

EXAMEN CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA, SEPTIEMBRE

Duración del examen: 4 horas

ELECTRÓNICA II, 4º

INGENIERÍA INDUSTRIAL

CURSO 2006 – 2007

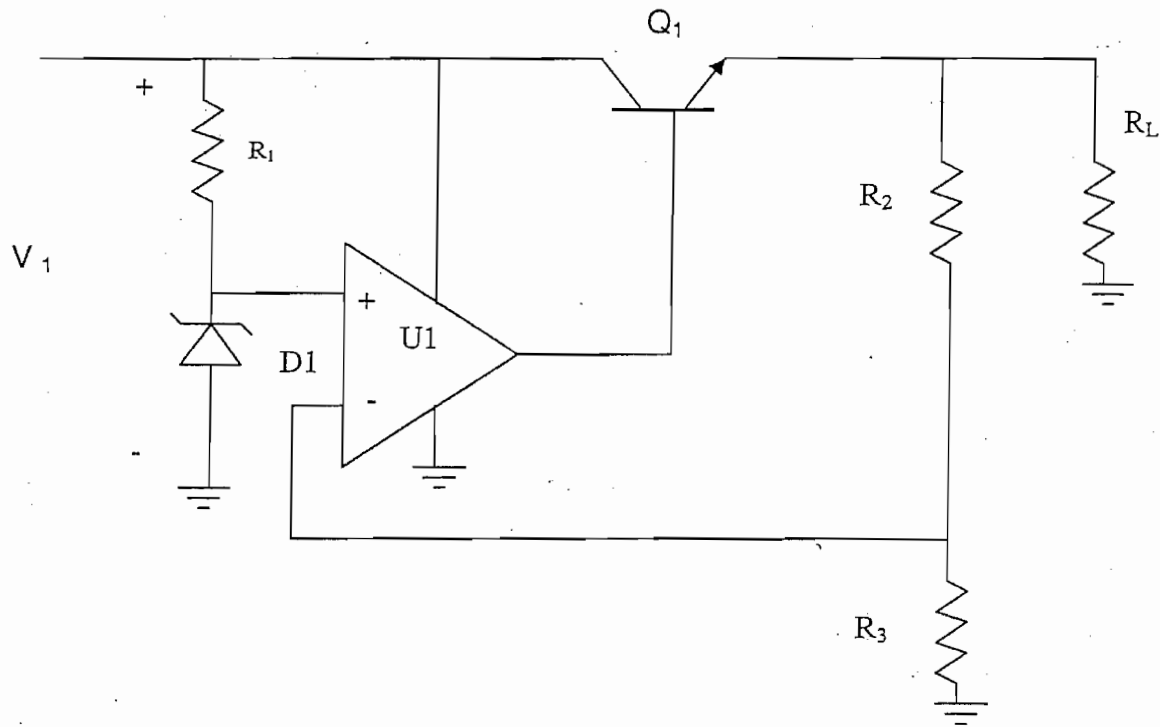
12 de septiembre de 2007

- ENTREGUE CADA UNO DE LOS SEIS EJERCICIOS EN JUEGOS DE HOJAS SEPARADAS
- ENTREGUE TAMBIÉN LA PÁGINA 7 DE ESTE CUADERNILLO PONIENDO SU NOMBRE Y APELLIDOS
- PUEDE UTILIZAR CALCULADORA CIENTÍFICA Y ÚTILES DE DIBUJO

PROBLEMA 1.-

Explique el funcionamiento de la fuente de alimentación lineal, con regulación serie de la figura, respondiendo específicamente a las siguientes preguntas:

- 1.- ¿Por qué se dice que es una fuente con regulación serie?
- 2.- ¿Qué función realiza R_1 ?
- 3.- ¿Para qué se utilizan R_2 y R_3 ?
- 4.- ¿Cuál o cuáles son las partes que conforman el amplificador de error?
- 5.- ¿En qué parte del circuito se considera que la tensión no está regulada?
- 6.- ¿En qué parte del circuito se considera que la tensión está regulada?
- 7.- Escriba una expresión de la tensión de salida a partir de datos relacionados con el circuito representado.
- 8.- Por último, indique ventajas e inconvenientes de este montaje.

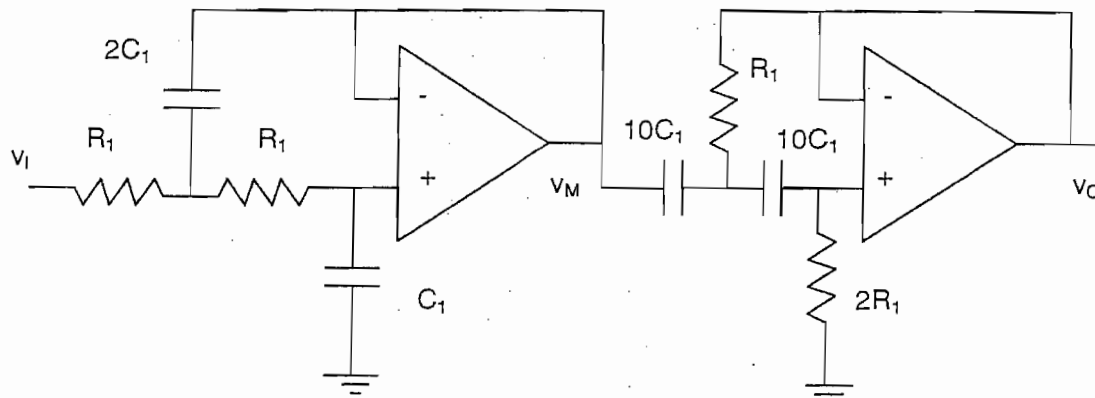


PROBLEMA 2.-

Para el circuito de la figura, obtenga, para cada uno de los tres apartados, la función de transferencia en Laplace y el diagrama de Bode (sólo amplitudes) para representar las ganancias de tensión:

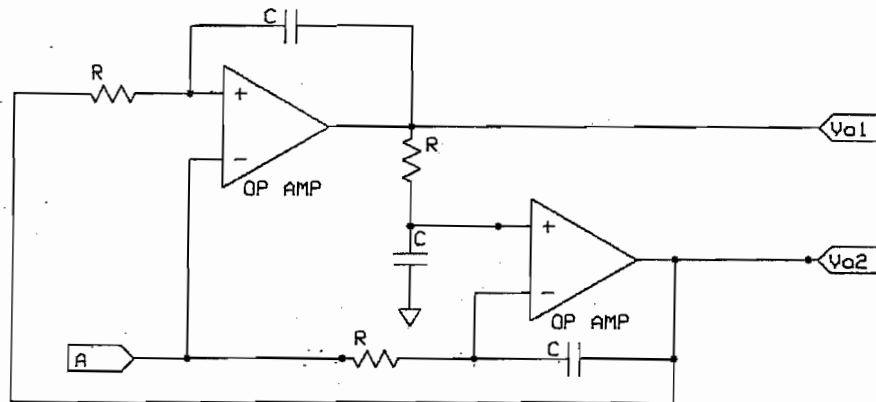
- a) v_O/v_M
- b) v_M/v_I
- c) v_O/v_I

DATOS: $C_1 = 0,005 \mu\text{F}$; $R_1 = 7,5 \text{ k}\Omega$



PROBLEMA 3.-

El esquemático de la figura representa un particular tipo de oscilador, el oscilador en cuadratura. La característica fundamental de este oscilador es que genera dos señales sincronizadas, V_{o1} y V_{o2} , las cuales guardan un desfase constante entre ellas.



En base a este esquemático, responda a las cuestiones:

1. Suponiendo que el punto A se encuentra a masa, obtenga la expresión en el dominio de Laplace de la ganancia de lazo de este oscilador.
2. Obtenga a partir de la misma la expresión de la frecuencia de oscilación.
3. Justifique el desfase (en radianes) que existe entre las salidas V_{o1} y V_{o2} .

PROBLEMA 4.-

Diseñe una etapa que proporcione una señal triangular a partir de una señal cuadrada de amplitud fija y sin nivel de continua proporcionada por un generador de funciones.

