EXAMEN ELECTRÓNICA ANALÓGICA.- CONVOCATORIA JULIO 2000
2º CURSO INGENIERIA TÉCNICA EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL

APELLIDOS Y NOMBRE: RESOLUCION

EJERCICIO 1. -

a) Demostrar que si estamos en un régimen periódico de corrientes y tensiones (no tienen por qué ser senoidales), el valor medio de la corriente a través de una capacidad ideal es nulo **(1 punto)**

b) Demostrar que si estamos en un régimen periódico de corrientes y tensiones (no tienen por qué ser senoidales), la suma de corrientes medias entrantes en un nudo es nula **(1 punto)**

c) Demostrar que si estamos en un régimen periódico de corrientes y tensiones (no tienen por qué ser senoidales), se cumple la siguiente expresión: **(1punto)**

$(\text{VALOR EFICAZ TOTAL})^2 = (\text{VALOR MEDIO})^2 + (\text{VALOR EFICAZ DE LA C.A.})^2$

Sea el circuito de la figura 1b.
La fuente de corriente viene definida según la gráfica expresada en la figura 1a.
Se supone que en circuito ya se ha alcanzado el régimen periódico de corrientes y tensiones.
El diodo, cuando conduce, tiene una **caída de tensión directa de 1 voltio**.
La capacidad se supone lo suficientemente elevada como para suponer que la tensión $v_0(t)$ es prácticamente constante. La corriente a través de la resistencia R_S puede despreciarse.

Aplicación numérica: I_{MAX}=20 Amp. F= 1/T= 10 Khz δ=0.5 R= 10 ohmios E_d=1 voltio

Con las hipótesis expuestas se pide, definir analítica y gráficamente, así como en su caso evaluar literalmente y numéricamente las siguiente funciones y valores característicos **(0.5 puntos/ apartado)**

Definir analíticamente la función corriente a través del diodo	**DEFINIR EN HOJA APARTE**
Valor medio de la corriente a través del diodo	5 Amp.
Definir y representar gráficamente la c. Alterna de la corriente a través del diodo	**DEFINIR EN HOJA APARTE**
Valor eficáz de la componente alterna de la corriente a través del diodo.	6'45 Amp.
Valor máximo positivo de la componente alterna de la corriente a través del diodo	15 Amp
Valor máximo negativo de la componente alterna de la corriente a través del diodo	(-) 5 Amp
Potencia disipada por el diodo	5 W.
Valor medio de la tensión $v_o(t)$	50 V
Valor eficáz aproximado de la tensión $v_o(t)$	50 V.
Potencia media disipada por la resistencia R	250 W.
Función tensión en terminales de la fuente de corriente $v_i(t)$	**DEFINIR EN HOJA APARTE**
Potencia media entregada por la fuente de corriente	256 W.
Función corriente a través de la capacidad	**DEFINIR EN HOJA APARTE**
Valor medio de la corriente a través de la capacidad	0
Valor eficáz de la corriente a través de la capacidad	6'45 Amp.
Evalúe el valor de la capacidad si la tensión pico a pico de rizado en la carga es de 200 milivoltios.	~~[illegible]~~ µF

1,406 µF

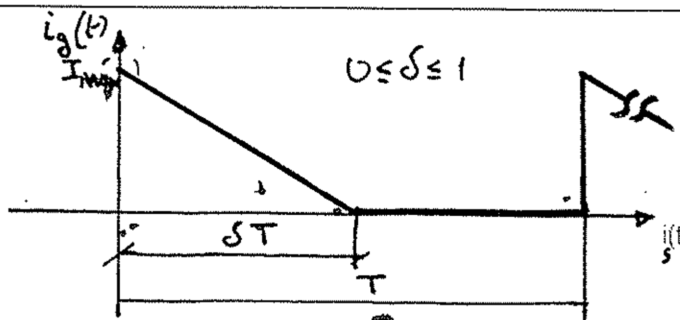


FIGURA 1a

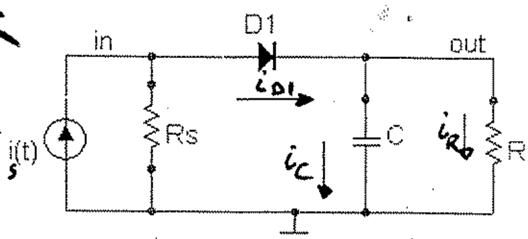


FIGURA 1b

NOTA: Las casillas deberán rellenarse con las expresiones o valores numéricos solicitados, pero deberán estar clara y correctamente justificados en hojas aparte

EXAMEN ELECTRÓNICA ANALÓGICA.- CONVOCATORIA JULIO 2000
2° CURSO INGENIERIA TÉCNICA EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL

APELLIDOS Y NOMBRE:

EJERCICIO 2. -

Sea el circuito de la figura 2

La señal eg(t) es una función senoidal cuya frecuencia se puede variar entre 10 Khz. Y 20 Khz. , con valor eficaz de la componente alterna de 0,2 voltios, y una componente continua de +10 voltios.

La capacidad C se utiliza junto con la resistencia R para eliminar la componente continua de la señal y posteriormente amplificar la componente alterna. Se desea diseñar el circuito amplificador con una o más etapas (las necesarias), de amplificadores operacionales montados como amplificadores no inversores.

Se desea obtener en la última salida (nodo3), un valor eficáz de la c.a.de 10 voltios, cuando la señal de entrada (tensión en el nodo 1) sea la indicada, debiéndose cumplir las siguientes especificaciones.

A) Para el rango de frecuencias especificado, (10 Khz-20Khz.), El desfase entre la tensión en el nodo 2 y el nodo 1 debe ser inferior a 2 grados sexagesimales.

B) Para el rango de frecuencias especificado, (10 Khz-20Khz.), el desfase entre la tensión en el nodo 3 y el nodo 2 debe ser inferior a 3 grados sexagesimales. 3°

Datos del A.O. empleado: Tensión de desviación a la entrada +/- 5 milivoltios, I_{osc}= 20 ma. F_t= 5 Mhz SR= ...... ganancia en lazo abierto en modo diferencial mayor de 100000. CCMR 70 db

Para el cumplimiento de las especificaciones, se pide:

Valor mínimo de la capacidad C (1 punto)	455'6 pF.	
n° mínimo de etapas necesarias (1 punto)	3	
ganancia de cada etapa (suponiendo todas iguales) (1 punto)	3'68	solo para 3 en la a-s
Anchura de banda de cada etapa. (1 punto)	1'36 Mhz	
Anchura de banda del conjunto de las etapas acopladas (1 punto)	693KHz	
Slew rate mínimo del A.O. empleado, para que no aparezca distorsión en ninguna de las etapas debido a una excesiva dv/dt. (1 punto)	1'77 v/µs	
Si el Slew rate del A.O. es de 0,5 v/µs , a 20 Khz, evaluar cual es el máximo valor eficáz de la c.a. de la señal de entrada, para que no exista distorsión en el nodo 3 (1punto)	56 mv.	comprobar valores que los dan a la salida
Máximo valor de continua que puede esperarse en el nodo 3, debido a los offset de tensión de los A.O (1 punto)	55'2 mv	

EVALUACIÓN DE R_a Y R_b PARA QUE LA GANANCIA DE CADA ETAPA SEA LA MÁS PRÓXIMA A LA DESEADA. ELEGIR VALORES NORMALIZADOS

CONDICIÓN DE DISEÑO: corriente de circulación a través de las resistencias en el por caso, inferior a 1ma.

VALOR DE R_a NORMALIZADO (1 punto)	10K
VALOR DE R_b NORMALIZADO (1 punto)	27K

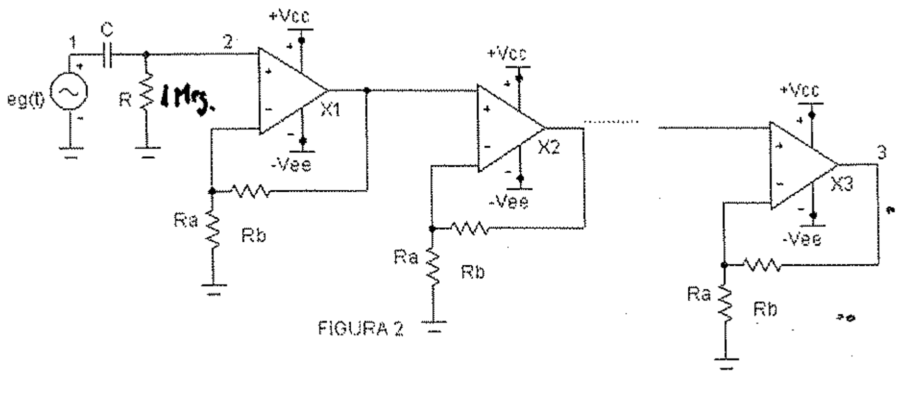


FIGURA 2

NOTA: Las casillas deberán rellenarse con las expresiones o valores numéricos solicitados, pero deberán estar clara y correctamente justificados en hojas aparte

RESOLUCIÓN

EXAMEN ELECTRÓNICA ANALÓGICA.- CONVOCATORIA JULIO 2000
2º CURSO INGENIERIA TÉCNICA EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL

APELLIDOS Y NOMBRE:

EJERCICIO 3. -

Sea el circuito de la figura 3.

