$; $V_{CC}=15$ voltios; $V_{BEQ}=0,7$ voltios

$R_s=50$ ohmios; $R_1=100$ Kohm; $R_C=5$ Kohm; $R_L=1$ Kohm;

$R_E=5K$ $R_2=50K$

Efecto Early despreciable. Capacidades lo suficientemente elevadas como para suponerlas cortocircuitos a las señales de alterna

Se pide:

preg 1	1º) En hoja aparte, dibujar el circuito equivalente de continua	1p
preg 2	2º) En hoja aparte, expresión analítica y gráfica, con valores literales de la recta de carga estática, indicando los valores de la ordenada en el origen y la abscisa en el origen. (puntos de intersección con los ejes de coordenadas)	2p
	Valores numéricos $1,5mA$, $15V$.	1p
preg 3	3º) En hoja aparte, expresión analítica exacta, con valores literales de la corriente de colector I_{CQ}	2p
	Valor numérico $0,793mA$.	1p
preg 4	4º) En hoja aparte, expresión analítica exacta, con valores literales de la tensión colector emisor V_{CEQ} .	1p
	Valor numérico $7V$	1p

EXAMEN DE ELECTRÓNICA ANALÓGICA.- CONVOCATORIA 3-7-2003
2º CURSO DE INGENIERÍA TÉCNICA EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL

APELLIDOS Y NOMBRE:

P205	5º) Expresión analítica y gráfica de la recta dinámica de carga, dibujándola junto con la recta estática de carga. Puntos de intersección con los ejes de coordenadas.	2p
	Valores numéricos $V = 8'69 \text{ mA}$ y $V = 7'665 \text{ V}$.	1p
P206	6º) Máxima excursión simétrica que podemos tener	1p
	Valor numérico 665 mV .	
P207	7º) Dibujar en hoja aparte el circuito equivalente de alterna	1p
P208	8º) Dibujar en hoja aparte el circuito incremental equivalente	1p
	9º) Evaluar parámetros incrementales r_π y β $r_\pi = 3.291 \Omega$ $\beta = 100$	1p
	10º) En hoja aparte demostrar que la expresión literal de la ganancia en tensión vale: $A_v = \frac{v_o}{v_{in}} = \frac{\beta(R_L \parallel R_C)}{r_\pi}$	2p
	Valor numérico $25'32$	1p
	11º) En hoja aparte demostrar que la expresión literal de la impedancia de entrada vale: $R_{in} = \frac{v_{in}}{i_{in}} = R_E \parallel \left[\frac{r_\pi}{(\beta+1)} \right]$	2p
	Valor numérico 32Ω	1p
	12º) En hoja aparte demostrar que la expresión literal de la impedancia de salida vale: $R_o = R_C$	2p
	Valor numérico 54Ω	1p
	13º) Suponiendo que $v_s(t)$ y R_s son las del generador del laboratorio, evaluar la máxima tensión eficaz en vacío del generador para que la distorsión a la salida no sea excesiva (Máxima excursión simétrica)	2p
	$47'6 \text{ mV}_{\text{rms}}$	
	14º) Evaluar el valor de la capacidad C1 para que la frecuencia de corte inferior sea de 1 KHz, (suponiendo el resto de las capacidades cortocircuitos en alterna)	1p
	Indicar polaridad si debe ser electrolítica (si es mayor de 1 microfaradio)	1p
	15º) Evaluar el valor de la capacidad C3 para que la frecuencia de corte inferior sea de 100 Hz (suponiendo el resto de las capacidades cortocircuitos en alterna)	1p
	Indicar polaridad si debe ser electrolítica	1p
	16º) Evaluar el valor de la capacidad C2 para que a la frecuencia de 100 Hz la impedancia que presenta C2 sea la décima parte de $R_1 \parallel R_2$ (suponiendo el resto de las capacidades cortocircuitos en alterna)	1p
	Indicar polaridad si debe ser electrolítica	1p

$C = \frac{1}{2\pi \cdot 1000 \cdot R_{in}}$

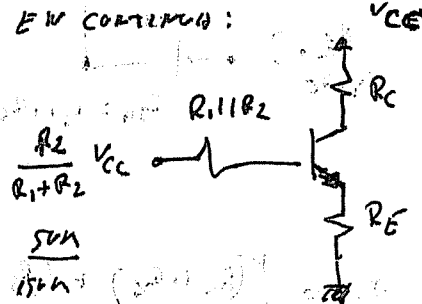
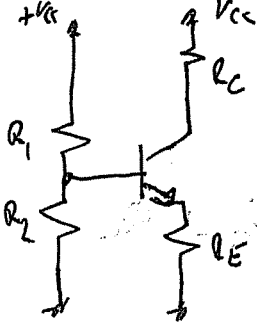
$4'897 \mu F$

$1'59 \mu F$

$470 \mu F$

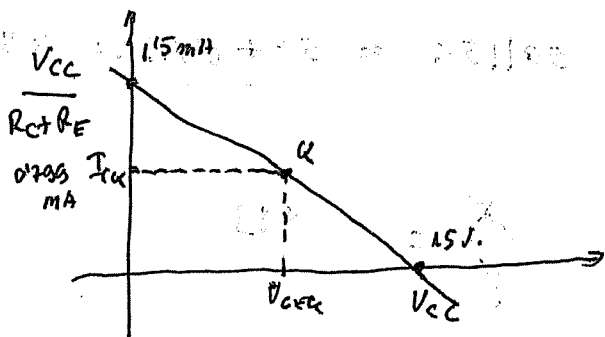
EXERCICIO 1.