Especifique el diseño utilizado para la obtención de la señal triangular con una breve justificación del mismo.

PROBLEMA 1.-

Puntuarlos: los otros aportados puntúan igual

Solución.-

- 1.- Porque el transistor Q_1 está en serie entre la entrada y la salida.
- 2.- R_1 polariza el diodo D_1 para que siempre conduzca en la zona pnp, fijando la tensión en la entrada + de U_1 .
- 3.- R_2 y R_3 muestran la tensión de salida.
- 4.- U_1 , el amplificador operacional, actúa como amplificador de error.
- 5.- V_1 es la tensión no regulada.
- 6.- la tensión de salida (confluencia del emisor de Q_1 , el punto unión de R_2, R_3 y R_1) está regulada.

$$\begin{aligned} 7.- \quad & V_+ = V_- \quad (\text{en } U_1) \\ & V_+ = V_z \\ & V_- = V_o \frac{R_3}{R_2 + R_3} \end{aligned} \quad \left\{ \begin{array}{l} V_z = V_o \frac{R_3}{R_2 + R_3} \\ \boxed{V_o = V_z \left(1 + \frac{R_2}{R_3} \right)} \end{array} \right.$$

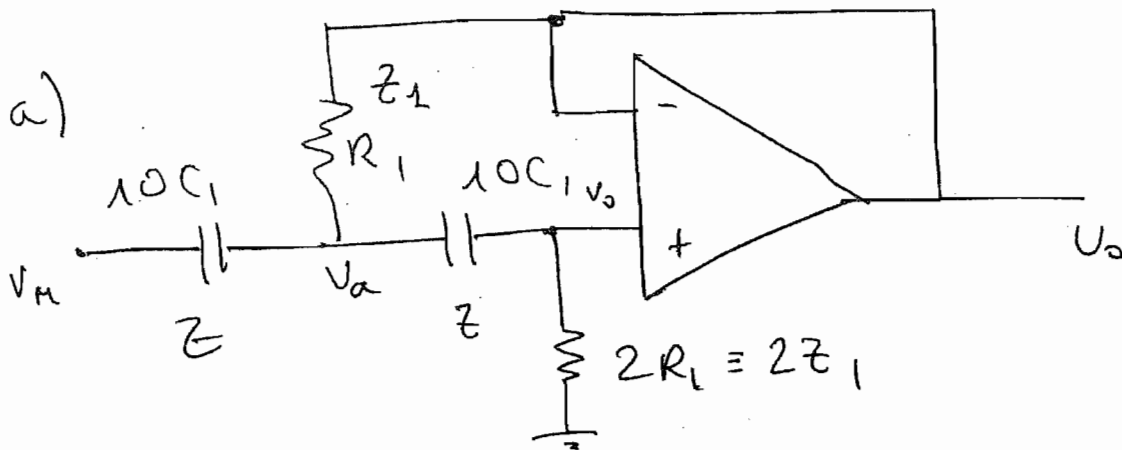
8.- Ventajas: Sencillos, Robustos, bajo precio.

Inconvenientes: Alta disipación de potencia (bajo rendimiento), falta un circuito de protección frente a sobrecorrientes.

PROBLEMA 2.-

Puntuación: - Todos los apartados puntúan por igual, repitiéndose, también por igual, la puntuación, en cada uno, entre función de transferencia y Bode.

Solución a) y b)



$$Z = \frac{1}{105C_1}, \quad Z_1 = R_1$$

$$\frac{V_a - V_M}{Z} = \frac{V_o - V_a}{Z_1} - \frac{V_o}{2Z_1}$$

$$\frac{V_o - V_a}{Z} = -\frac{V_o}{2Z_1} \Rightarrow V_o \left(\frac{1}{Z} + \frac{1}{2Z_1} \right) = \frac{V_a}{Z}$$

$$V_a = V_o \left(1 + \frac{Z}{2Z_1} \right) = V_o \left(\frac{2Z_1 + Z}{2Z_1} \right)$$

$$\frac{V_o \left(1 + \frac{Z}{2Z_1} \right) - V_M}{Z} = \frac{-V_o \cdot \frac{Z}{2Z_1}}{Z_1} - \frac{V_o}{2Z_1}$$

$$V_o \left(\frac{1}{Z} + \frac{1}{2Z_1} \right) + V_o \frac{Z}{2Z_1^2} + \frac{V_o}{2Z_1} = \frac{V_M}{Z}$$

$$\frac{V_o}{z} + \frac{V_o}{2z_1} + \frac{V_o z}{2z_1^2} + \frac{V_o}{2z_1} = \frac{V_M}{z}$$

$$\frac{V_o}{V_M} = \frac{2z_1^2}{2z_1^2 + 2z \cdot z_1 + z^2}$$

com $z = \frac{1}{10sC_1}$, $z_1 = R_1$

$$\frac{V_o}{V_M} = \frac{2R_1^2}{2R_1^2 + 2 \frac{R_1}{10sC_1} + \frac{1}{10^2 s^2 C_1^2}} =$$

$$\boxed{\frac{V_o}{V_M} = \frac{200 s^2 R_1^2 C_1^2}{200 s^2 R_1^2 C_1^2 + 20 s R_1 C_1 + 1}}$$

Dos zeros, dois polos $\Rightarrow$ filtro pass alto.

b) Análogo al a) solo que, en la expresión general:

$$\frac{V_M}{V_I} = \frac{2z_1^2}{2z_1^2 + 2z \cdot z_1 + z^2}$$

$$z = R_1 \quad y \quad z_1 = \frac{1}{2sC_1}$$

$$\begin{aligned} \frac{V_M}{V_I} &= \frac{\frac{z}{2s^2C_1^2}}{\frac{z}{2s^2C_1^2} + \frac{R_1}{sC_1} + R_1^2} \\ &= \frac{1}{2s^2C_1^2R_1^2 + 2sCR_1 + 1} \end{aligned}$$

Dos polos, filtro paso bajo.

$$c) \frac{V_O}{V_I} = \frac{V_O}{V_M} \cdot \frac{V_M}{V_I} = \frac{200s^2C_1^2R_1^2}{(200s^2C_1^2R_1^2 + 20sCR_1 + 1)(2s^2C_1^2R_1^2 + 2sCR_1 + 1)}$$

Filtro paso banda.

Para obtener los diagramas de Bode,
se calculan las frecuencias de corte:

$$a) \frac{V_o}{V_m} = \frac{200 s^2 G^2 R_1^2}{200 s^2 G^2 R_1^2 + 20 s G R_1 + 1}$$

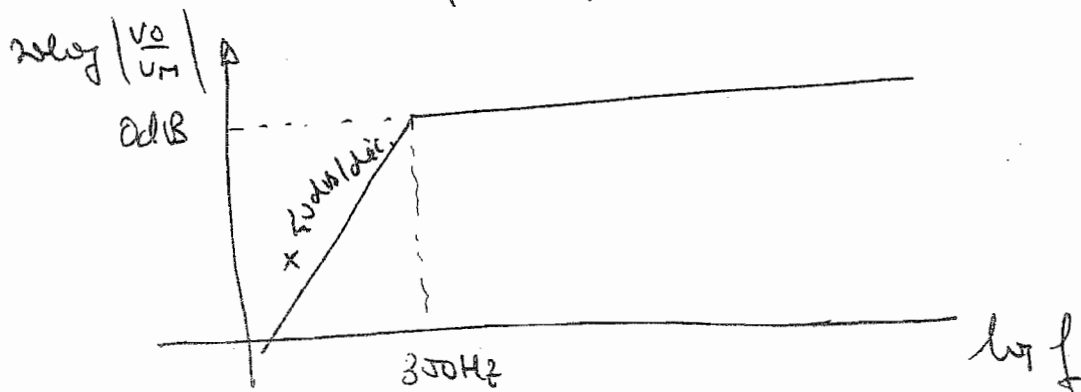
$$= \frac{s^2}{s^2 + 0.1 \frac{s}{G R_1} + \frac{1}{200 \cdot G^2 R_1^2}}$$

por comparación con:

$$\frac{s^2}{s^2 + \frac{\omega_0}{Q} s + \omega_0^2}$$

$$\omega_0^2 = \frac{1}{200 \cdot G^2 R_1^2}$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi G R_1 \cdot \sqrt{200}} \approx 300 \text{ Hz}$$