Sea el circuito de la figura 3. El amplificador operacional se considera ideal. El circuito es uno de los típicos que se emplean en controladores, para asegurar la estabilidad y mejorar la respuesta dinámica de sistemas realimentados.

Se pide:

1) Suponiendo funcionamiento lineal del circuito, demostrar que la función de transferencia vout/vin viene dada por la siguiente expresión:

$$\frac{V_{out}}{V_{in}}(j\omega) = A_o \frac{(1+\frac{wj}{z_1})(1+\frac{wj}{z_2})}{(1+\frac{wj}{p_1})(1+\frac{wj}{p_2})}$$

Deduciendo las expresiones literales en función de R_{11}, R_{12}, R_{21}, R_{22}, C_{11} y C_{12}

EXPRESIÓN LITERAL DE A_0 (con su signo) (1 PUNTO)	$-R_{22}/(R_{11}+R_{12})$
EXPRESIÓN LITERAL DE Z_1 (1 PUNTO)	$Z_1 = 1/R_{21}C_{21}$
EXPRESIÓN LITERAL DE Z_2 (1 PUNTO)	$Z_2 = 1/R_{12}C_{11}$
EXPRESIÓN LITERAL DE P_1 (1 PUNTO)	$P_1 = 1/(R_{22}+R_{21})C_{21}$
EXPRESIÓN LITERAL DE P_2 (1 PUNTO)	$P_2 \quad 1/(R_{11} \| R_{12})C_{11}$

2) Se desea diseñar el controlador con las siguientes especificaciones:

A) La ganancia en continua, expresada en decibelios: 51.5 db.
B) Que tenga un cero doble a la frecuencia de 1962 Hz.
C) Que tenga un polo en la frecuencia de 22.57 KHz.
D) Que tenga otro polo en la frecuencia de 9 Hz (aproximadamente)

Si **la resistencia R_{22} la fijamos en 2millones de ohmios (2 Megohms),** se pide

Evaluar los valores de las demás resistencias y de los condensadores, **(VALORES NORMALIZADOS)** para que se cumplan lo mas aproximadamente posible las especificaciones de diseño

VALOR NORMALIZADO DE R_{11}	(1 PUNTO)	462'88 Ω	
VALOR NORMALIZADO DE R_{12}	(1 PUNTO)	4.859'2 Ω	
VALOR NORMALIZADO DE R_{21}	(1 PUNTO)	22'39 Ω	
VALOR NORMALIZADO DE C_{11}	(1 PUNTO)	16'7 nF	
VALOR NORMALIZADO DE C_{21}	(1 PUNTO)	3'6 μF	

SOLO PARA SUBIR NOTA

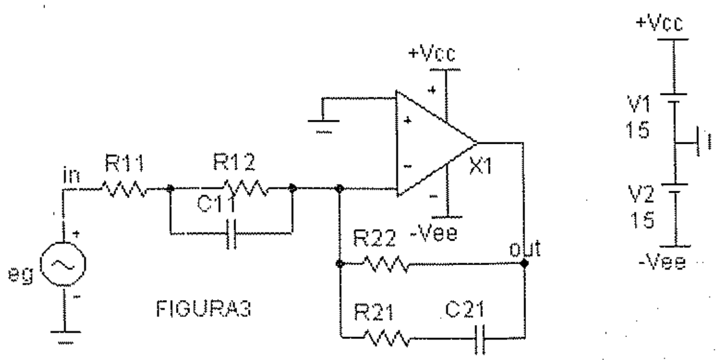


FIGURA3

NOTA: Las casillas deberán rellenarse con las expresiones o valores numéricos solicitados, pero deberán estar clara y correctamente justificados en hojas aparte

JUL 00 8

APELLIDOS Y NOMBRE:

EJERCICIO 4. -

Sea el circuito de la figura 4:

$-0'7-(-6)$

$6-0'7$

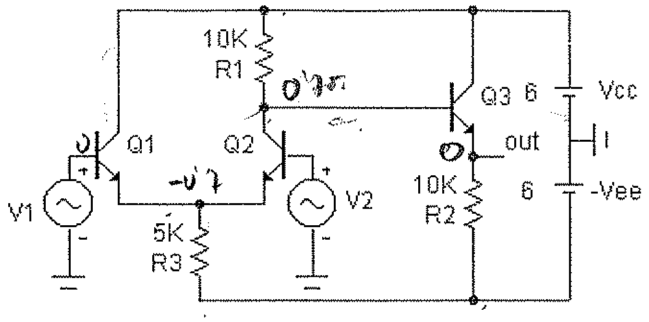


FIGURA 4

Es un sencillo amplificador diferencial. La salida del amplificador diferencial se aplica a la entrada de un seguidor de tensión. Todos los transistores se suponen con una ganancia β_F de 100. La caída de tensión directa de las uniones base-emisor, trabajando en la R.A.N. se suponen todas iguales a 0,7 voltios. La temperatura de todas las uniones es de 300º K

Se pide: (Puntos de operación de los transistores para $v_1=v_{2=0}$)

V_{CEQ1} (0,25 puntos)	6'7	******	V_{CEQ2} (0,25 puntos)	1'4 v.
I_{CQ1} (0,25 puntos)	0'53 mA	******	I_{CQ2} (0,25 puntos)	0'53 mA
V_{CEQ3} (0,25 puntos)	6	******	I_{CQ3} (0,25 puntos)	0'6 mA
identificar v+ (0,25 puntos)	V_1	******	Identificar v-	V_2
Evaluación numérica de Ac	0'966	= 1p.=	Valor numérico de r_d	5'4 K
Evaluación numérica de Ad	106	= 1p.=	Valor numérico de r_c	1 Meg
Evaluación numérica de la impedancia de salida	29 Ω	= 1p.=	Vout para $v_1=v_2=2$ v.	-1'93 ≈ -2

EJERCICIO 5. -

Sea el Amplificador de la figura. La impedancia de entrada se considera infinita, y la impedancia de salida nula. En lazo abierto tiene una función de transferencia que viene dada por la expresión:

$$A(j\omega) = A_o \frac{1}{(1+\frac{wj}{w_c})}$$

Donde A_0 vale 50 y $w_c = 2\pi f_c$ siendo f_c= 100 Khz. La alimentación del Amplificador es simétrica, siendo las tensiones de saturación positiva y negativa iguales a +/-15voltios

Se realiza una realimentación con dos resistencias, tal como se indica en la figura.

A) Para los diferentes valores de R_1 y R_2 comprobar si el circuito es estable, calculando en su caso los valores indicados: Ganancia en continua en lazo cerrado, anchura de banda e impedancia de entrada.

B) Si existe algún caso en el que no es estable, justificar en hojas a parte la respuesta que tendríamos a la salida para una entrada senoidal de 100 Hz, y 5 voltios de valor máximo

R_1	R_2	¿Es estable?	Ganancia en DC	Ancho de banda	$Z_i=v_i/i_i$
1k	100k	Si	98'03	50'43 KHz	1040'8 Ω
200 ohmios	50k	Sí	62'19	80'07 KHz	820 Ω
1.5k	50k				

$$f_{c_{lazocerrado}} = f_c\left(1-\frac{R_1}{R_1+R_2}A_0\right)$$

$$A_{0_{lazocerrado}} = \frac{A_0}{1+\frac{R_1}{R_2}(1-A_0)}$$

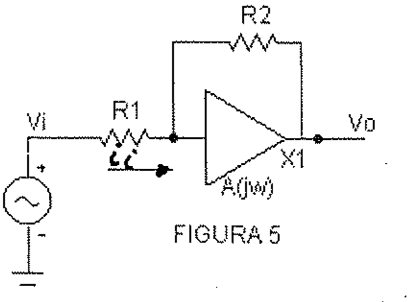


FIGURA 5

$$Z_i = \frac{v_i}{i_i} = \frac{R_2}{A_0-1} - R_1$$

NOTA: Las casillas deberán rellenarse con las expresiones o valores numéricos solicitados, pero deberán estar clara y correctamente justificados en hojas aparte

Curso........ Nº........ Titulación........