1.º) CIRCUITO EQUIVALENTE EN COMÚN:



$$I_{CQ} = \frac{\frac{R_2}{R_1+R_2} V_{CC} - V_{BEQ}}{\frac{R_1||R_2}{\beta} + R_E(1+\frac{1}{\beta})}$$

2.º) $V_{CEQ} = V_{CC} - (R_C + R_E) I_{CQ}$ R.E.C.



ORDENADA EN EL ORIGEN: $\frac{V_{CC}}{R_C + R_E} = \frac{15}{5K + 5K} = \frac{15}{10K} = 1.5mA$
ABSCISA EN EL ORIGEN: $V_{CC} = 15V$

$R_1 || R_2 = 50K || 100K = 33.33K$
 0.1799

3.º $I_{CQ} = \frac{15 - 0.7}{\frac{33.33K}{100} + 5K \cdot 101} = \frac{14.3V}{0.333K + 5.05K} = 2.16mA$

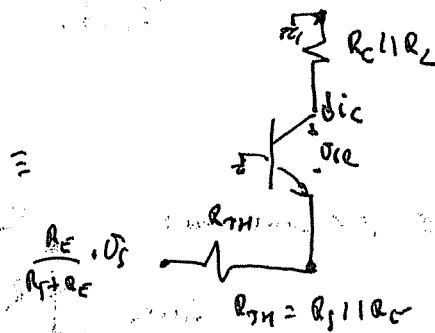
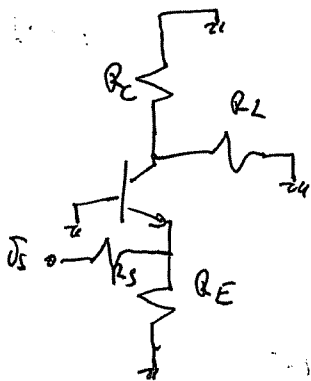
4.º $V_{CEQ} \approx V_{CC} - R_C I_{CQ} - R_E(1+\frac{1}{\beta}) I_{CQ} \approx 15 - (R_C + R_E) I_{CQ} = 15 - 10K \cdot 0.1799mA = 7V$
 $V_{CEQ} \approx 7V$

5.º) CIRCUITO EQUIVALENTE DE ACERCA:



5-9

CIRCUIT EKVIVALENT DE ALTERNANȚĂ:



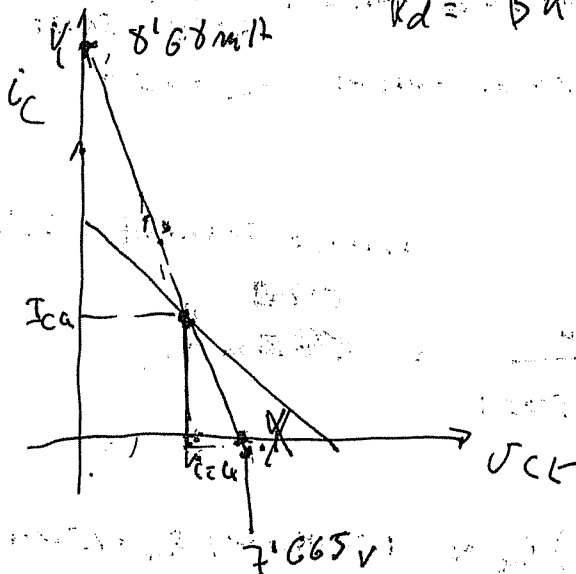
$$0 - \frac{R_E}{R_s + R_E} v_s = [(R_C || R_L) + (R_s || R_E)] i_c + v_{ce}$$