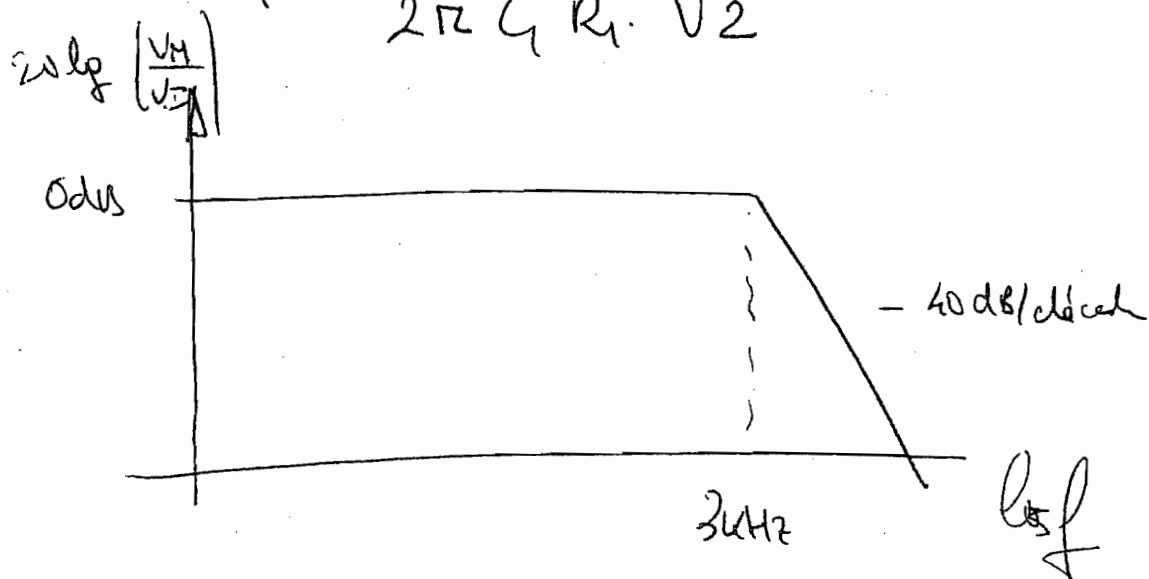
$$b) \quad \frac{V_M}{V_I} = \frac{1}{2s^2 C^2 R^2 + 2sCR + 1}$$

$$= \frac{\frac{1}{2C^2 R^2}}{s^2 + \frac{s}{CR} + \frac{1}{2C^2 R^2}}$$

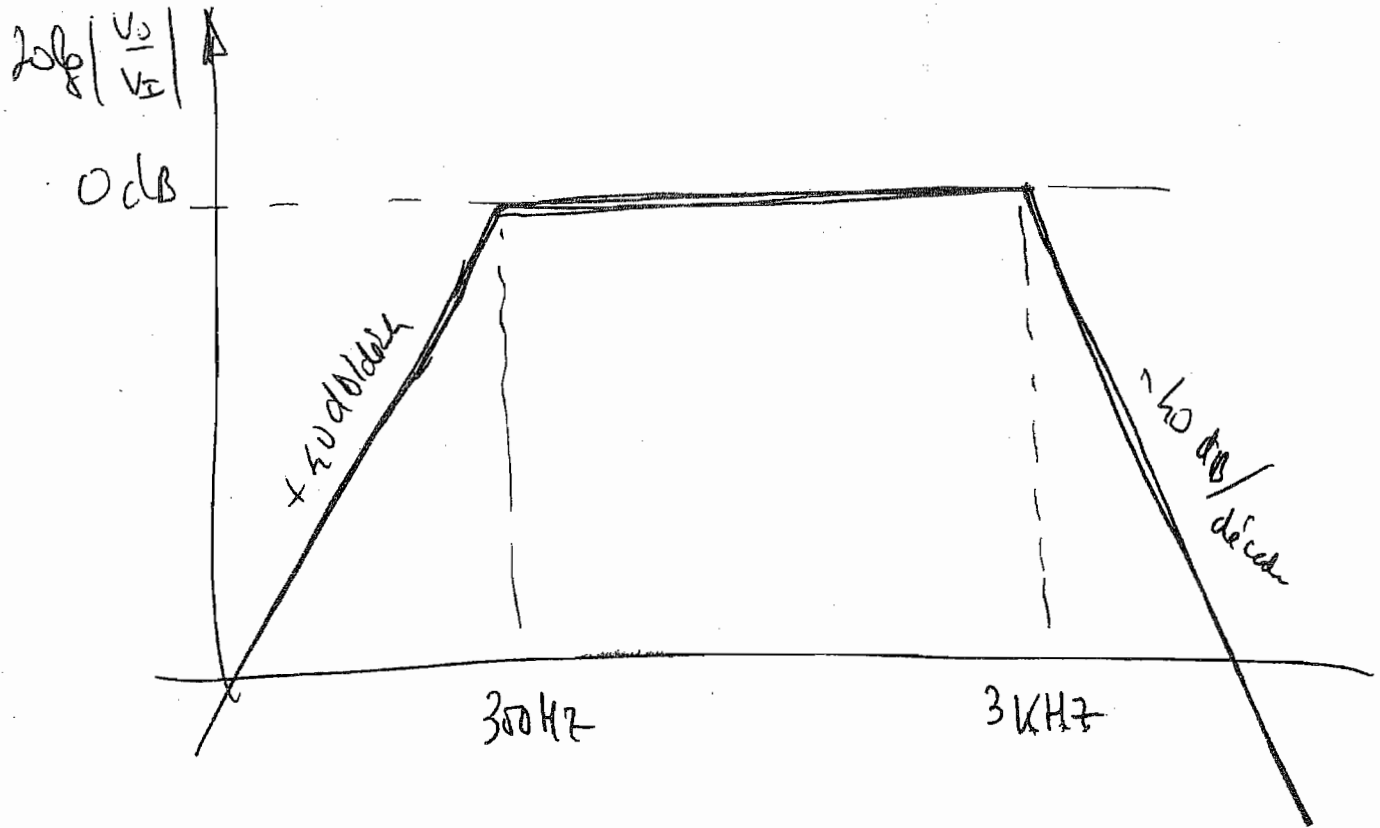
Par la même analogie antenne:

$$\omega_0^2 = \frac{1}{2C^2 R^2}$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi CR \cdot \sqrt{2}} \simeq 3 \text{ kHz}$$



