

1er PARCIAL DE ELECTRONICA 1 09/05/07

Resolver cada problema en hojas separadas.

Duración de la prueba: 3 horas 30 minutos.

La prueba es sin material.

Los puntajes de los problemas se indican sobre un total de 100 puntos.

PROBLEMA 1 (40 pts.)

El circuito de la figura se utiliza para detectar si la amplitud de la señal V_{in} supera un cierto umbral. La señal V_{in} esta superpuesta con una señal de ruido V_{ruido} . Ambas señales son sinusoidales de frecuencia f_0 y amplitud A_{in} y A_{ruido} respectivamente.

Se sabe que:

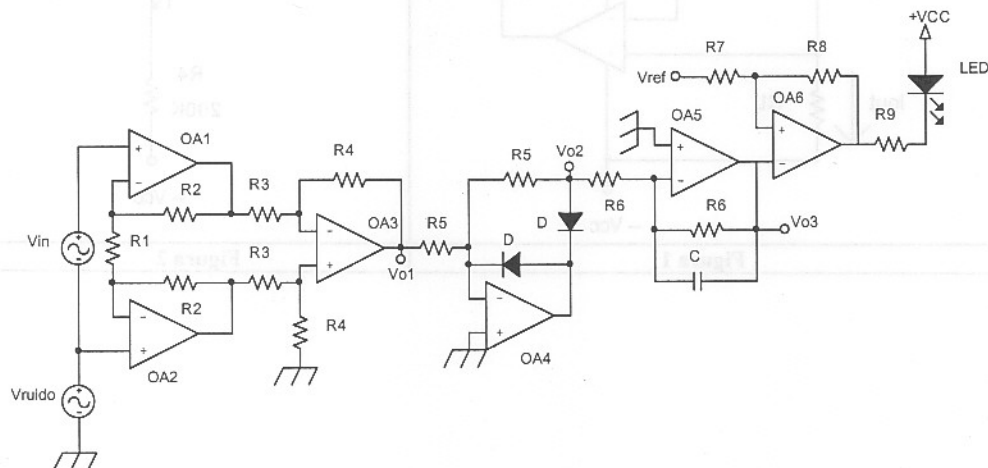
- $A_{ruido} = 10A_{in}$
- Los amplificadores OA1, OA2 y OA3 son iguales e idénticos entre sí con frecuencia de transición f_T .
- OA4, OA5 y OA6 se supondrán ideales en todo el problema.
- Todos los amplificadores están alimentados entre $+VCC$ y $-VCC$
- $R_4/R_3 = 100$, $R_2/R_1 = 5$, $R_8/R_7 = 7$
- $V_{ref} = 3 * VCC * R_7/R_8$
- Los diodos D tienen una tensión umbral V_γ . El diodo LED tiene $V_F \ll VCC$.

Nota: Se podrán usar resultados demostrados en el curso sin deducirlos nuevamente.

- a) ¿Cuál es el ancho de banda de la transferencia V_{o1}/V_{in} ?
- b) Determine el CMRR mínimo necesario en OA3 para que la relación señal a ruido en V_{o1} sea mayor a SNR para una frecuencia f_0 mucho menor que el ancho de banda determinado en a).

En lo que sigue se supondrá que $A_{ruido} = 0$.

- c) ¿Qué condición debe cumplir la constante de tiempo $R_6.C$ para que V_{o3} se pueda considerar una tensión continua? ¿Cuánto vale esta tensión continua en función de A_{in} ?
- d) Suponga que $R_6.C$ cumple la condición de la parte c). Si la señal crece desde 0, indicar para que valor de amplitud A_{in} el LED enciende. Si luego de superar este valor, A_{in} comienza a disminuir, indicar para que valor de amplitud A_{in} el LED se apaga.



PROBLEMA 2 (35 pts.)

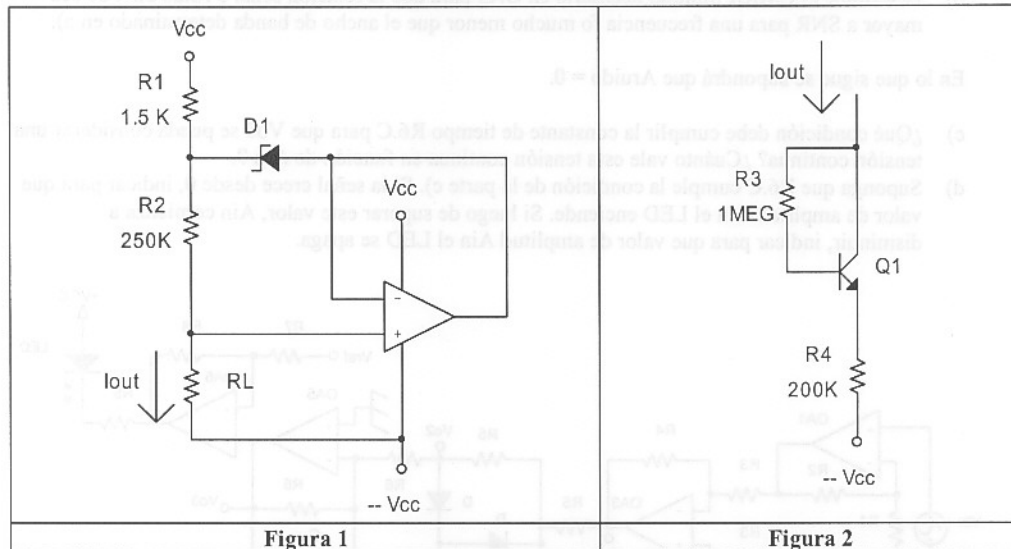
El circuito de la Fig. 1 implementa una fuente de corriente I_{out} , que en la Fig. 1 se muestra suministrando esta corriente a una cierta carga R_L .