$$\text{si } v_s \approx 0$$

$$v_{ce} = - \frac{1}{R_d} v_{ce}$$

$$\text{unde } R_d = (R_C || R_L) + (R_s || R_E)$$

$$R_d = (5k || 1k) + 50 || 5k \approx 50 + 0.777k = 883\Omega$$



$$R_d = \frac{X}{Y} = 883$$

$$X = \frac{V_{CEQ}}{I_{CQ}} = 883$$

$$X = 883 I_{CQ} + V_{CEQ}$$

$$883 \times 0.799 \times 10^{-3} + 7 = 7 + 0.665 =$$

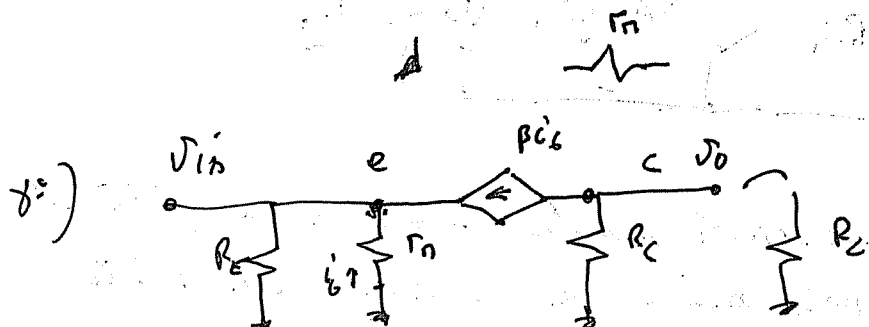
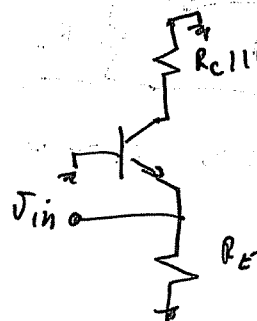
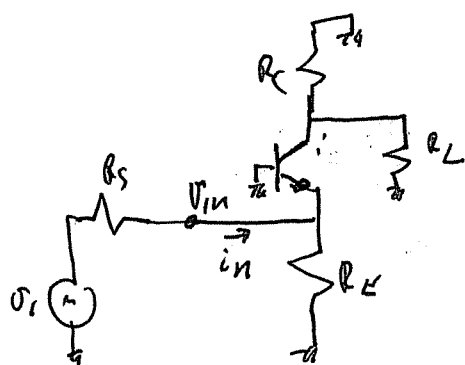
$$Y = \frac{7'665}{883} = 8'68mA$$

(c)

MAXIMĂ EXCURSIA SIMETRICAL

$$\underline{\underline{0'665V}}$$

7: CIRCUITO EQUIVALENTE DE ALTERNAN.



$$v_o = -(R_C || R_L) \beta i_b \quad i_b = -\frac{v_{in}}{r_{\pi}}$$

9: $r_{\pi} = \frac{V_T}{I_{BQ}} = \frac{\beta V_T}{I_{CQ}} = \frac{100 \cdot 26 \times 10^{-3}}{0.79 \times 10^{-3}} = 3.2912$

$h_{ie} = \beta = 100$

$V_T = 26mV$

10: $v_o = -(R_C || R_L) \beta i_b$

$v_o = + (R_C || R_L) \beta \frac{v_{in}}{r_{\pi}} \Rightarrow$

$$\frac{v_o}{v_{in}} = + \frac{\beta (R_C || R_L)}{r_{\pi}} = A_v$$

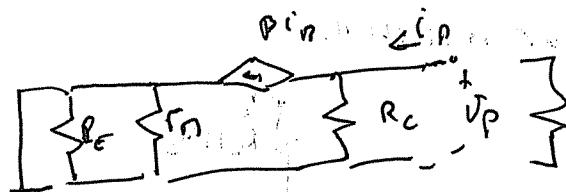
$A_v = \frac{100 \cdot (5k || 1k)}{3.291} = 25.32$

11: $Z_{in} = \frac{v_{in}}{i_{in}} =$

$= \frac{1}{\frac{1}{R_E} + \frac{1}{r_{\pi}(\beta+1)}} = R_E || \frac{r_{\pi}}{\beta+1} = 5k || \frac{3.291}{100} \approx 32$

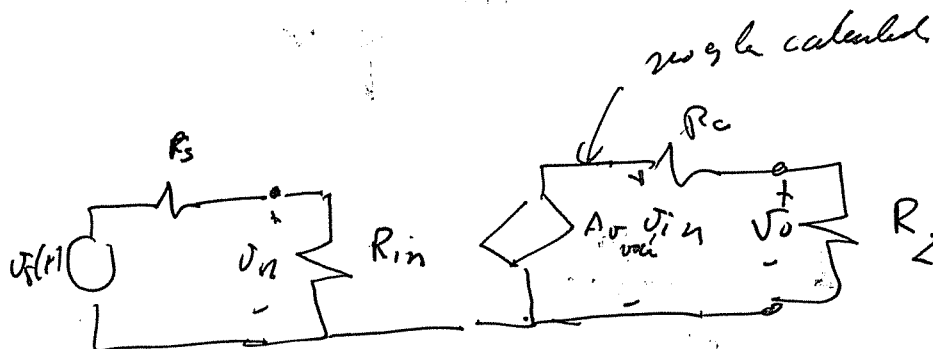
12) Impedancia de salida:

En el c.c. de álgebra. llamamos la entrada a masa, y
 q aplicamos la definición: $\frac{v_p}{i_p}$



con $i_b = 0 \Rightarrow \beta i_b = 0 \Rightarrow \frac{v_p}{i_p} = R_c$

13a)



La máxima excursión simétrica puede ser de 665mV.
 es decir, el valor máximo de la c.a. a la salida
 puede ser de ese valor por todo.