Nombre........

Asignatura........ Fecha........

EXAMEN. ELECTRONICA ANALOGICA JULIO 2.000. RESOLUCION

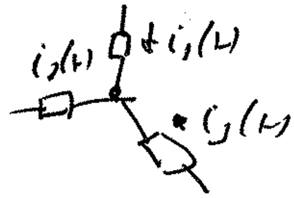
EJERCICIO 1.-

a) $i_c(t) = C\dfrac{dv_c}{dt}$

$$\overline{i_c(t)} = \frac{1}{T}\int_t^{t+T} C\frac{dv_c}{dt}\,dt = \frac{1}{T}\int_{v_{C\,inic}(t=0)}^{v_{C\,final}(t=t+T)} C\,dv_C =$$

$$\frac{1}{T}\left[V_{C\,FINAL} - V_{C\,INICIAL}\right] = 0 \quad \text{c.q.d}$$

si estamos en un Régimen periódico de tensiones y corriente

b) 

$$i_1(t) + i_2(t) + i_3(t) = 0 \Rightarrow$$

$$\frac{1}{T}\int_0^T \left(i_1(t) + i_2(t) + i_3(t)\right)dt = 0 =$$

$$\frac{1}{T}\int_0^T i_1(t) + \frac{1}{T}\int_0^T i_2(t)\,dt + \frac{1}{T}\int_0^T i_3(t)\,dt = 0 \Rightarrow$$

$$\overline{i_1(t)} + \overline{i_2(t)} + \overline{i_3(t)} = 0 \qquad \text{c.q.d.}$$

c) $v(t) = \overline{v(t)} + v_{ac}(t)$

$$v^2(t) = \overline{v(t)}^2 + 2\,\overline{v(t)}\cdot v_{ac}(t) + v_{ac}^2(t)$$

$$\frac{1}{T}\int_t^{t+T} v^2(t) = \frac{1}{T}\int_t^{t+T}\overline{v(t)}^2\,dt + \cancel{2\,\overline{v(t)}\,\frac{1}{T}\int_t^{t+T} v_{ac}(t)\,dt}^{\,0} + \frac{1}{T}\int_t^{t+T} v_{ac}^2(t)\,dt$$

$$V_{ef\,TOTAL}^2 = \text{VALOR MEDIO}^2 + \text{VALOR EFICAZ C.A}^2 \qquad \text{c.q.d.}$$

UNIVERSIDAD DE LA RIOJA
CENTRO DE ENSEÑANZAS CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS

Curso .... Nº .... Titulación ....

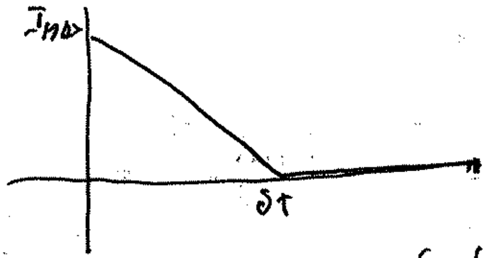
Nombre ....

Asignatura .... Fecha ....

1) Función Corriente a través del diodo: Si $i_{QS}(t) = 0 \Rightarrow$

$$i_{D1}(t) = i_o(t)$$

$$i_{D1}(t) = \begin{cases} 0 \le t \le \delta T \\ \delta T \le t \le T \end{cases}$$



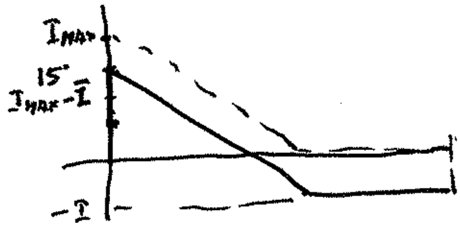
$$i_{D1}(t) = \begin{cases} 0 \le t \le \delta T & i_{D1}(t) = -\frac{I_{MAX}}{\delta T} \times t + I_{MAX} \\ \delta T \le t \le T & 0 \end{cases}$$

$$\overline{i_{D1}(t)} = \frac{1}{T}\int_0^T i_{D1}(t)\,dt = \frac{I_{MAX} \times \delta T}{2T} = \frac{I_{MAX}}{2}\delta$$

$$\overline{i_{D1}(t)} = \frac{I_{MAX} \times \delta}{2} = \frac{20 \times 0'5}{2} = 5\,Amp$$

$$i_{D1AC}(t) = i_{D1}(t) - \overline{i_{D1}(t)}$$

$$i_{D1AC}(t) = \begin{cases} \cancel{0 \le \delta T \ -\frac{I_{MAX}}{\delta T} t + I_{MAX} - I_{MAX}} \\ \end{cases}$$

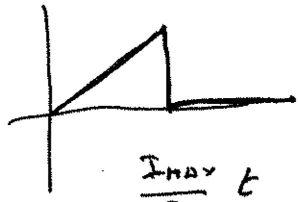


$$i_{D1AC}(t) = \begin{cases} 0 \le t \le \delta T & -\frac{I_{MAX}}{\delta T} t + I_{MAX} - \frac{\delta}{2} I_{MAX} = -\frac{I_{MAX}}{\delta T} t + \frac{I_{MAX}(2-\delta)}{2} \\ \delta T \le t \le T & -\frac{\delta I_{MAX}}{2} \end{cases}$$

Valor máx positivo $i_{DAC}(t) = I_{MAX} - \frac{\delta I_{MAX}}{2} = 20 - 5 = 15\,Amp$

JUL 00/3

$$I_{ef_D}^2 = \frac{1}{T}\int_0^T i_{D_1}^2(t)\,dt =$$



$$\frac{I_{MAX}}{\delta T}t$$

$$\frac{1}{T}\int_0^{\delta T} \frac{I_{MAX}^2}{\delta^2 T^2} t^2 dt =$$

$$\frac{I_{MAX}^2}{\delta^2 T^2}\frac{1}{T}\left[\frac{t^3}{3}\right]_0^{\delta T} = \frac{I_{MAX}^2}{\delta^2 T^2}\cdot\frac{1}{\cancel{T}}\cdot\frac{\delta^3 \cancel{T^3}}{3} = \frac{I_{MAX}^2}{3}\delta$$

$$I_{ef_D} = \frac{I_{MAX}}{\sqrt{3}}\sqrt{\delta} = 8'16\ \text{Amp}$$

$$I_{EF}^2 = \bar{I}^2 + I_{ef_{CA}}^2 = \frac{I_{MAX}^2\,\delta}{3} - \frac{I_{MAX}^2\,\delta^2}{2^2} =$$

$$I_{ef_{CA}} = \sqrt{\frac{I_{MAX}^2\,\delta}{3} - \frac{I_{MAX}^2}{4}\delta^2} = I_{MAX}\sqrt{\frac{\delta}{3} - \frac{\delta^2}{4}} =$$

$$I_{ef_{CA}} = 0'321 \times 20 =$$

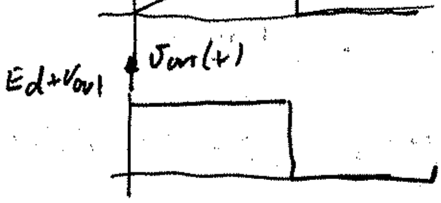
$$P_{DIODO} = \bar{i}_{D_1}\cdot E_d = 5\cdot 1 = 5\,W$$

$$\overline{V_{out}} = R\,\overline{i_R(t)} = R\cdot\overline{i_{D_1}(t)} \quad \text{ya que } \overline{i_C(t)} = 0$$

$$\overline{V_{out}} = 10\times 5 = 50\,V.$$

$$P_R \approx \frac{\overline{V_{out}}^2}{R} = \frac{50^2}{10} =$$

$v_{in}(t)$



$$0 \le t \le \delta T \left\{ \; v_{in}(t) = E_d + V_{out} = 1 + 50 = \underline{\underline{51\,V}} \right.$$

$$\delta T \le t \le T \quad v_{in}(t) = 0$$

$$P_{FUENT} = \frac{1}{T}\int v(t)\cdot i(t)\,dt = \frac{1}{T}\int_0^{\delta T} v(t)\cdot i(t)\,dt = (E_d + V_{out})\cdot\frac{1}{T}\int_0^{\delta T} i_D(t)\,dt$$

$$= (E_d + V_{out})\,\overline{I_D}$$

UNIVERSIDAD DE LA RIOJA
CENTRO DE ENSEÑANZAS CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS

Curso........ Nº........ Titulación........
Nombre........
Asignatura........ Fecha........

(1)

ó por balance energético.

$P_{FUENTE} = 51 \cdot 5 = 255\ W$

ó $P_{FUENTE} = P_{D1} + P_R = 5 + 250 = 255\ W$ c.q.d

CORRIENTE A TRAVÉS DE LA CAPACIDAD.