c) El diagrama de Bode completo es,
por tanto,





ASIGNATURA _____ FECHA _____

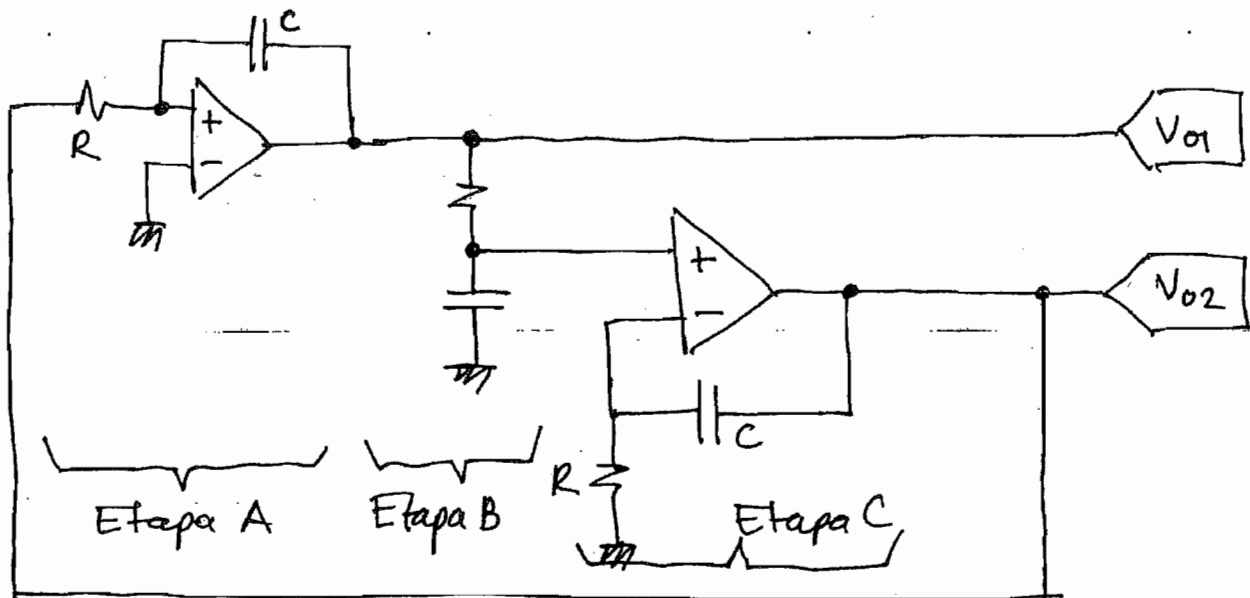
APELLIDOS DEL ALUMNO _____

NOMBRE DEL ALUMNO _____

CURSO _____ GRUPO _____ TITULACIÓN _____

PROBLEMA 3

6/6



1) Tres etapas. La func. de transferencia de cada una es

A) ~~$\frac{V_{01}}{V_{02}} = -\frac{Z_c}{Z_R} = -\frac{1}{sRC}$~~ $\frac{V_{01}}{V_{02}} = -\frac{Z_c}{Z_R} = -\frac{1}{sRC}$ 1

B) $\frac{V_{+c}}{V_{01}} = \frac{Z_c}{Z_R + Z_c} = \frac{1}{1 + sRC}$ 1

C) $\frac{V_{02}}{V_{+c}} = 1 + \frac{Z_c}{Z_R} = 1 + \frac{1}{sRC}$ 1

Luego ~~$\frac{V_{02}}{V_{01}} = \frac{1}{sRC} \cdot \frac{1}{1 + sRC} \cdot \left(1 + \frac{1}{sRC}\right)$~~



ASIGNATURA

FECHA

APELLIDOS DEL ALUMNO

NOMBRE DEL ALUMNO

CURSO

GRUPO

TITULACIÓN

$$\textcircled{2} \quad AB|_{s=j\omega} = -\frac{1}{j\omega CR} \cdot \frac{1}{1+j\omega CR} \cdot \left(1 + \frac{1}{j\omega CR}\right) = 1$$

Aplicándolo a la ganancia de lazo obtenida

$$\frac{-1}{\omega^2 C^2 R^2} = 1 \rightarrow \boxed{\omega = \frac{1}{RC}} \quad \textcircled{1}$$

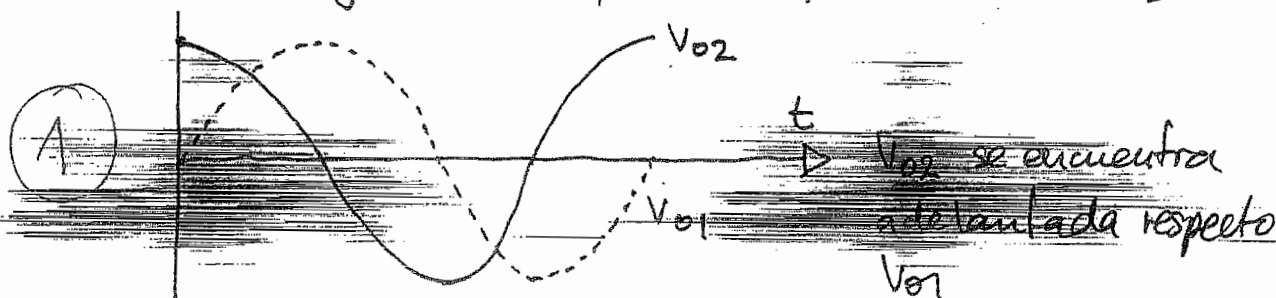
Del circuito, obtenemos la relación

$$\textcircled{3} \quad V_{02} = V_{01} \cdot \frac{1}{1+j\omega CR} \cdot \left(1 + \frac{1}{j\omega CR}\right)$$

A la frecuencia de oscilación, $\omega = \frac{1}{RC}$, obtenemos que

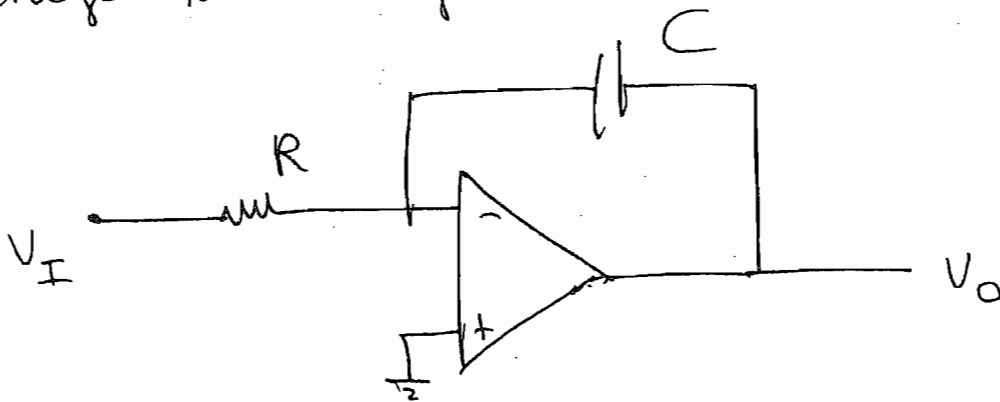
$$V_{02} = V_{01} \frac{1}{j} \rightarrow \boxed{V_{01} = j V_{02}} \quad \textcircled{1}$$

como $j = e^{j\pi/2}$, el desfase es de $\pi/2$



Problema 4.-

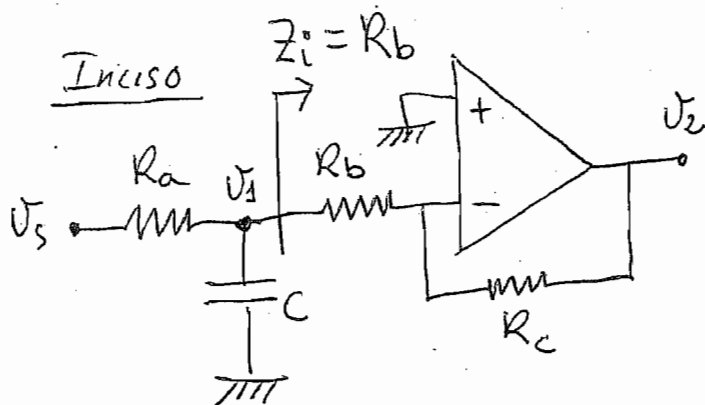
Para obtener una onda triangular a partir de una onda de valor medio cero, se utiliza un integrador



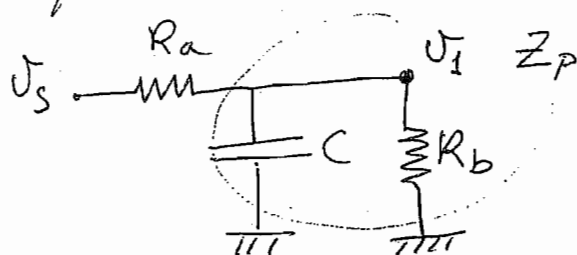
que puede tener que adaptar la frecuencia de la señal cuadrada (o triangular) con la frecuencia del XO.