Con $v_o = 25'32 v_{in}$

y $v_{in} = \frac{R_{in}}{R_s + R_{in}} v_s$

$v_o = 25'32 \times \left(\frac{32}{32+50} \right) v_s \leq 665 \text{ mV. max}$

~~$v_{s \text{ max}} =$~~

$v_o = 9'88 v_s \leq 665 \text{ mV}$

$v_s \leq \underline{\underline{67'3 \text{ mV}}}$

Si es simétrica

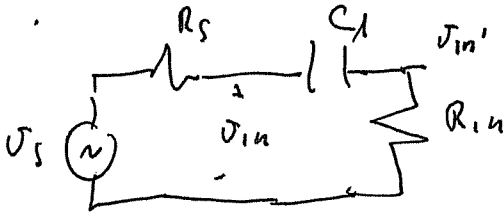
$\underline{\underline{v_{s, max} < 47'6 \text{ mV}}}$

aparecen distorsiones

Hay que tener en cuenta que el transistor entra en saturación a los 0.2V.
 Teniendo en cuenta esto, y por lo tanto no hemos
 tenido en cuenta este nivel de entrada

14º) Enlace de capacitor C_1 : para $f_c = 1000 \text{ Hz}$

CIRCUITO EQUIVALENTE:



$$\frac{V_{in'}}{V_{in}} = \frac{1}{1 + \frac{\omega}{\omega_c}}$$

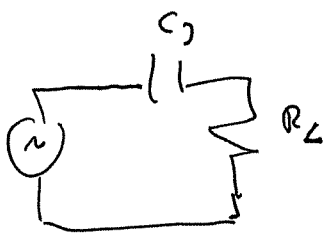
$$\omega_c = \frac{1}{R_{in} C} = 2\pi f_c$$

$$f_c = \frac{1}{2\pi R_{in} C} = 1000 \Rightarrow C = \frac{1}{2\pi \times 1000 \times 32} =$$

$$C = 4.9 \times 10^{-6} = 4.97 \times 10^{-6} \text{ F}$$

$$C_1 \geq 4.97 \mu\text{F}$$

15º).

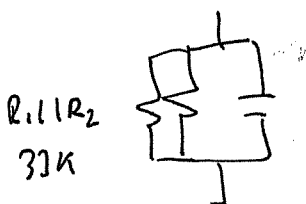


igual que el caso anterior:

$$C_3 = \frac{1}{2\pi \times 1000 \times 1000} = 1.59 \times 10^{-6}$$

$$C_3 \geq 1.59 \mu\text{F}$$

16



$$f = 1000 \text{ Hz} \quad \frac{1}{\omega C} < \frac{1}{10} \times 33 \text{ k}$$

$$\frac{1}{\omega C} < 3.3 \text{ k}$$

$$C > \frac{1}{33 \text{ k} \times 2\pi \times 1000} = 0.48 \mu\text{F}$$

480 nF

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

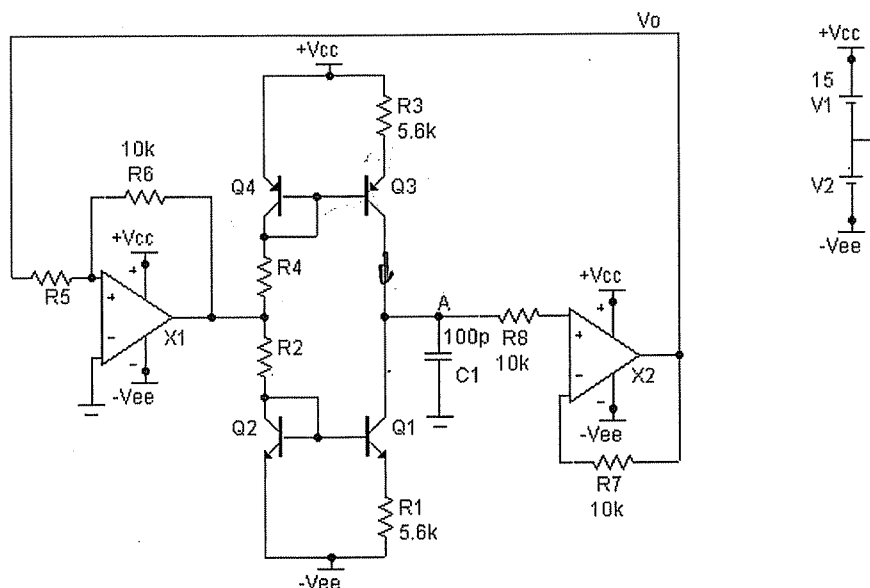
EXAMEN DE ELECTRÓNICA ANALÓGICA.- CONVOCATORIA 3-7-2003
2º CURSO DE INGENIERÍA TÉCNICA EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL

APELLIDOS Y NOMBRE:

RESOLUCION

EJERCICIO 2.-

Sea el circuito de la figura:



La pareja de transistores Q1 y Q2 conforman una fuente de corriente WILDAAR , lo mismo que la pareja de transistores Q3 y Q4. Las corrientes de colector de Q1 y Q3 cuando les corresponda estar activados, deben ser iguales. Cuando Q1 conduce, la capacidad C1 se va descargando hasta alcanzar cierto valor negativo. Cuando Q3 conduce , la capacidad se va cargando hasta que alcanza cierto valor positivo.

El A.O. X1 está montado como comparador con histéresis.