$i_{D1}(t) = i_C(t) + i_R(t)$

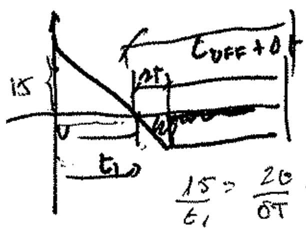
$i_{D1}(t) = \overline{i_{D1}} + i_{D1AC}(t) = i_C(t) + i_R(t)$

pero si $i_R(t) = cte \doteq \frac{V_0}{R} \equiv \overline{i_{D1}(t)} \Rightarrow$

$\boxed{i_{D1AC}(t) \equiv i_C(t)}$ valores ya definidos en el pregunta anterior

VALOR EFICAZ DE LA CORRIENTE A TRAVÉS DE LA CAPACIDAD $\equiv i_{DAC}|_{ef}$
$= 0'45\ Am$

EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD:
Entre δT y T el diodo está en C. ABIERTO, y por tanto la capacidad se está descargando.



$V_{CFINAL} - V_{INICIAL} = \frac{1}{C}\int_0^{t_1} i_C(t)\,dt = \frac{1}{C} \cdot \frac{t_1 \cdot I_{MAX}}{2}$

$t_1| \quad 0 = -\frac{I_{MAX}}{\delta T} t_1 + I_{MAX} - \frac{\delta}{2} I_{MAX}$

$\frac{15}{t_1} = \frac{20}{\delta T} \Rightarrow t_1 = \frac{15}{20} \cdot \delta T$

$\frac{15\delta}{20\, f}$

$t_1 = \delta T\,[1 - \delta/2] = \frac{\delta T}{2}(2-\delta) = 0'375\, T$

JUL00 (4)

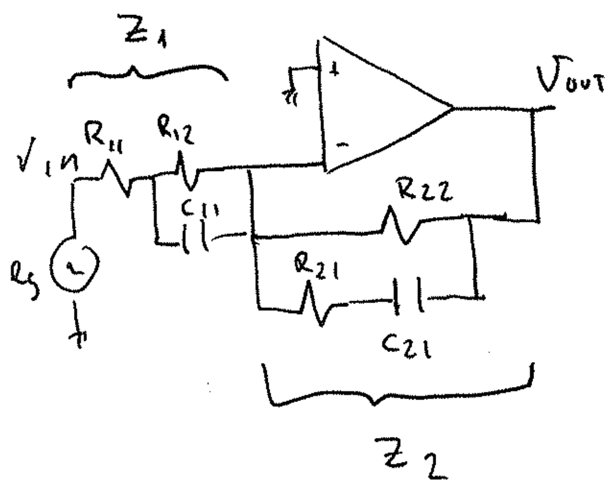
$V_{CMAX} - V_{Cm} = \frac{I_{MAX} \cdot t_1}{2C} = \Delta V_{C_{p-p}} \Rightarrow C = \frac{I_{MAX} \cdot t_1}{2\,\Delta V_{p-p}\, f} = \frac{15 \times 0'375}{2 \times 0'2 \times f} = 1.875\ \mu F$

1406 µF

EXAMEN ELECTRONICA ANALOGICA. JULIO 2.000

RESOLUCIÓN.

EJERCICIO 3.



$$\frac{V_{OUT}}{V_{in}} = -\frac{Z_2}{Z_1}$$

$$Z_2 = R_{22} \parallel \left(R_{21} + \frac{1}{C_{21}\omega j}\right)$$

$$Z_1 = R_{11} + R_{12} \parallel \frac{1}{C_{11}\omega j}$$

$$Z_1 = R_{11} + R_{12}\cdot\frac{1}{C_{11}\omega j} \Big/ \left(R_{12} + \frac{1}{C_{11}\omega j}\right) = R_{11} + \frac{\frac{R_{12}}{\cancel{C_{11}\omega j}}}{\frac{R_{12}C_{11}\omega j + 1}{\cancel{C_{11}\omega j}}} =$$

$$\boxed{Z_1 = \frac{R_{12}}{1 + R_{12}C_{11}\omega j} + R_{11}} = \frac{R_{12} + R_{11}(1 + R_{12}C_{11}\omega j)}{1 + R_{12}C_{11}\omega j}$$

$$Z_2 = \frac{R_{22}\cdot\frac{1 + R_{21}C_{21}\omega j}{C_{21}\omega j}}{R_{22} + \frac{1 + R_{21}C_{21}\omega j}{C_{21}\omega j}} = \frac{\frac{R_{22}(1 + R_{21}C_{21}\omega j)}{C_{21}\omega j}}{\frac{R_{22}C_{21}\omega j + R_{21}C_{21}\omega j + 1}{C_{21}\omega j}} =$$

$$Z_2 = \frac{R_{22}(1 + R_{21}C_{21}\omega j)}{(R_{22} + R_{21})C_{21}\omega j + 1}$$

$$\boxed{\frac{V_{OUT}}{V_{in}} = -\frac{R_{22}(1 + R_{21}C_{21}\omega j)(1 + R_{12}C_{11}\omega j)}{[(R_{22} + R_{21})C_{21}\omega j + 1]\cdot(R_{12} + R_{11}(1 + R_{12}C_{11}\omega j))}}$$

$$\frac{V_{OUT}}{V_{in}} = -\frac{R_{22}}{R_{11} + R_{12}}\cdot\frac{(1 + R_{21}C_{21}\omega j)(1 + R_{12}C_{11}\omega j)}{(1 + (R_{22} + R_{21})C_{21}\omega j)\left(1 + \frac{R_{11}R_{12}}{R_{11} + R_{12}}C_{11}\omega\right)}$$

JUL00

Donde, identificando:

$$A_0 = -\frac{R_{22}}{R_{11}+R_{12}}$$

$$Z_1 = \frac{1}{R_{21}C_{21}} \qquad Z_2 = \frac{1}{R_{12}C_{11}}$$

$P_1 =$

$$P_1 = 1/(R_{22}+R_{21})\,C_{21}$$

$$P_2 = 1/(R_{11}\,||\,R_{12})\,C_{11}$$

2.) a) $A_0|_{dB} = 51'5\,dB = 20\log_{10}\frac{R_{22}}{R_{11}+R_{12}} \Rightarrow 375'8 = \frac{R_{22}}{R_{11}+R_{12}}$

En el problema R_{22} es dato : $R_{22} = 2\,Meg. \Rightarrow$

$$\boxed{R_{11}+R_{12} = 5.322\,\Omega}$$

b) Un cero doble en $f = 1962\,Hz \Rightarrow Z_1 = Z_2 \Rightarrow$

$w = 2\pi f \Rightarrow f = \frac{1}{2\pi}$

$$8'11\times10^{-6}\,seg = \boxed{R_{21}C_{21} = R_{12}C_{11}}$$

$$\frac{1}{2\pi R_{21}C_{21}} = 1.962 \Rightarrow$$

$$R_{21}C_{21} = \frac{1}{2\pi\times1962} = 8'11\times10^{-6}$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{\frac{1}{(R_{11}||R_{12})C_{11}}}{\frac{1}{(R_{22}+R_{21})\cdot C_{21}}} = \frac{(R_{22}+R_{21})\,C_{21}}{(R_{11}\,||\,R_{12})\,C_{11}} = \frac{\cancel{(R_{22}+R_{21})}}{}$$

$f_{P_1} = 9\,Hz$

$f_{P_2} = 22.570$

$$\frac{R_{22}\cdot C_{21} + R_{21}C_{21}}{\frac{R_{11}R_{12}}{R_{11}+R_{12}}\times C_{11}} = \frac{R_{22}\cdot C_{21} + 8'1\times10^{-6}}{R_{11}\cdot 8'1\times10^{-6}}\cdot(R_{11}+R_{12}) =$$

$$\frac{R_{22}\,C_{21} + 8'1\times10^{-6}}{R_{11}\times 8'1\times10^{-6}}\cdot 5.322 = 2.507'8$$