PROBLEMA 5 - SOLUCION -

FS-1/4



Por tanto, calcular la relación $\frac{V_1}{V_s}$ en esta topología, es equivalente a calcularla sobre el circuito:



$$\frac{V_1}{V_s} = \frac{Z_p}{R_a + Z_p} = \frac{R_a \cdot \frac{R_b}{1 + R_b C s + 1}}{\frac{R_b}{1 + R_b C s} + R_a} = \frac{R_b}{R_a + R_b} \cdot \frac{1}{1 + \frac{R_b R_a}{R_b + R_a} \cdot C \cdot s}$$

ganancia en tensión a baja frecuencia.

$R_b \parallel R_a$

Para determinar el efecto de la etapa no inversora sobre el polo que introduce el condensador C puede utilizarse también el método de las constantes de tiempo:

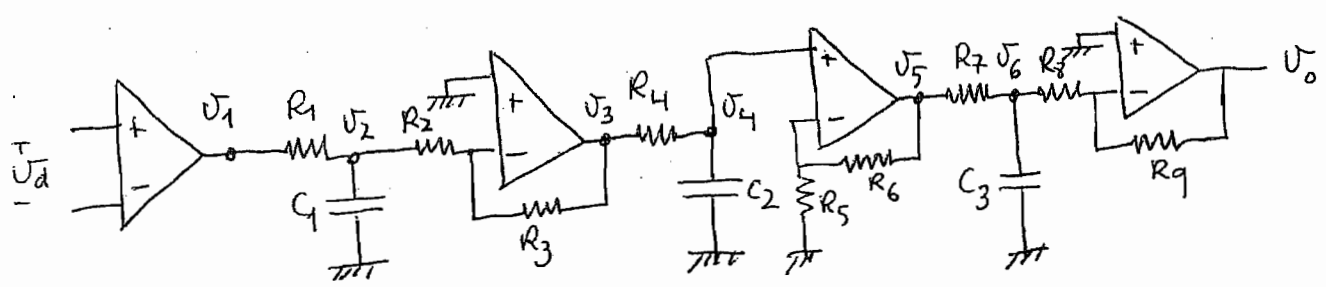
$$\tau = R_{eq} \cdot C$$



Apartado 1

Función de transferencia $\frac{V_o}{V_d}(s)$

Considerando los nodos marcados en el esquema:



$$\frac{V_o}{V_d} = \frac{V_o}{V_6} \cdot \frac{V_6}{V_5} \cdot \frac{V_5}{V_4} \cdot \frac{V_4}{V_3} \cdot \frac{V_3}{V_2} \cdot \frac{V_2}{V_1} \cdot \frac{V_1}{V_d}$$

$\frac{V_1}{V_d} = A_d \rightarrow$ ganancia del amplificador diferencial

$\frac{V_2}{V_1} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot \frac{1}{1 + (R_1 || R_2) \cdot C_1 \cdot s}$ según inciso

$\frac{V_3}{V_2} = - \frac{R_3}{R_2}$

$\frac{V_4}{V_3} = \frac{1}{1 + R_4 \cdot C_2 \cdot s}$

$\frac{V_5}{V_4} = \left(1 + \frac{R_6}{R_5} \right)$

$\frac{V_6}{V_5} = \frac{R_8}{R_7 + R_8} \cdot \frac{1}{1 + (R_7 || R_8) \cdot C_3 \cdot s}$ según inciso

$\frac{V_o}{V_6} = - \frac{R_9}{R_8}$

$\frac{V_o}{V_d} = A_d \cdot \frac{R_3}{R_2} \cdot \left(\frac{1}{1 + (R_1 || R_2) \cdot C_1 \cdot s} \right) \cdot \left(1 + \frac{R_6}{R_5} \right) \cdot \frac{R_9}{R_7 + R_8} \cdot \left(\frac{1}{1 + (R_7 || R_8) \cdot C_3 \cdot s} \right)$

Apartado 2

Se llega a idéntico resultado, al obtener la ganancia en baja frecuencia, considerando los condensadores como circuitos abiertos en el esquema del enunciado o considerando $s \rightarrow 0$ en la función de transferencia obtenida en el apartado anterior. Por tanto:

$$G_{s \rightarrow 0} = \left(-\frac{R_9}{R_8} \right) \cdot \frac{R_8}{R_7 + R_8} \cdot \left(1 + \frac{R_6}{R_5} \right) \cdot \left(\frac{-R_3}{R_2} \right) \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot A_d$$

Apartado 3

Amplificador diferencial

$$A_d := 525$$

Polo 1

$$R_1 := 2 \cdot 10^3 \quad R_2 := 6.8 \cdot 10^3 \quad R_3 := 12 \cdot 10^3 \quad C_1 := 100 \cdot 10^{-9}$$

$$fp1 := \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot C_1 \cdot \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}} \quad fp1 = 1.03 \times 10^3$$

Polo 2

$$R_4 := 2 \cdot 10^3 \quad C_2 := 7.5 \cdot 10^{-9}$$

$$fp2 := \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot C_2 \cdot R_4} \quad fp2 = 1.061 \times 10^4$$

Polo 3

$$R_5 := 10 \cdot 10^3 \quad R_6 := 51 \cdot 10^3 \quad R_7 := 510 \quad R_8 := 9.1 \cdot 10^3 \quad R_9 := 22 \cdot 10^3 \quad C_3 := 330 \cdot 10^{-12}$$

$$fp3 := \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot C_3 \cdot \frac{R_7 \cdot R_8}{R_7 + R_8}} \quad fp3 = 9.987 \times 10^5$$

Ganancia en baja frecuencia

$$G := \left(-\frac{R_9}{R_8} \right) \cdot \frac{R_8}{R_7 + R_8} \cdot \left(1 + \frac{R_6}{R_5} \right) \cdot \left(\frac{-R_3}{R_2} \right) \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot A_d$$