Se desea obtener a la salida del A.O. X2 una **señal triangular** de valor de pico positivo igual al valor de pico negativo de **+/- 10 voltios. , y de una frecuencia de 10 Khz.**

Se pide

- 1º) Describir brevemente de forma cualitativa el funcionamiento del circuito. **(2 puntos)**
- 2º) Calcular el valor de la corriente necesaria de carga y descarga de la capacidad. **(2 ptos.)**

3º) Evaluar a qué valor hay que ajustar las resistencias R2 y R4 para que la fuentes Wildar suministren las corrientes deseadas, realizando la demostración únicamente para la pareja Q1 y Q2. **(2 ptos.)**

4º) Evaluar el valor al que hay que ajustar R5, para conseguir la tensión pico a pico deseada. **(1pto.)**

5º) Evaluar la tensión base-emisor del transistor Q1 cuando está trabajando en la R.A.N. **1p**

6º) Al colocar la sonda del osciloscopio en el punto "A" se observa que señal de salida ha variado. Justificar la causa, evaluando en su caso, la nueva frecuencia y tensión pico a pico a la salida. **(2 ptos.)**

DATOS:

$$V_{p-p} = 20V$$

$$f = 7.$$

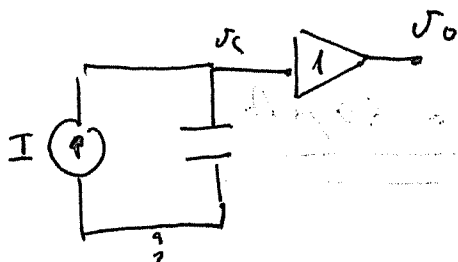
Temperatura de todos los transistores: 27°C ($V_T = 25 \text{ mV.}$)

Todos los transistores iguales con $\beta_F = 100$ y $\eta = 1$

Tensión de saturación positiva y negativa de los A.O. 14.6 voltios

Valor absoluto de las tensiones base-emisor de los transistores Q2 y Q4 cuando están trabajando en la R.A.N.: =0.7 voltios.

Impedancia de entrada de sonda+osciloscopio: 1 Meg // 30 pf.



$$v_c(t) = \frac{1}{C} \int i dt + v_{mi} = \frac{I}{C} t + v_{mi}$$

El transistor Q_2 conduce cuando $v_{x1} = -v_{sat}$, y portanto la fuente
recarga C_2 desde la tensión inicial de la capacitor:

$$v_c(t) = \frac{I}{C} t + v_{mi}$$

Como x_2 es en segundos, cuando $v_c(t)$ alcance el valor de $v_{sat} = \frac{R_5}{R_6}$

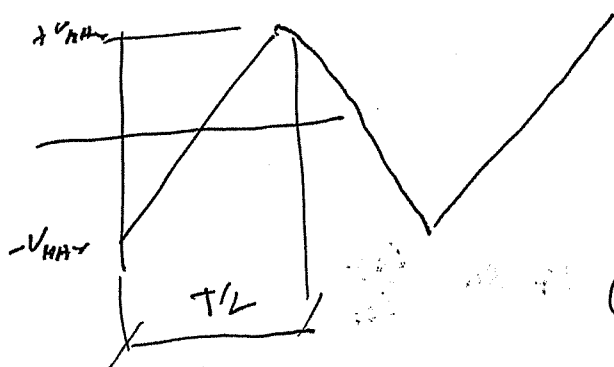
y x_1 sea cero,

se produce el valor de v_{x1} de saturación negativa o positiva.

por tanto : $v_{MAX} = \frac{R_5}{R_6} v_{SAT}$.

A partir de este momento, la fuente recarga C_2 desde la tensión inicial
y por lo tanto la recarga C_1 , C_2 , empezando a disminuir la capacitor

$$v_{MAX} = 10V \Rightarrow \frac{R_5}{R_6} v_{SAT} = v_{MAX} \Rightarrow R_5 = \frac{10 \times 10^4}{14'6} = 6'8 \text{ k}\Omega$$



Como el proceso de carga y descarga
es simétrico,

$$v_{c(mi)} = -v_{MAX}$$

$$v_c(t) = \frac{1}{C} I \cdot t + v_{mi}$$

$$@ t = T/2$$

$$v_c(T/2) = v_{MAX}$$

$$v_{MAX} = \frac{1}{C} I \frac{T}{2} + (-v_{MAX})$$

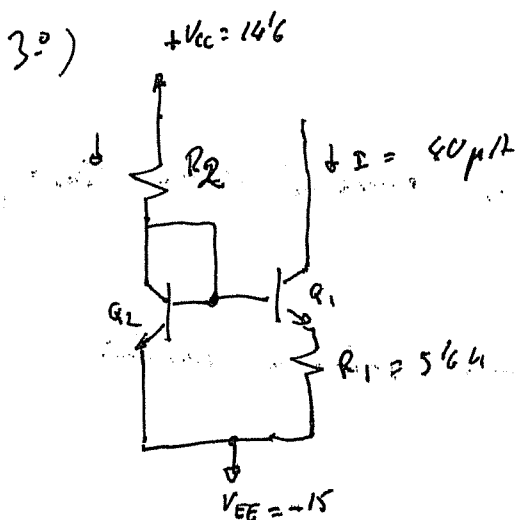
$$2V_{CMAT} = \frac{I}{2fC}$$

Si deseamos que $f = 10\text{kHz}$ y $V_{CMAT} = 10\text{V}$.