JUL 00/10

Incognitas: R_{11}, R_{12}, R_{21} 5 incognitas

$C_{11} \quad C_{21}$

Ecuaciones: 5:

$$R_{11} + R_{12} = 5.322\,\Omega$$

$$R_{21} \cdot C_{21} = 81'11 \times 10^{-6}$$

$$R_{12} \cdot C_{11} = 81'11 \times 10^{-6}$$

$$[1] \quad \frac{1}{2\pi (R_{21}+R_{22}) C_{21}} = 9 = \frac{1 \cdot R_{21}}{2\pi (R_{21}+R_{12})\, 81'11 \times 10^{-6}} = \frac{1}{2\pi \left[1 + \frac{R_{12}}{R_{21}}\right] \cdot 81'11 \times 10^{-6}}$$

$$\frac{1}{2\pi (R_{11} \| R_{12})\, C_{11}} = 22.570 = \frac{1}{2\pi \cdot \frac{R_{11}\, \cancel{R_{12}}}{R_{11}+R_{12}} \cdot 81'11 \times 10^{-6}} \cancel{R_{12}} = \frac{(R_{11}+R_{12})}{2\pi \cdot R_{11} \cdot 81'11 \times 10^{-6}}$$

$$22.570 = \frac{5.322}{2\pi \cdot R_{11} \cdot 81'11 \times 10^{-6}} \Rightarrow R_{11} = \frac{5.322}{22.570 \times 2 \times \pi \cdot 81'11 \times 10^{-6}}$$

$$\boxed{R_{11} = 462'88\,\Omega} \Rightarrow R_{12} = 5.322 - 462'88 = \underline{\underline{4.859'2}}$$

$$\boxed{R_{12} = 4.859'2\,\Omega}$$

de (A)

$$\left(1 + \frac{R_{12}}{R_{21}}\right) = \frac{1}{2\pi \times 9 \times 81'11 \times 10^{-6}} = 218 \Rightarrow$$

$$\frac{R_{12}}{R_{21}} = 217 \Rightarrow \quad R_{21} = \frac{R_{12}}{217} = \underline{\underline{22'39\,\Omega}}$$

$$R_{21}\, C_{21} = 81'1 \times 10^{-6} \Rightarrow \quad C_{21} = \frac{81'1 \times 10^{-6}}{22'39} = \underline{\underline{3'6\,\mu F}}$$

$$R_{12}\, C_{11} = 81'1 \times 10^{-6} \Rightarrow \quad C_{11} = \frac{81'1 \times 10^{-6}}{4.859'2} = \underline{\underline{16'7\,nF}}$$

JVL 00/11

VALORES CONSIDERADOS $f_{P1} = 9 Hz$ y $f_{P2} = 22.570 Hz$

$R_{11} = 462'88 \Omega$ $C_{21} = 3'6 \mu F$ $R_{22} = (2 Meg)$ (dato)

$R_{12} = 4.859'2 \Omega$ $C_{11} = 16'7 nF$

$R_{21} = 22'39 \Omega$

Segunda opción $f_{P1} = 22\,570 \Omega$ $f_{P2} = 9 Hz$

$R_{11} + R_{12} = 5.322$

$R_{21} C_{21} = R_{12} \times C_{11} = 81'11 \times 10^{-6}$

$$\frac{1}{2\pi\left[1 + \frac{R_{12}}{R_{21}}\right] \times 81'11 \times 10^{-6}} = 22.570$$

$$\frac{R_{11} + R_{12}}{2\pi \times R_{11} \times 81'11 \times 10^{-6}} = 9 \Rightarrow R_{11} = \frac{5.322}{2 \times \pi \times 9 \times 81'11 \times 10^{-6}}$$

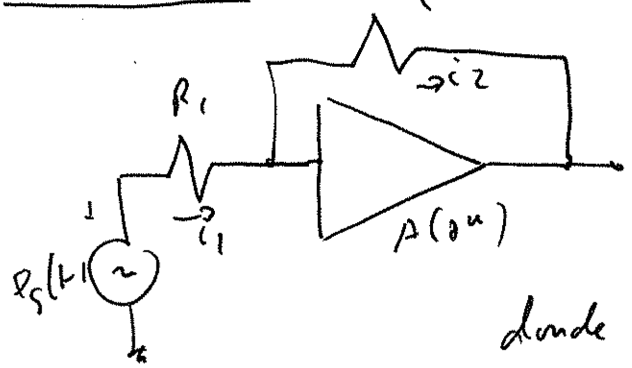
$R_{11} = 1'16 Meg \Rightarrow$ IMPOSIBLE

ya que $R_{11} + R_{12} = 5.332 \Omega$, por tanto esta opción es inviable.

$$\underline{R_{22} C_{21} + 8'1 \times 10^{-6}} = \left(\frac{2.507'0}{5322}\right) \cdot R_{11} \times 8'1 \times 10^{-6}$$

$$\boxed{R_{22} C_{21} + 8'1 \times 10^{-6} = 3'817 \times 10^{-6} \cdot R_{11}}$$

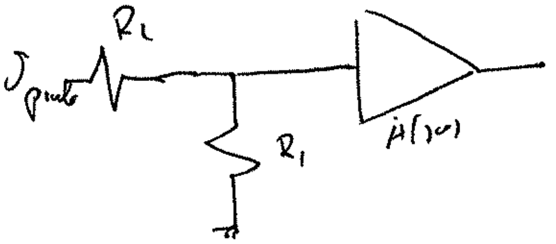
EJERCICIO 5.



$$A(j\omega) = \frac{A_0}{\left(1 + j\frac{\omega}{\omega_c}\right)}$$

donde $A_0 = 50$ $\omega_c = 2\pi f_c$ $f_c = 100 kHz$

ESTABILIDAD:



$$\frac{v_o}{v_{prueba}} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \times A(j\omega) = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot \frac{A_0}{1 + \frac{j\omega}{\omega_c}}$$

condición de argumento $\omega = 0$

condición de módulo $A_0 \times \frac{R_1}{R_1 + R_2} < 1 \Rightarrow$ estable

$R_1 = 1k$ y $R_2 = 100k$ $\Rightarrow$ $\frac{R_1}{R_1 + R_2} = \frac{1k}{101k}$

$\frac{50 \times}{101} < 1 \Rightarrow$ estable.

UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

CENTRO DE ENSEÑANZAS CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS

Curso........ Nº........ Titulación........

Nombre........

Asignatura........ Fecha........

$$A = \frac{A_0}{1 + j\frac{\omega}{\omega_c}}$$

$$\frac{A\,G_1}{(G_1+G_2) - G_2 A} = \frac{\dfrac{A_0 G_1}{1+j\frac{\omega}{\omega_c}}}{(G_1+G_2) - \dfrac{G_2 A_0}{1+j\frac{\omega}{\omega_c}}} = \frac{A_0 G_1}{(G_1+G_2)(1+j\frac{\omega}{\omega_c}) - G_2 A_0}$$

$$\frac{A_0 G_1}{(G_1+G_2) + j\dfrac{\omega}{\frac{\omega_c}{G_1+G_2}} - G_2 A_0} = \frac{A_0 G_1}{\left[(G_1+G_2) - G_2 A_0\right] + j\dfrac{\omega}{\frac{\omega_c}{G_1+G_2}}}$$

$$= \frac{A_0 G_1}{(G_1+G_2) - G_2 A_0} \cdot \frac{1}{1 + j\dfrac{\omega}{\frac{\omega_c}{G_1+G_2} \cdot (G_1+G_2) - G_2 A_0}}$$

$$\frac{f_c}{\left(\dfrac{G_1+G_2}{G_1+G_2-G_2A_0}\right)} = \frac{f_c \cdot \dfrac{G_1+G_2-G_2A_0}{G_1+G_2}}{f_c\left(1 - \frac{G_2}{G_1+G_2} A_0\right)}$$

$$\frac{A_0}{1+}$$

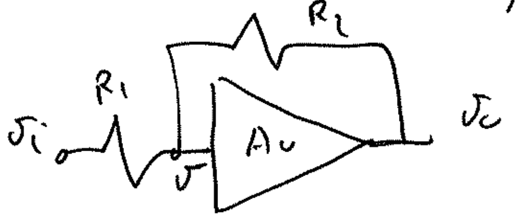
$$\frac{\frac{1}{R_2}}{\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}} = \frac{1/R_2}{\frac{R_1+R_2}{R_1R_2}}$$

$$\boxed{f_c\left(1 - \frac{R_1}{R_1+R_2} A_0\right)}$$

JUL00/48

Si el circuito es estable, vamos a calcular la función de transferencia.