$$G = 9.997 \times 10^3$$

$$20 \cdot \log(G) = 79.998$$

Apartado 4

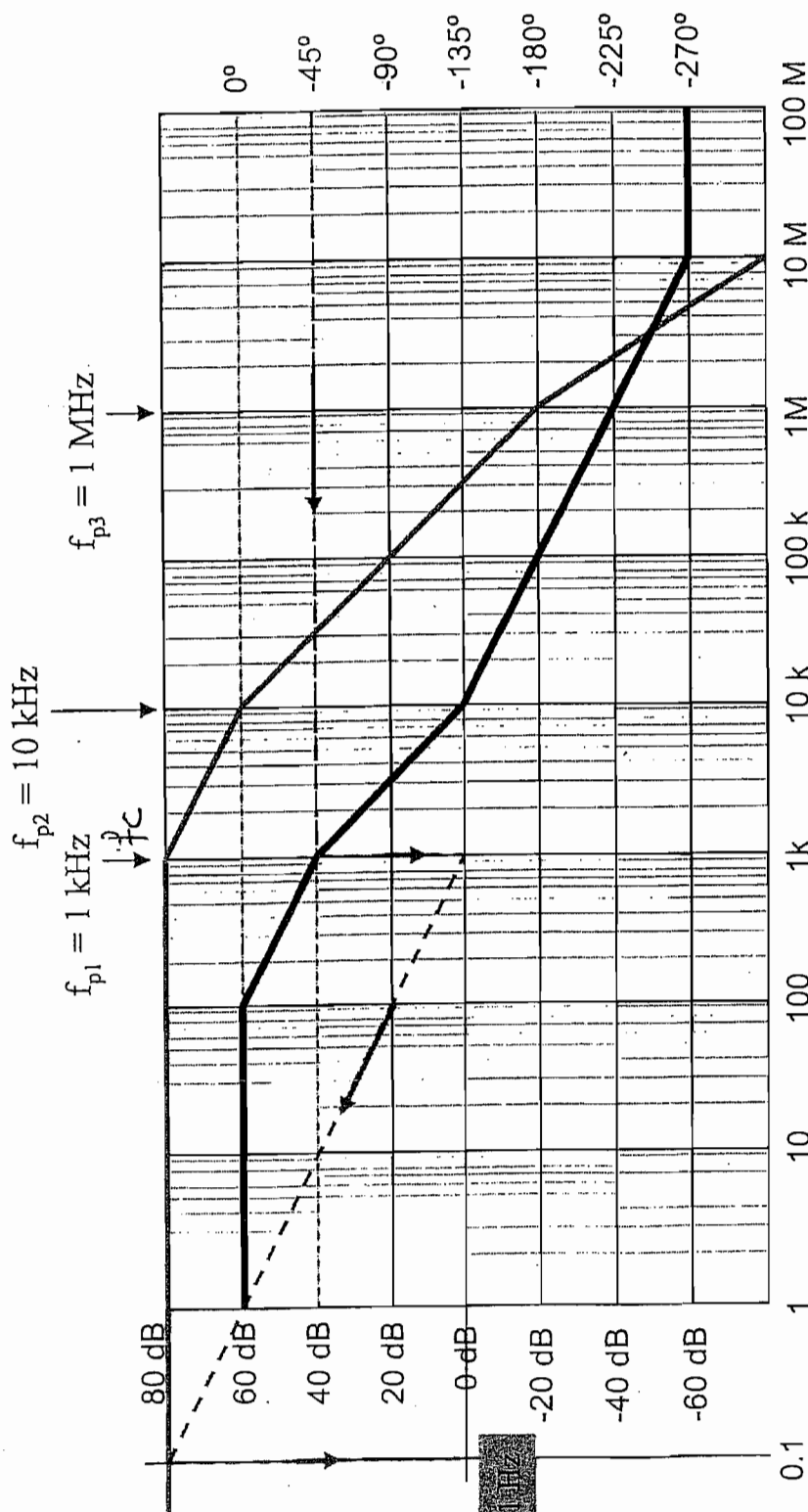
P5-4/

Para que cualquier red de realimentación, β , consiga realimentar de forma estable al amplificador, con $M_F = 45^\circ$ el polo dominante debe cumplir:

$$\angle p_d + \angle A \cdot \beta = -180^\circ + M_F \Rightarrow -90^\circ + \angle A = -180^\circ + M_F$$

$$\angle A(f_c) = -90^\circ + M_F = -45^\circ \rightarrow \underline{f_c = 1 \text{ KHz}}$$

2



A partir de f_c se sube con 20 dB/dec
o bien:

$$f_{pd} \cdot 10^4 = f_c \cdot 1 \Rightarrow \underline{f_{pd} = 0.1 \text{ Hz}}$$



ASIGNATURA ELECTRÓNICA II FECHA 12/09/07
APELLIDOS DEL ALUMNO SOL. EXAMEN
NOMBRE DEL ALUMNO PROBLEMA 6
CURSO 4º GRUPO TITULACIÓN INGENIERIA INDUSTRIAL

1)
$$\left. \begin{aligned} V_{E01} &= -0,7V \\ V_{BE} &= 0,7V \end{aligned} \right\} V_{B01} &= 0V$$

$$V_{E02} = V_{B01} + I_{B01} \cdot R_3$$

Suponiendo ⁽¹⁾ $I_{B01} \cdot R_3 \approx 0 \Rightarrow V_{E02} \approx V_{B01} = 0V$

$$I_{C02} \approx I_{E02} = \frac{V_{E02} - (-5V)}{R_2} = 2mA$$

$$V_{CE02} = 5V - V_{E02} = 5V$$

1

$$V_{C01} = V_{B02} = V_{E02} + V_{BE} = 0,7V$$

$$(I_{C01} + I_{B02}) \cdot R_1 = 5V - 0,7V \Rightarrow$$

$$\Rightarrow I_{C01} + I_{B02} = 1mA$$

Suponiendo ⁽²⁾ $I_{B02} \ll I_{C01}$

$$I_{C01} \approx 1mA$$

$$V_{CE01} = V_{C01} - (-0,7V) = 1,4V$$

1

Validad de las aprox.:

$$I_{C02} \approx 1mA \Rightarrow I_{B01} = 10\mu A \Rightarrow V_{E02} = 0,22V \quad (1)$$

$$\Rightarrow I_{E02} \approx I_{C02} = \frac{0,22 - (-5V)}{R_2} = 2,08mA$$

$$V_{C01} = V_{B02} = 0,92V \Rightarrow I_{C01} + I_{B02} = \frac{5V - 0,92V}{R_1} \approx 950\mu A$$

" (2)
298μA

Los valores de I_{C01} e I_{C02} apenas varían, luego las aprox. son correctas.

2



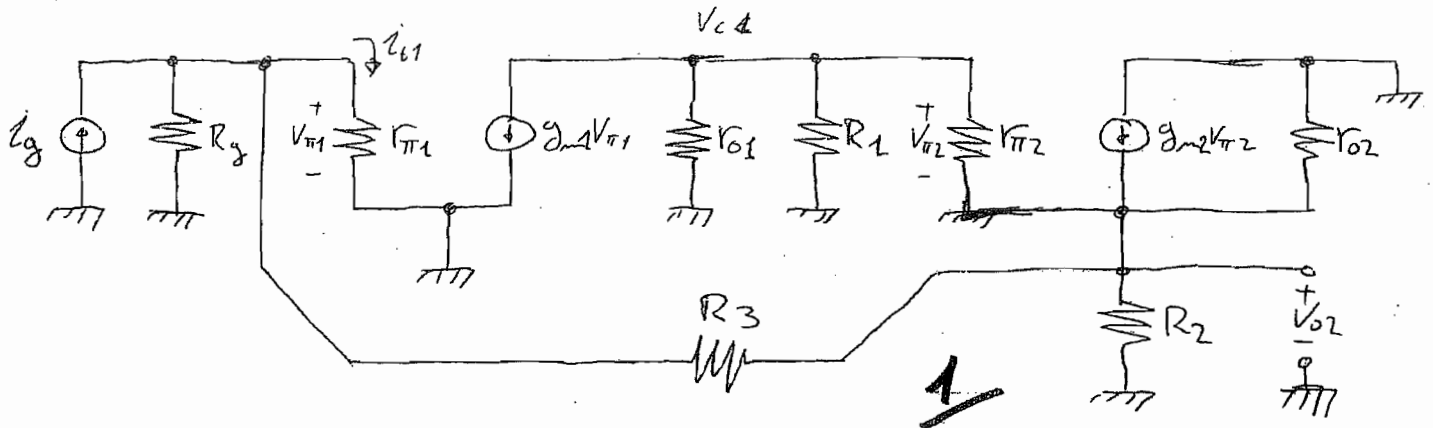
ASIGNATURA _____ FECHA _____

APELLIDOS DEL ALUMNO _____

NOMBRE DEL ALUMNO _____

CURSO _____ GRUPO _____ TITULACIÓN _____

2)



REAL. NEGATIVA:

$$V_{O1} \uparrow \Rightarrow V_{C1} \uparrow \Rightarrow V_{\pi1} \uparrow \Rightarrow g_m V_{\pi1} \uparrow \Rightarrow V_{C1} \uparrow \Rightarrow V_{\pi2} \uparrow \Rightarrow V_{O2} \uparrow$$

1

$V_{C2} (g_{m2} + \frac{1}{R_2})$

TOPOLOGÍA: - II a la salida (muestr. V)

1 - II a la entrada (realimentación)

F. TRANSFERENCIA: Transimpedancia. 1

PARAM. PRIVILEGIADOS: Los que representen
A' y B mediante
elementos II a la entrada
y a la salida

$\Rightarrow$ PARÁMETROS Y

1



ASIGNATURA _____ FECHA _____

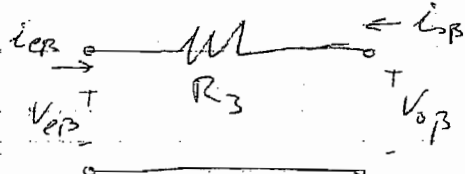
APELLIDOS DEL ALUMNO _____

NOMBRE DEL ALUMNO _____

CURSO _____ GRUPO _____ TITULACIÓN _____

3)