$$20 = \frac{I}{2 \times 10.000 \times 100 \times 10^{-12}} \Rightarrow \underline{I = 40 \mu\text{A}}$$

$$2.7) \boxed{I = 40 \mu\text{A}}$$

$$4) \underline{R5 = 6,8\text{k}}$$



$$V_{BEQ2} = V_{BEQ1} + R_1 I$$

$$0,7 = V_{BEQ1} + 5,6\text{k} \cdot 40 \times 10^{-6}$$

$$V_{BEQ1} = 0,7 - 0,224 = \underline{\underline{0,476\text{V}}}$$

$$I_{C2} = I_S e^{\frac{V_{BE2}}{V_T}} \Rightarrow V_{BE2} = V_T \ln \frac{I_{C2}}{I_S}$$

$$I_{C1} = I_S e^{\frac{V_{BE1}}{V_T}} \Rightarrow V_{BE1} = V_T \ln \frac{I_{C1}}{I_S}$$

$$V_{BE2} = V_{BE1} + R_1 I_{C1}$$

$$V_{BE2} - V_{BE1} = R_1 I_{C1} = V_T \ln \frac{I_{C2}}{I_{C1}}$$

Si deseamos que $I_{C1} \approx I = 40 \mu\text{A}$

$$0,224 = 25\text{mV} \cdot \ln \frac{I_{C2}}{40 \mu\text{A}} \Rightarrow \frac{I_{C2}}{40 \mu\text{A}} = e^{\frac{0,224}{0,025}} = e^{9,01} = 7785$$

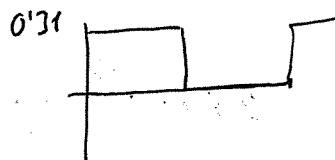


$$\Rightarrow I_{C2} = 0.31 \text{ A}$$

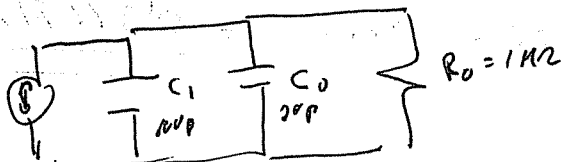
$$0.31 \text{ A} = 0.31 \text{ A}$$

$$I_{R2} = \frac{15/6 - 0.7 + 15}{R_2} = \frac{28.19}{R_2} = 0.31 \text{ A} \Rightarrow R_2 = \underline{\underline{93 \Omega}}$$

$$P_{R2} = R I^2 =$$



$$P = 5$$



$$R_e = 1 \text{ M}\Omega$$

$$C_e = 10 + 30 = 40 \text{ pF}$$

Los valores mín y máx van a ser los mismos



$$v_c(t) = K e^{-\frac{1}{R_e C_e} t} + R_e I$$

$$\text{En } t=0 \quad v_c(0) = -V_p$$

$$V_{BE2} - V_{BE1} = V_T \left(\ln \frac{I_{C2}}{I_0} - \ln \frac{I_{C1}}{I_0} \right) = V_T \ln \frac{I_{C2}}{I_{C1}}$$

pour $V_{BE2} = V_{BE1} + R_1 I$

$$V_{BE2} - V_{BE1} = R_1 I$$

$$R_1 I = V_T \ln \frac{I_{C2}}{I}$$

Si $R_1 = 5'64 \quad I = 40 \mu A \quad V_T = 25 mV$

$$0'224 = 25 \times 10^{-3} \ln \frac{I_{C2}}{I}$$

$$\Rightarrow \ln \frac{I_{C2}}{I} = 8'96$$

$$\frac{I_{C2}}{I} = 7'785$$

$$I_{C2} = 7'785 \times 40 \times 10^{-6} = \underline{\underline{0'311 \text{ Amp}}}$$



$$-V_p = K=1 + R_e I \Rightarrow u = -(V_p + R_e I)$$

$$V_c(t) = -(V_p + R_e I) e^{-\frac{1}{R_e C_e} t} + R_e I$$

Q $t = T/2 \quad V_c(T/2) = +V_p$

$$V_p = -(V_p + R_e I) e^{-\frac{1}{R_e C_e} T/2} + R_e I$$

$$V_p - R_e I = -(V_p + R_e I) e^{-\frac{1}{R_e C_e} T/2}$$

$$\frac{V_p - R_e I}{V_p + R_e I} = - e^{-\frac{1}{R_e C_e} T/2}$$

$$\frac{R_e I - V_p}{R_e I + V_p} = e^{-\frac{1}{R_e C_e} T/2}$$

$$\frac{R_e I + V_p}{R_e I - V_p} = e^{\frac{1}{R_e C_e} T/2}$$

$$\frac{T/2}{R_e C_e} = \ln \frac{R_e I + V_p}{R_e I - V_p}$$

$$T_{1/2} = e R_e C_e \ln \frac{R_e I + V_p}{R_e I - V_p}$$

$$2 \times 10^6 \cdot 120 \times 10^{-12} \ln \frac{1 \times 10^6 \times 40 \times 10^{-6} + 10}{1 \times 10^6 \times 40 \times 10^{-6} - 10}$$

$$= 2'6 \times 10^{-5} \ln \frac{50}{30} \Rightarrow$$

~~7.529~~

$$T = 1'328 \times 10^{-5}$$

$$f = 7.529 \text{ Hz}$$

1. The first part of the paper

is

the introduction

and the first chapter

on the history of the

subject

and the second chapter

on the theory of the

subject

on the practice of the

subject

on the

subject

subject

subject

subject

subject

subject

subject

subject

subject

subject

subject

subject

subject

subject

subject

subject

subject

subject

subject

subject

APELLIDOS Y NOMBRE:

SEGUNDA PARTE:

RESOLUCIÓN.