Primero calcularemos la ganancia en continua en lazo cerrado



$$v\,(G_1+G_2) - G_1 v_i - G_2 v_o = 0 \qquad \text{pero } v = \frac{v_o}{A_o}$$

$$\frac{v_o}{A_o}(G_1+G_2) - G_1 v_i - G_2 v_o = 0$$

Agrupando términos:

$$v_o\left[\frac{G_1+G_2}{A_o} - G_2\right] = G_1 v_i$$

$$\frac{v_o}{v_i} = \frac{G_1}{\frac{G_1+G_2}{A_o} - G_2} = A_o \frac{G_1}{G_1+G_2-G_2A_o} = A_o \cdot \frac{1}{1+\frac{G_2}{G_1}(1-A_o)}$$

$$\frac{v_o}{v_i} = A_o \cdot \frac{1}{1+(A_o-1)\frac{R_1}{R_2}}$$

$$\frac{v_o}{v_i} = A_o \frac{G_1}{G_1+G_2(1-A_o)} = \frac{A_o}{1+\frac{R_1}{R_2}(1-A_o)}$$

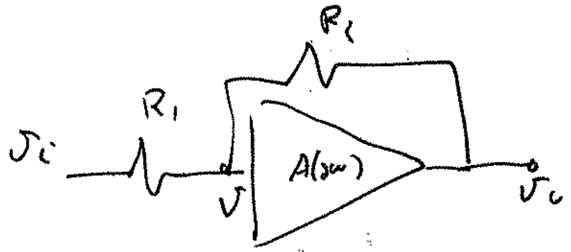
GANANCIA EN CONTINUA: $\frac{A_o}{1+\frac{R_1}{R_2}(1-A_o)}$

UNIVERSIDAD DE LA RIOJA
CENTRO DE ENSEÑANZAS CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS

Curso.................. Nº.............. Titulación ....

Nombre ....

Asignatura .... Fecha ....



$$\frac{v_i - v}{R_1} = \frac{v - v_o}{R_2} \qquad v = \frac{v_o}{A(j\omega)}$$

$$v_i - v = \frac{R_1}{R_2}\left(v - v_o\right)$$

$$v\left[\frac{R_1}{R_2} + 1\right] = v_i + \frac{R_1}{R_2} v_o$$

$$\frac{v_o}{A(j\omega)}\left[\frac{R_1}{R_2} + 1\right] = v_i + \frac{R_1}{R_2} v_o$$

$$v_o \left[\frac{R_1}{R_2}\left(\frac{1}{A(j\omega)} - 1\right)\right.$$

$$v\left(G_1 + G_2\right) - G_1 v_i - G_2 v_o = 0$$

$$\frac{v_o}{A}\left(G_1 + G_2\right) - G_1 v_i - G_2 v_o = 0$$

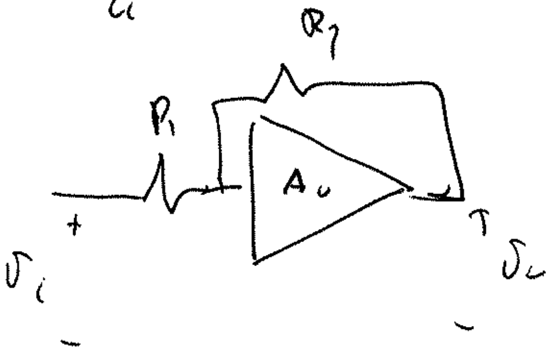
$$v_o\left[\frac{G_1 + G_2}{A} - G_2\right] = G_1 v_i$$

$$\frac{v_o}{v_i} = \frac{G_1}{\frac{G_1 + G_2}{A} - G_2} = \frac{G_1}{\frac{G_1}{A} + G_2\left(\frac{1}{A} - 1\right)} = \frac{1}{\frac{1}{A} + \frac{R_1}{R_2}\left(\frac{1}{A} - 1\right)}$$

$$\frac{v_o}{v_i} = \frac{R_2}{R_1} A \frac{1}{\cancel{}}$$

JUL 09/10

$$Z_i = \frac{v_i}{i_i}$$



$$\frac{v_o}{v_i} = \frac{A_o}{1 + \frac{R_1}{R_2}(1 - A_o)}$$

$$i_i = \frac{v_i - v_o/A_v}{R_1} = \frac{v_i - \frac{1}{1+\frac{R_1}{R_2}(1-A_v)} v_i}{R_1}$$

$$i_i = v_i \frac{1 - \frac{1}{1+\frac{R_1}{R_2}(1-A_v)}}{R_1} = \frac{\frac{1 - 1 - \frac{R_1}{R_2}(1-A_v)}{1+\frac{R_1}{R_2}(1-A_v)}}{R_1}$$

$$i_i = v_i \frac{\frac{+\frac{R_1}{R_2}(A_v - 1)}{1 + \frac{R_1}{R_2}(1-A_v)}}{R_1} = \frac{1}{R_2} \frac{(A_o - 1)}{1 + \frac{R_1}{R_2}(1-A_v)}$$

$$\frac{R_2 \left(1 + \frac{R_1}{R_2}(1-A_v)\right)}{A_v - 1} = \frac{R_2}{A_v - 1} - R_1$$

$$\frac{v_i}{i_i} = \frac{R_2}{A_o - 1} - R_1$$

UNIVERSIDAD DE LA RIOJA
CENTRO DE ENSEÑANZAS CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS

Curso........ Nº........ Titulación ....

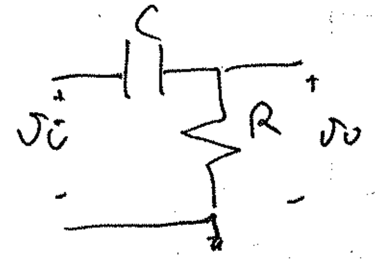
Nombre ....

Asignatura .... Fecha ....

EJERCICIO 2.

$$\omega_n = \frac{1}{RC}$$

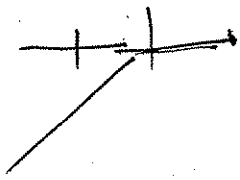
1º



$$\frac{v_o}{v_i}(j\omega) = \frac{j\frac{\omega}{\omega_n}}{1 + j\frac{\omega}{\omega_n}}$$

$$\arg \frac{v_o}{v_i}(j\omega) = 90^\circ - \operatorname{artg} \frac{\omega}{\omega_n}$$

2º $\quad 90^\circ - \operatorname{artg} \frac{\omega}{\omega_n} < 2$



$$\operatorname{artg} \frac{\omega}{\omega_n} < 88^\circ$$

$$\frac{\omega}{\omega_n} < 28'63$$

$$\frac{f}{f_n} < 28'63 \Rightarrow \quad f_n > \frac{f}{28'63} = \frac{10.000}{28'63} = 349'2\,Hz$$

$$\omega = 2\pi f = \frac{1}{RC}$$

$$f_n < 349'2\,Hz \qquad f_n = \frac{1}{2\pi RC}$$

$$\frac{1}{2\pi RC} < 349'2\,Hz \Rightarrow \quad C > \frac{1}{2\pi R \cdot 349'2} = \frac{1}{2\pi \cdot 1M\Omega \cdot 349'2} =$$

$$\Rightarrow \boxed{C > 455'7\ pF}$$

$$\left(\frac{A_0}{1 + j\frac{\omega}{\omega_D}}\right)^4 \qquad \frac{A_0^4}{\left(\sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_D}\right)^2}\right)^4} = \left|\frac{A_0^4}{1 + j\frac{\omega}{\omega_{Dn}}}\right| = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_{Dn}}\right)^2}} - \frac{1}{2}$$

JUL00/5

2ª PARTE $f_Z = 5\,Mhz.$ ó $1\,Mhz.$

n etapas en cascada.

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{A_B^n}{\left(1 + j\frac{\omega}{\omega_B}\right)^n}$$

$$\arg \frac{v_o}{v_i} = 0 - n \operatorname{artg} \frac{\omega}{\omega_B}$$

$$\left|\arg \frac{v_o}{v_i}\right| = n \operatorname{artg} \frac{\omega}{\omega_B} < 2^\circ$$

$$\boxed{\operatorname{artg} \frac{f}{f_B} < \frac{2^\circ}{n}}$$

Si deseamos que para una entrada de 0'2 V. tengamos a la salida 10 V. $\Rightarrow$ GANANCIA $\frac{10}{0'2} = 50$

Es decir $A_B^n = 50 \Rightarrow A_B = \sqrt[n]{50}$ (3º)

$$f_Z = A_B \cdot f_B \Rightarrow f_B = \frac{f_Z}{A_B}$$

$$\operatorname{artg} \frac{f}{f_B} = \operatorname{artg} \frac{f}{\frac{f_Z}{A_B}} = \operatorname{artg} A_B \cdot \frac{f}{f_Z}$$

$$\operatorname{artg} A_B \cdot \frac{f}{f_Z} < \frac{2^\circ}{n}$$

n	$A_B = \sqrt[n]{50}$	$\operatorname{artg} \frac{A_B \cdot f (20.000)}{f_Z \; 5\,mc}$	
2	7'07	1'6	< 1° no
3	3'684	0'844	< 3, 1 para 3º
4	2'659	0'6 =	$\frac{2}{4} = 0'5$
5	2'1867	0'5	$\frac{2}{5}$ 0'4
6	1'919	0'43	$\frac{2}{3}$