Red B



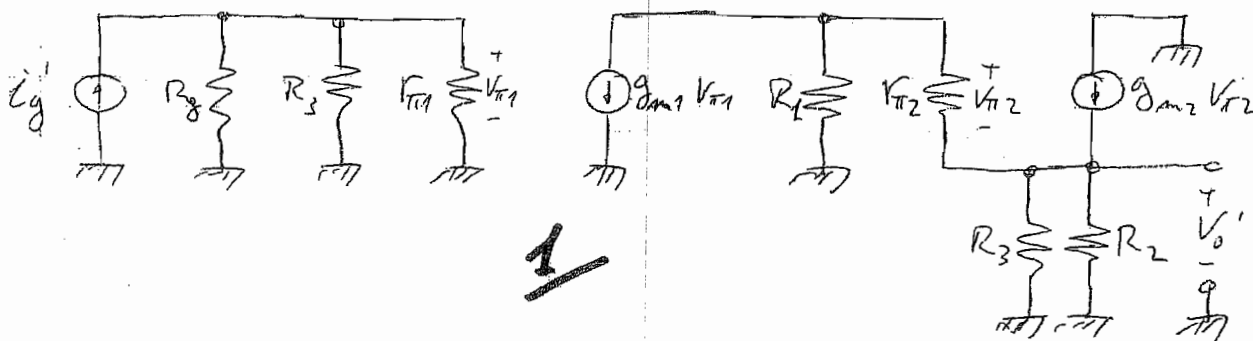
1

Red A'

$$E.C.E: y_{11\beta} = \left. \frac{i_{\beta}}{V_{\beta}} \right|_{V_{\beta}=0} = \frac{1}{R_3} \quad \underline{1}$$

$$E.C.S: y_{22\beta} = \left. \frac{i_{\beta}}{V_{\beta}} \right|_{V_{\beta}=0} = \frac{1}{R_3} \quad \underline{1}$$

$$B_y: y_{12\beta} = \left. \frac{i_{\beta}}{V_{\beta}} \right|_{V_{\beta}=0} = -\frac{1}{R_3} \quad \underline{1}$$



1

NOTA: $r_{o1} = \frac{V_A}{I_{CQ1}} = 100 \text{ k}\Omega$ es $\gg R_1$ y está en // con ella, luego se desprecia su efecto.

1

$r_{o2} = \frac{V_A}{I_{CQ2}} = 50 \text{ k}\Omega$ es $\gg R_2 // R_3$ y está en // con ellas, luego se desprecia su efecto.



ASIGNATURA _____ FECHA _____

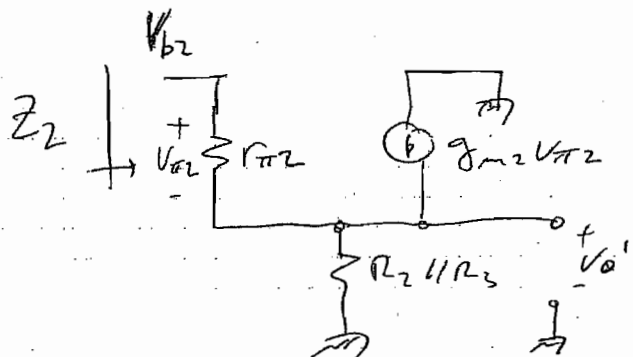
APELLIDOS DEL ALUMNO _____

NOMBRE DEL ALUMNO _____

CURSO _____ GRUPO _____ TITULACIÓN _____

4) Cálculo de $A' = V_o' / i_g$

Veamos primero la etapa en CC. (Q_2):



$$V_o' = (R_2 || R_3) (g_{m2} + \frac{1}{R_{\pi 2}}) V_{\pi 2}$$

$$V_{b2} = V_{\pi 2} + V_o'$$

$$V_{b2} = V_o' \left(1 + \frac{1}{(R_2 || R_3) (g_{m2} + 1/R_{\pi 2})} \right) = V_o' \left(1 + \frac{R_{\pi 2}}{(R_2 || R_3) (1 + g_{m2} R_{\pi 2})} \right)$$

$$\frac{R_{\pi 2}}{(R_2 || R_3) (1 + g_{m2} R_{\pi 2})} \ll 1 \Rightarrow V_o' \approx V_{b2}$$

$$Z_2 = \frac{V_{b2}}{i_{b2}} \approx \frac{V_{b2}}{i_{b2}}$$

$$V_{b2} = V_{\pi 2} + V_o' = V_{\pi 2} \left(1 + (R_2 || R_3) (g_{m2} + 1/R_{\pi 2}) \right)$$

$$i_{b2} = \frac{V_{\pi 2}}{R_{\pi 2}}$$



ASIGNATURA _____ FECHA _____

APELLIDOS DEL ALUMNO _____

NOMBRE DEL ALUMNO _____

CURSO _____ GRUPO _____ TITULACIÓN _____

$$Z_2 = r_{\pi 2} \left(1 + (R_2 // R_3) (g_{m2} + 1/r_{\pi 2}) \right) \approx (R_2 // R_3) (1 + g_{m2} r_{\pi 2})$$

Volviendo al circuito A' completo:

$$V_o' \approx V_{b2} = V_{c1}$$

$$V_{c1} = -g_{m1} V_{\pi 1} \cdot R_1 // Z_2 \approx -g_{m1} V_{\pi 1} R_1$$

Luego:

$$V_o' \approx -g_{m1} R_1 V_{\pi 1}$$

$$V_{\pi 1} = i_{g'} (R_g // R_3 // r_{\pi 1}) \approx i_{g'} (R_3 // r_{\pi 1})$$

finalmente:

$$V_o' \approx -g_{m1} R_1 (R_3 // r_{\pi 1}) i_{g'} \Rightarrow$$

$$A_2' \approx -g_{m1} R_1 (R_3 // r_{\pi 1})$$

2

$$I_{CQ1} = 1 \text{ mA} \Rightarrow g_{m1} = \frac{V_T}{I_{CQ1}} = 40 \text{ mA/V}; r_{\pi 1} = \frac{V_T}{I_{CQ1}} h_{FE} = 2,5 \text{ k}\Omega$$

$$A_2' \approx -390 \text{ k}\Omega$$

1

$$A_2' \beta_v = \frac{-390 \text{ k}\Omega}{22 \text{ k}\Omega} = 17,5$$



ASIGNATURA _____ FECHA _____

APELLIDOS DEL ALUMNO _____

NOMBRE DEL ALUMNO _____

CURSO _____ GRUPO _____ TITULACIÓN _____

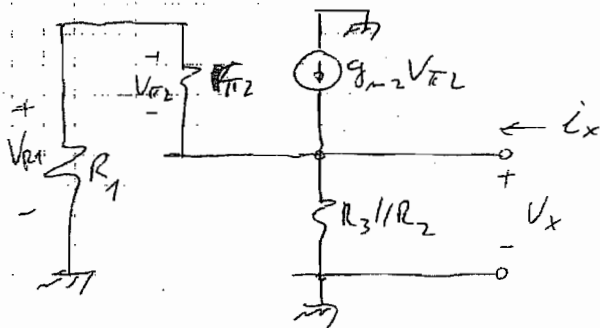
luego, la ganancia del amplificador rediseñado queda:

$$G_z = \frac{A'_z}{1 + A'_z \beta_T} = -21,1 \text{ k} \Omega \left(\approx \frac{1}{\beta_T} = -R_3 \right) \quad \underline{1}$$

IMPEDANCIAS:

$$Z_{isn} = R_g // R_3 // r_{\pi 1} \approx R_3 // r_{\pi 1} \approx 2,2 \text{ k} \Omega \quad \underline{1}$$