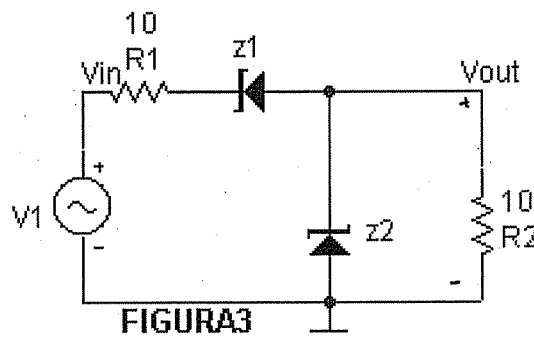
EJERCICIO 1. (50% Evaluación 2ª Parte)

Sea el circuito de la figura 3. El diodo Zener Z1 tiene una tensión de ruptura inversa de 4,7 voltios y el zener z2 de 9 voltios. Las caídas de tensión directas se suponen 0 voltios.

La tensión de entrada es senoidal de **24 voltios EFICACES** y 100 Hz. Para los valores instantáneos de $v_i(t)$ indicados, se pide calcular las corrientes instantáneas señaladas en la siguiente tabla: (Cada resultado correcto 0,5 puntos)

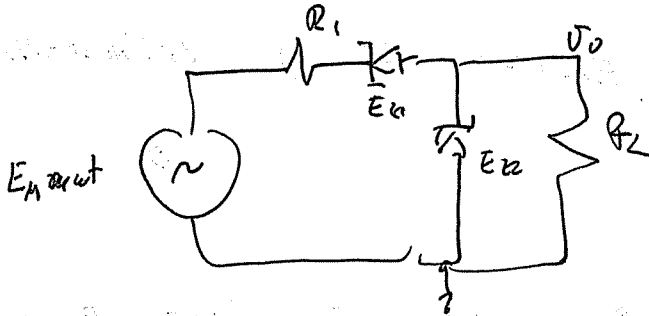
v_i	i_{z1}	i_{z2}	i_{R2}		v_i	i_{z1}	i_{z2}	i_{R2}
8 v	0'165	0	0'165		-8v	-0'8	-0'8	0
15v	0'515	0	0'515		-15v	-1'5	-1'5	0
20v	0'765	0	0'765		-20v	-2	-2	0

2)	Con los valores anteriores, evalúe la tensión que mediríamos en V_{DC} con el polímetro digital del laboratorio en out (Expresión literal 4 p. Dato numérico correcto 2 p) NOTA: Primero deduzca expresiones literales, y después evalúe con datos numéricos	$\approx 7'450$
3)	Con los valores y tensión aplicada anteriormente, evalúe la potencia disipada por Z1 (Expresión literal 4 p.. Dato numérico correcto 2 p) NOTA: Primero deduzca expresiones literales, y después evalúe con datos numéricos	
4)	Con los valores y tensión aplicada anteriormente, evalúe la potencia disipada por R1 (Expresión literal 4 p.. Dato numérico correcto 2 p) NOTA: Primero deduzca expresiones literales, y después evalúe con datos numéricos. Para la evaluación numérica puede realizar las aproximaciones geométricas que estime oportunas.	





2ª PARTE.



$$E_m = 240\sqrt{2}$$

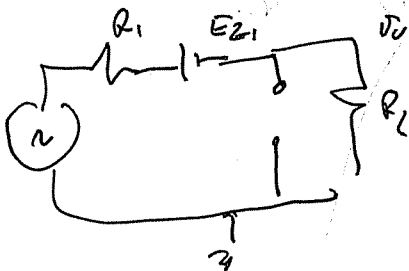
1ª Tramo: $E_{z1} < E_{z2}$ c.a.

$$\alpha_1 \mid E_m \sin \alpha_1 = E_{z1}$$

$$0 \leq \omega t \leq \alpha_1 \quad V_o(\omega t) = 0$$

$$\alpha_1 = \arcsin \frac{E_{z1}}{E_m}$$

2ª Tramo $E_{z2} < E_{z1}$ $V_{z1} = E_{z1}$ $\alpha_1 \leq \omega t \leq \alpha_2$



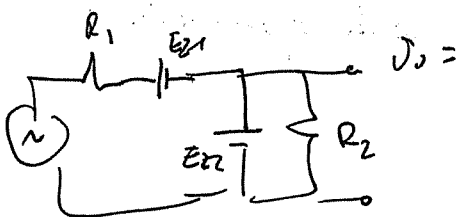
$$V_o = \frac{E_m \sin \omega t - E_{z2}}{R_1 + R_2} \cdot R_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} (E_m \sin \omega t - E_{z2})$$

3ª Tramo $\alpha_2 \mid$ que E_{z2} pase a conducir:

$$\alpha_2 \mid (E_m \sin \alpha_2 - E_{z2}) \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} = E_{z2}$$

$$E_m \sin \alpha_2 - E_{z2} = \frac{(R_1 + R_2)}{R_2} E_{z2}$$

$$\sin \alpha_2 = \left[\left(\frac{R_1 + R_2}{R_2} E_{z2} \right) + E_{z2} \right] / E_m$$