NOTA: PARA 2° ES NECESARIO UN NUMERO EXCESIVO DE ETAPAS
PARA 3° ~~ETAPE~~ SON NECESARIAS 3 ETAPAS

6

Con tres etapas:

GANANCIA DE CADA ETAPA: $\sqrt[3]{50} = 3'684$

ANCHURA DE BANDA DE CADA ETAPA:

$$3'684 \cdot f_B = f_Z$$

$$f_B = \frac{5\,\text{Mhz}}{3'684} = 1'36\,\text{Mhz}$$

ANCHURA DE BANDA DEL CONJUNTO:

$$\left| \frac{50}{\left(1 + j\frac{\omega}{\omega_D}\right)^3} \right|_{\omega = \omega_{BN}} = \frac{50}{\sqrt{2}}$$

$$\frac{1}{\left[\sqrt[2]{1+\left(\frac{\omega_{BN}}{\omega_D}\right)^2}\right]^3} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$\left(1+\left(\frac{\omega_{BN}}{\omega_D}\right)^2\right)^{3/2} = 2^{1/2}$$

$$\left[1+\left(\frac{\omega_{BN}}{\omega_D}\right)^2\right]^3 = 2$$

$$1+\left(\frac{\omega_{BN}}{\omega_D}\right)^2 = \sqrt[3]{2} = 1'259$$

$$\left(\frac{f_{BN}}{f_D}\right)^2 = 0'259$$

$$\frac{f_{BN}}{f_D} = 0'509 \Rightarrow \quad f_{BN} = 0'509 \times f_D =$$

JUL 00/6

$$f_{BN} = 693\,\text{KHz}$$

$$\arg \frac{A_0}{1 + \frac{f}{f_{3dB}} \arg} = 0 - \arctan \frac{f}{f_{3dB}}$$

UNIVERSIDAD DE LA RIOJA
CENTRO DE ENSEÑANZAS CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS

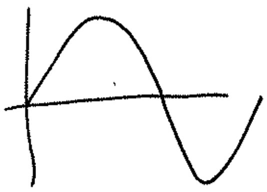
Curso........ Nº........ Titulación........

Nombre........

Asignatura........ Fecha........

5

A la salida



$\frac{d}{dt}(E_m \operatorname{sen}\omega t) = E_m \omega \cos \omega t$

$E_m = 10\sqrt{2}$

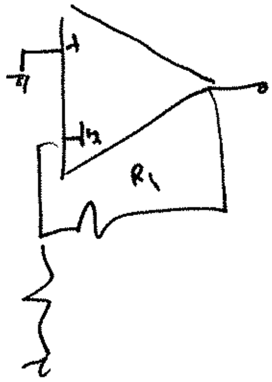
$\left.\frac{dv}{dt}\right|_{max} = SR_{min} = E_m \omega = 10\sqrt{2}\cdot 2\cdot\pi\cdot 20.000 = 1'77\ V/\mu s$

$0'5 \times 10^6 = E_m \cdot 2 \cdot \pi \cdot 20.000 \Rightarrow E_m = 3'98\ V$

Em entrada E de entrada $= \underline{56\ mV}$

Maxim valor de continua debido a los offset tension:

offset $\simeq 5\ mV \times 3'68 \times 7 =$



$1 + \frac{R_B}{R_C} = 3'68$ $2'67 \cdot 7 = 8'44$

$\frac{R_B}{R_C} = 2'68 \Rightarrow$ 2'7K

$R_B = 2'68\ R_C$

$R_B = 27K$
$R_A = 10K$

15

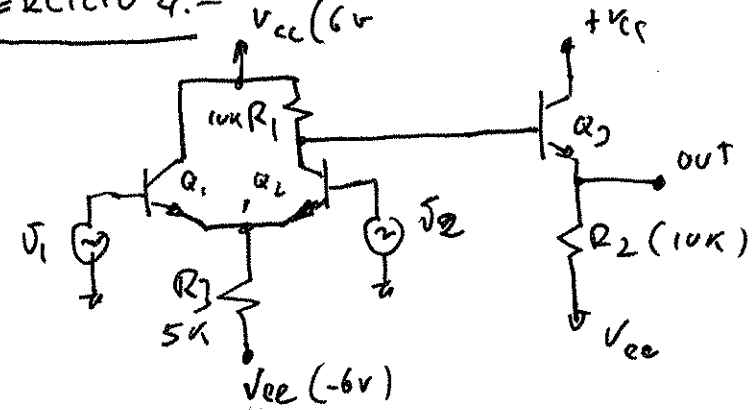
$\frac{15}{R_A + R_B} = 1 \Rightarrow$ $R_A + R_B \Rightarrow 15K$

$R_C = 2'68\ R_A$

15K

JUL007

EJERCICIO 4.-



$V_{BEQ_1} = V_{BEQ_2} = 0'7\,v$ $\qquad \beta_{F1} = \beta_{F2} = 100$ (para cálculo de corriente y tensiones del p.a. $\beta \to \infty$)

1.) En ausencia de señal $v_1 = v_2 = 0$.

Si los transistores son iguales y están a la misma t^a, $\Rightarrow$ si $v_1 = v_2 = 0 \Rightarrow$

$V_{BEQ_1} = V_{BEQ_2} \Rightarrow \qquad I_{C1} = I_{C2} = I_{R3}/2$

$$I_{R3} = \frac{0 - 0'7 - (-6)}{R_3} = \frac{6 - 0'7}{5K} = 1'06\,mA \Rightarrow I_{CQ_1} = I_{CQ_2} = 0'53\,mA$$

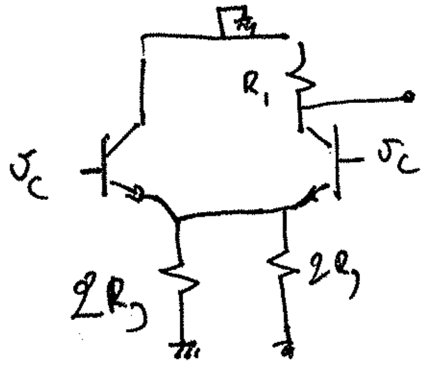
$V_{CEQ_1} = 6 - (-0'7) = 6'7\,v.$

$V_{C2} = 6 - R_1 I_{C2} = 6 - 10K \cdot 0'53 \cdot 10^{-3} = 0'7\,v. \Rightarrow V_{CEQ_2} = 0'7 - (-0'7) = \underline{\underline{1'4\,v}}$

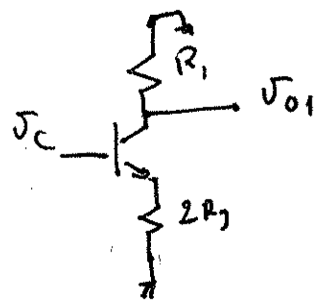
$V_{E3} = 0\,v. \qquad I_{R2} = \dfrac{0 - (-6)}{10K} = 0'6\,mA$

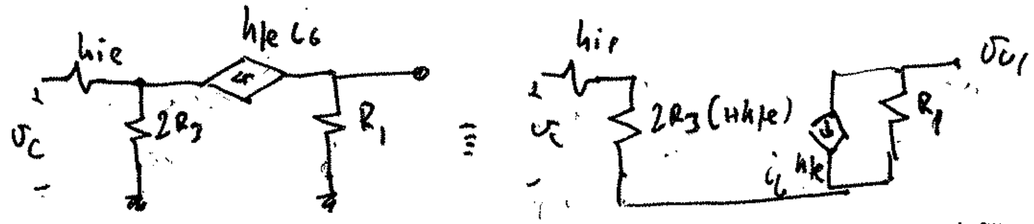
$V_{CE3} = 6 - 0 = 6\,v.$

CIRCUITO DE ALTERNA EN MODO COMÚN $\qquad$ ETAPA DIFERENCIAL



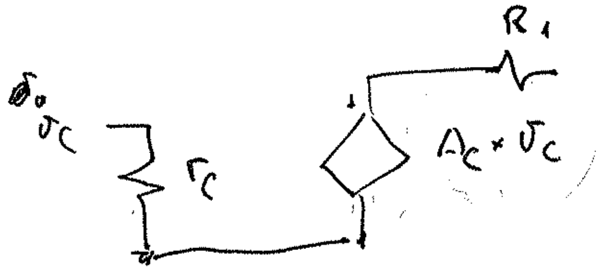
≡



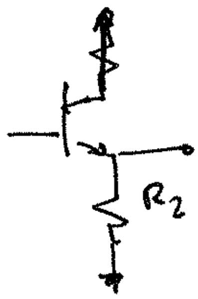


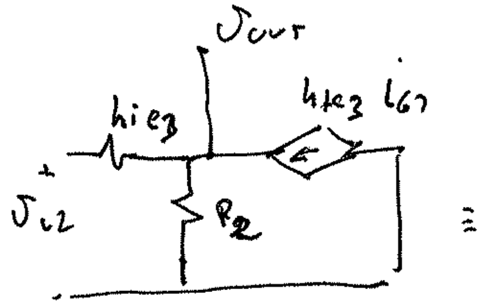
$$\frac{v_c}{i_c} = h_{ie} + 2R_3(1+h_{fe}) = r_c$$

$$v_{o1} = -R_1 \cdot h_{fe}\, i_{b1} = -\frac{R_1 \cdot h_{fe} \cdot v_c}{h_{ie}+2R_3(1+h_{fe})}$$