Z_{osn} :



$$Z_{osn} = \frac{V_x}{i_x}$$

$$V_x = \left[V_{\pi 2} \left(g_{m2} + \frac{1}{r_{\pi 2}} \right) - i_x \right] \times (R_2 // R_3)$$

$$V_x = -V_{\pi 2} + V_{R1} = -V_{\pi 2} - \frac{V_{\pi 2}}{r_{\pi 2}} \cdot R_1 =$$

$$= -V_{\pi 2} \left(1 + \frac{R_1}{r_{\pi 2}} \right) \Rightarrow \text{~~REEMPLAZAR~~}$$

$$\Rightarrow V_{\pi 2} = -V_x \frac{1}{1 + \frac{R_1}{r_{\pi 2}}} = -V_x \frac{r_{\pi 2}}{r_{\pi 2} + R_1}$$

$$V_x = -V_x \frac{r_{\pi 2}}{r_{\pi 2} + R_1} \left(g_{m2} + \frac{1}{r_{\pi 2}} \right) \times (R_2 // R_3) + i_x (R_2 // R_3)$$

$$\text{~~REEMPLAZAR~~} \quad V_x \left[1 + \frac{R_2 // R_3}{r_{\pi 2} + R_1} (1 + h_{FE}) \right] = i_x (R_2 // R_3)$$

$$\frac{V_x}{i_x} = Z_{osn} \approx \frac{R_2 // R_3}{\frac{2 \text{ k} \Omega}{1 \text{ k} \Omega + 4 \text{ k} \Omega} + 1} \approx 41 \quad \underline{1}$$

$$\frac{V_x}{i_x} = Z_{osn} \approx \frac{R_2 // R_3}{\frac{R_2 // R_3}{r_{\pi 2} + R_1} (1 + h_{FE})}$$



ASIGNATURA _____ FECHA _____

APELLIDOS DEL ALUMNO _____

NOMBRE DEL ALUMNO _____

CURSO _____ GRUPO _____ TITULACIÓN _____

$$Z_{osn} \approx \frac{r_{n2} + R_1}{h_{FE}} \approx 55 \Omega$$

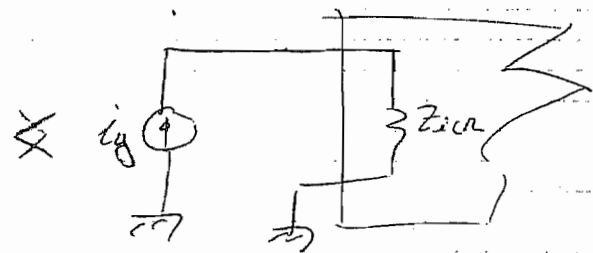
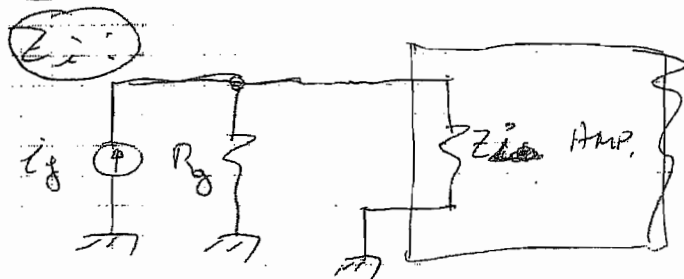
1

$$Z_{icr} = \frac{Z_{isn}}{1 + A_v \beta_1} \approx 120 \Omega$$

1

$$Z_{ocr} = \frac{Z_{osn}}{1 + A_v \beta_1} \approx 3 \Omega$$

1



Identificando términos:

$$Z_i \parallel R_g = Z_{icr};$$

2

$$R_g = 1 M\Omega; Z_{icr} = 120 \Omega \ll R_g \Rightarrow$$

$$Z_i \approx Z_{icr} = 120 \Omega$$

$$Z_o = Z_{ocr} = 3 \Omega$$

1



ASIGNATURA _____ FECHA _____

APELLIDOS DEL ALUMNO _____

NOMBRE DEL ALUMNO _____

CURSO _____ GRUPO _____ TITULACIÓN _____

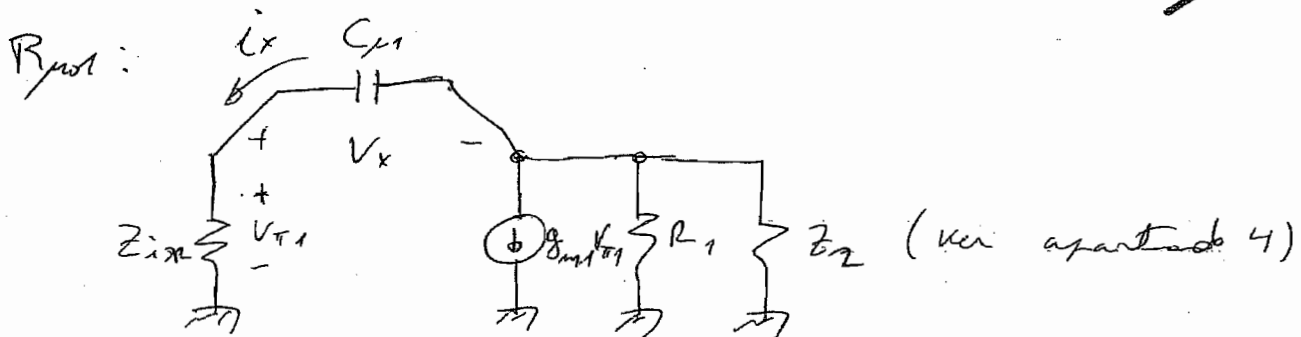
5)

Primero, veamos el ancho de banda del amplificador:

$$f_{cs} = f_{cs} A'_2 \times (1 + A'_2 \beta_x) \quad \underline{1}$$

Cálculo de $f_{cs} A'_2$:

$$f_{cs} A'_2 = \frac{1}{2\pi \sum C_i R_{oi}} \quad \underline{1}$$



$$Z_2 \gg R_1 \Rightarrow Z_2 \parallel R_1 \approx R_1$$

$$R_{out} = V_x / i_x$$

$$V_x = V_{\pi 1} - (- (g_{m1} V_{\pi 1} + i_x) \times (R_1 \parallel Z_2)) \approx V_{\pi 1} + (g_{m1} V_{\pi 1} + i_x) R_1$$

$$V_{\pi 1} = i_x \times Z_{isr}$$

$$V_x = i_x Z_{isr} + i_x (g_{m1} Z_{isr} + 1) R_1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{R_{out} = Z_{isr} + (g_{m1} Z_{isr} + 1) R_1 \approx 390 \text{ k}\Omega} \quad \underline{1}$$

$$\boxed{f_{cs} A'_2 = \frac{1}{2\pi C_{u1} R_{out}} \approx 160 \text{ kHz}}$$



ASIGNATURA _____ FECHA _____

APELLIDOS DEL ALUMNO _____

NOMBRE DEL ALUMNO _____

CURSO _____ GRUPO _____ TITULACIÓN _____

$$f_{CS} = f_{CSA'_2} (1 + A'_2 \beta_r) \approx 3 \text{ MHz}$$

1/

Hasta aquí, el circuito cumple, pero tengo que mirar el por cero:

$$C_{p1} = 3,0 \text{ pF} \Rightarrow f_{CSA'_2} \approx 140 \text{ kHz} \Rightarrow f_{CS} = 2,5 \text{ MHz}$$

Para garantizar el ancho de banda de 3 MHz, no puedo modificar β_r de modo que f_{CS} sea de 3 MHz para $C_{p1} = 3 \text{ pF}$:

Es decir

$$3 \text{ MHz} = 140 \text{ kHz} (1 + A'_2 \beta'_r) \Rightarrow$$

$$A'_2 \beta'_r = \frac{3 \text{ MHz}}{140 \text{ kHz}} - 1 \approx 20 ;$$

$$\beta'_r = \frac{20}{A'_2} = -\frac{1}{R'_3} \Rightarrow R'_3 = \frac{-A'_2}{20} \approx 19 \text{ k}\Omega$$

6) Al haber hecho $1 + A'_2 \beta'_r$ mayor de lo que era, Z_i y Z_o se harán
 $\downarrow$ $\downarrow$
 Z_{ica} Z_{oca}

aún más pequeñas. Estas valores son MEJORES para la aplicación, porque queremos que ambas impedancias sean pequeñas.

2/