3ª Tramo $\alpha_2 \leq \omega t \leq \pi - \alpha_2$ $V_o = E_{z2}$

4ª Tramo $\pi - \alpha_2 \leq \omega t \leq \pi - \alpha_1$ $V_o = \frac{R_2}{R_1 + R_2} (E_m \sin \omega t - E_{z2})$

5ª Tramo $V_o = 0$ $\pi - \alpha_1 \leq \omega t \leq 2\pi$

$$\mid V_o = 0$$

Reymon

$V_0(t)$

$$0 \leq \omega t \leq \alpha_1$$

$$0 \quad 0$$

$$\alpha_1 \leq \omega t \leq \alpha_2$$

$$\frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot (E_m \sin \omega t - E_{Z1}) = 16'9 \sin \omega t - 2'35$$

$$\alpha_2 \leq \omega t \leq \pi - \alpha_2$$

$$E_{Z2}$$

$$9'5$$

$$\pi - \alpha_2 \leq \omega t \leq \pi - \alpha_1$$

$$\frac{R_2}{R_1 + R_2} (E_m \sin \omega t - E_{Z1}) = 16'9 \sin \omega t - 2'35$$

$$\pi - \alpha_1 \leq \omega t \leq 2\pi$$

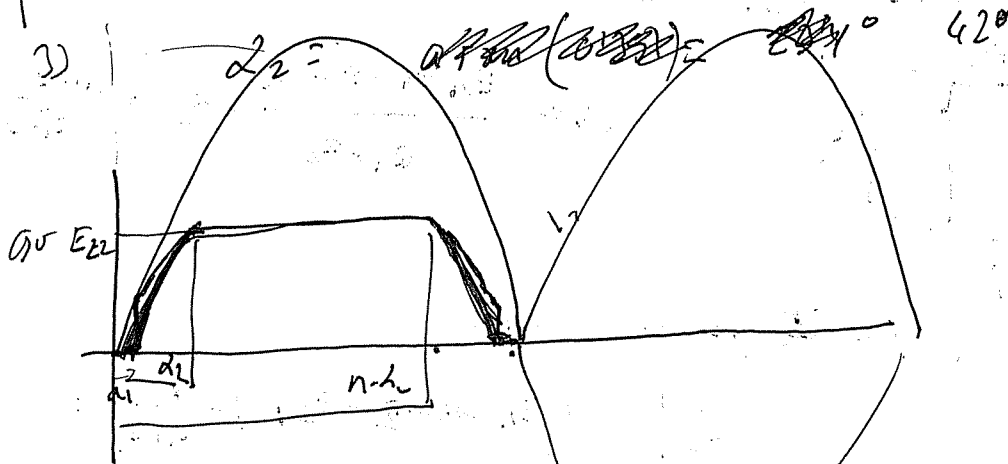
$$0$$

VALUES NUMERICOS!

$$E_m = 241'52 = 33'9$$

$$\frac{R_2}{R_1 + R_2} = 0'5, E_{Z1} = 4'75, E_{Z2} = 9'5$$

$$\alpha_1 = \arcsin \frac{E_{Z1}}{E_m} = \arcsin \frac{4'7}{33'9} = \underline{\underline{7'97^\circ}}$$



$$V_0 \approx \left(\frac{(28'1 - 7'97) \cdot 9}{2} + 9 \cdot (180 - 2 \cdot 23'7) \right) / 180 = \underline{\underline{7'45V}}$$

Nota: La forma de onda se le aproxima a una trapezoidal



3). Para evaluar la potencia disipada por E_1 habría que calcular el valor medio de la fuerza potencia:

$$\overline{P_2(x)} = \frac{1}{2\pi} \left[2 \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} \left(\frac{E_m \cos \omega t - E_1}{R_1 + R_2} \right) \cdot E_{21} d(\omega t) + \int_{\alpha_2}^{\alpha_2} \left(\frac{E_m \cos \omega t - E_{21} - E_{22}}{R_1} \right) E_{21} d(\omega t) \right]$$

ya que en el intervalo de 2π radianes nuestro elemento de fuerza se encuentra en.

$$S_1 \quad 2 \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} \frac{E_m \cos \omega t - E_1}{R_1 + R_2} E_{21} d(\omega t) = \frac{2 E_{21}}{R_1 + R_2} \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} (E_m \cos(\omega t) - E_1) d(\omega t) =$$

$$\frac{2 E_{21}}{R_1 + R_2} \left[\int_{\alpha_1}^{\alpha_2} E_m \cos(\omega t) d(\omega t) - \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} E_1 d(\omega t) \right]$$

$$= \frac{2 E_{21}}{R_1 + R_2} \left[E_m \left[\sin(\omega t) \right]_{\alpha_1}^{\alpha_2} - E_1 (\alpha_2 - \alpha_1) \right]$$

$$= \frac{2 E_{21}}{R_1 + R_2} \left[E_m (\sin \alpha_2 - \sin \alpha_1) - E_1 (\alpha_2 - \alpha_1) \right]$$