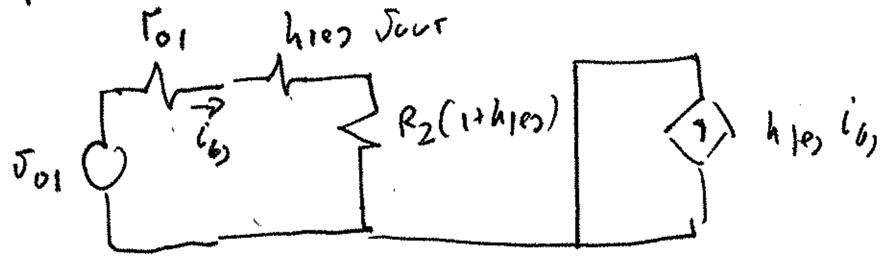


ETAPA DE SALIDA.



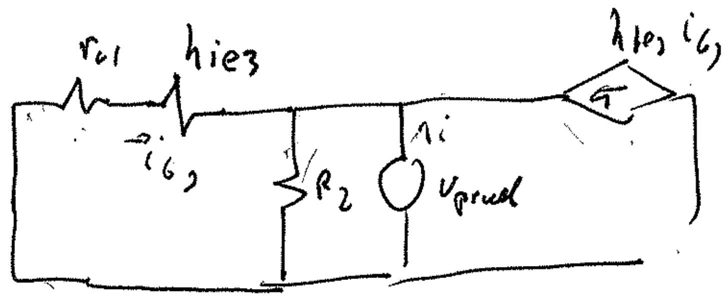


=



$$\frac{v_{out}}{v_{o1}} = \frac{R_2(1+h_{fe3})}{r_{o1}+h_{ie3}+R_2(1+h_{fe3})} \simeq 1$$

$$Z_o \simeq \frac{v_{prueba}}{i_{prueba}}$$



$$i_{b3} = -\frac{v_{prueba}}{r_{o1}+h_{ie3}}$$

$$i_{b3} - \frac{v_{prueba}}{R_2} + i_{prueba} + h_{fe3}\, i_{b3} = 0$$

$$-\frac{v_{prueba}}{r_{o1}+h_{ie3}} - \frac{v_{prueba}}{R_2} + i_{prueba} - h_{fe3}\frac{v_{prueba}}{r_{o1}+h_{ie3}} = 0$$

JULIO0/184

$$i_{prueba} = v_{prueba}\left[\frac{1}{r_{o1}+h_{ie3}} + \frac{h_{fe3}}{r_{o1}+h_{ie3}} + \frac{1}{R_2}\right]$$

$$\frac{v_{prueba}}{i_{prueba}} = \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{r_{o1}+h_{ie3}}(1+h_{fe3})} = R_2 \parallel \frac{r_{o1}+h_{ie3}}{(1+h_{fe3})}$$

Conclusión:

2ª Etapa: ganancia $\simeq 1$ $\quad \frac{R_2(1+h_{fe3})}{r_{o1}+h_{ie3}+R_2(1+h_{fe3})}$

Impedancia de salida: $\quad R_2 \parallel \frac{r_{o1} \parallel h_{ie3}}{1+h_{fe3}}$

Por tanto:

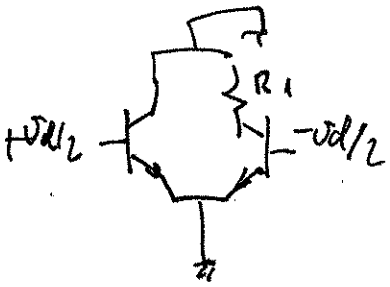
$$\boxed{A_c = \frac{R_1 h_{fe1}}{h_{ie1}+2R_3(1+h_{fe1})} \cdot \frac{R_2(1+h_{fe3})}{r_{o1}+h_{ie3}+R_2(1+h_{fe3})}}$$ $r_{o1} = R_1$

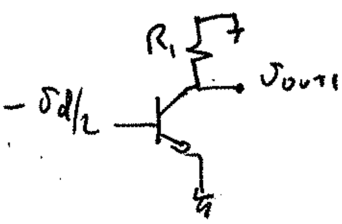
$$\boxed{r_c = h_{ie1} + 2R_3(1+h_{fe1})}$$ $(h_{ie1} = h_{ie2}$, $h_{fe1} = h_{fe2})$

$$\boxed{Z_c = R_2 \parallel \frac{r_{o1} \parallel h_{ie3}}{1+h_{fe3}}}$$

Ad:

Circuito equivalente en alterna en modo diferencial (1ª Etapa)

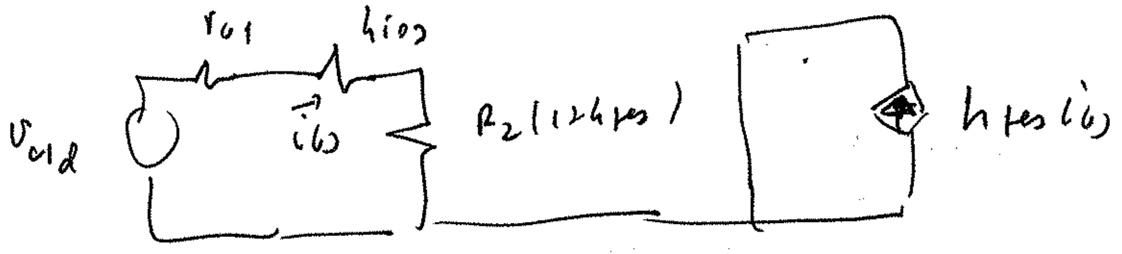




$Z_{id} = 2h_{ie2} \cong 2h_{ie1}$ $\quad v_{out1} = -h_{fe2} R_1 i_{b2} = h_{fe2} R_1$ ...

$v_{out1} = -h_{fe2} R_1 i_{b2} = \frac{v_d}{2} \cdot \frac{R_1 h_{fe2}}{h_{ie2}} \Rightarrow \boxed{\frac{v_{out1}}{v_d} = \frac{R_1 h_{fe2}}{2 h_{ie2}}}$

Por tanto la ganancia conjunta de las dos etapas:



igual que en el caso anterior.

$$A_d = \frac{2 R_1 h_{fe1}}{h_{ie1}} \times \frac{R_2(1+h_{fe3})}{r_{o1} + h_{ie3} + R_2(1+h_{fe3})}$$

$$r_d = 2 h_{ie2} = 2 h_{ie1}$$

EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS

$$h_{fe1} \simeq h_{fe2} \simeq h_{fe3} = 100$$

$$h_{ie1} \simeq h_{ie2} = \frac{V_T}{I_{CQ1}} \times \beta_F = \frac{25\,mV}{0'53\,mA} \times 100 \simeq 4.716\,\Omega$$

$$h_{ie3} \simeq \frac{V_T}{I_{CQ3}} \times \beta_F = \frac{25\,mV}{0'6\,mA} \times 100 \simeq 4166\,\Omega$$

$$A_c = \frac{10k \times 100}{4.716 + 2 \times 5.000 \times 101} \times \frac{10k \times 101}{10k + 4.166 + 10.000(101)}$$

$$A_c = 0'98 \times 0'986 = 0'966 \qquad \boxed{A_c = 0'966} \simeq 1$$

$$r_c = 4.716 + 2 \times 5000 \times 101 \simeq 1'01\,Meg$$

$$r_d \simeq 2 \cdot h_{ie1} = 9.432\,\Omega$$

$$Z_o = R_2 \parallel \frac{r_{o1} \parallel h_{ie3}}{1+h_{fe3}} = 10k \parallel \frac{2940}{101} \simeq 29\,\Omega$$

$A_d \simeq$ [illegible]

V_{out} para $V_C = 2$ $= 1'99$ V

JUL 00/[illegible]

$$\frac{(10k) \times 10k}{(10k \times 10k) + 2\,10k\,(20k)}$$

$$\frac{5k}{5k + 20k} = \frac{5}{25} = .2$$