- a) Si los valores de los componentes son tales que el zener opera en zona Zener y el operacional es ideal calcular I_{out} .
- b) Si el amplificador operacional tiene los datos que se indican al final, determinar el máximo error en la corriente debido a la tensión de offset y corrientes de polarización.
- c) ¿Qué condición tiene que cumplir la ganancia a baja frecuencia A_0 del operacional si se desea que el error debido a este factor sea 10 veces menor que el calculado en b) para el caso en que R_L es $500k\Omega$?
- d) Determinar en que rango puede variar la resistencia de carga R_L para que la fuente funcione correctamente.
- e) Se utiliza el circuito de la Fig. 1 para polarizar el circuito que se muestra en la Fig. 2, es decir se sustituye en la Fig. 1 la carga R_L por el circuito de la Fig. 2. Determinar las tensiones de colector, base y emisor del transistor.

Datos: $V_{cc} = 15V$; Diodo Zener: $V_{Z1} = 2.5V @ I_{Z1} = 1mA$, $P_{D_{MAX}} = 0.25 W$; Q1: $V_{BE} = 0.7V$, $\beta = 100$.

Electrical characteristics ($V_{cc} = \pm 15V$)

Characteristic	Typ	Max	Units
Input Offset Voltage	5.0	20.0	mV
Input Offset Current	10	50	nA
Input Bias Current	40	200	nA
Common Mode Input Voltage Range	± 13	-	V
Output Voltage Swing	± 14	-	V



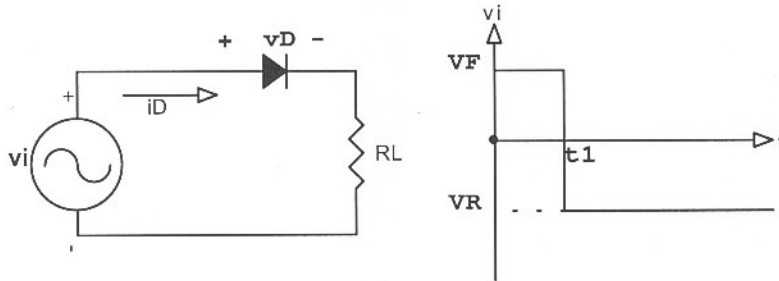
PREGUNTA (25 pts.)

Para una juntura p-n, con $N_A < N_D$

- a) Calcular la relación entre el ancho de la zona de deplexión del lado n (x_n) y el ancho de la zona de deplexión del lado p (x_p).
- b) Indicar en la Tabla 1 la relación entre las variable indicadas, colocando en los casilleros de la tabla un signo de mayor (>), menor (<) o igual según corresponda.

Magnitud 1	Relación (<, > o =)	Magnitud 2	Nota
Ancho de la zona de deplexión del lado n		Ancho de la zona de deplexión del lado p	
Carga en la zona de deplexión del lado n		Carga en la zona de deplexión del lado p	
Ancho de la zona de deplexión, juntura en inverso		Ancho de la zona de deplexión, juntura en directo	
Concentración de portadores minoritarios en exceso en el borde de la zona de deplexión del lado n ($p_n - p_{n0}$), con la juntura en inverso		Concentración de portadores minoritarios en exceso en el borde de la zona de deplexión del lado n ($p_n - p_{n0}$), con la juntura en directo	

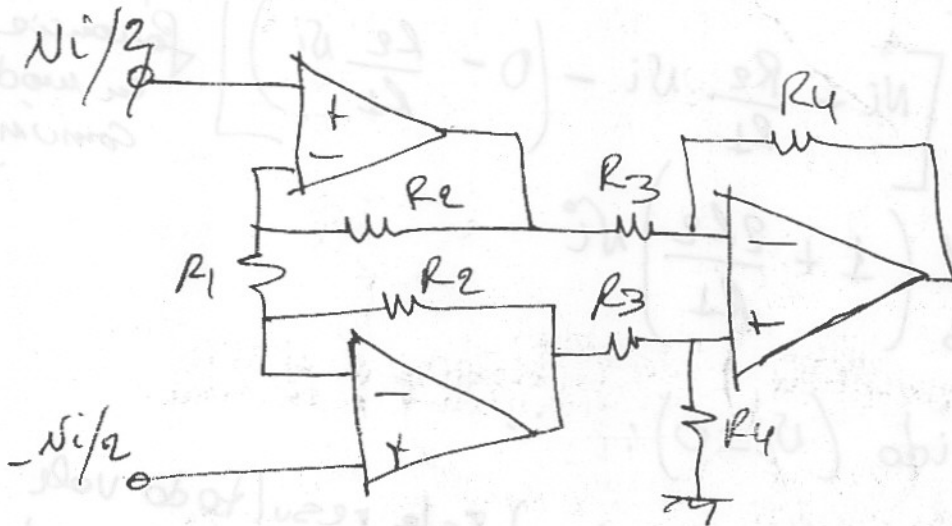
- c) Se tiene el circuito de la figura en que un diodo conmuta. Graficar en función del tiempo de los concentración de portadores minoritarios en exceso a uno de los lados de la unión ($p_n - p_{n0}$), la corriente por el diodo i_D , y la tensión en el diodo v_D . Explicar la razón física por la que se tiene el comportamiento graficado. Indicar en las gráficas cuál es el tiempo de recuperación inversa (t_{rr}) del diodo.



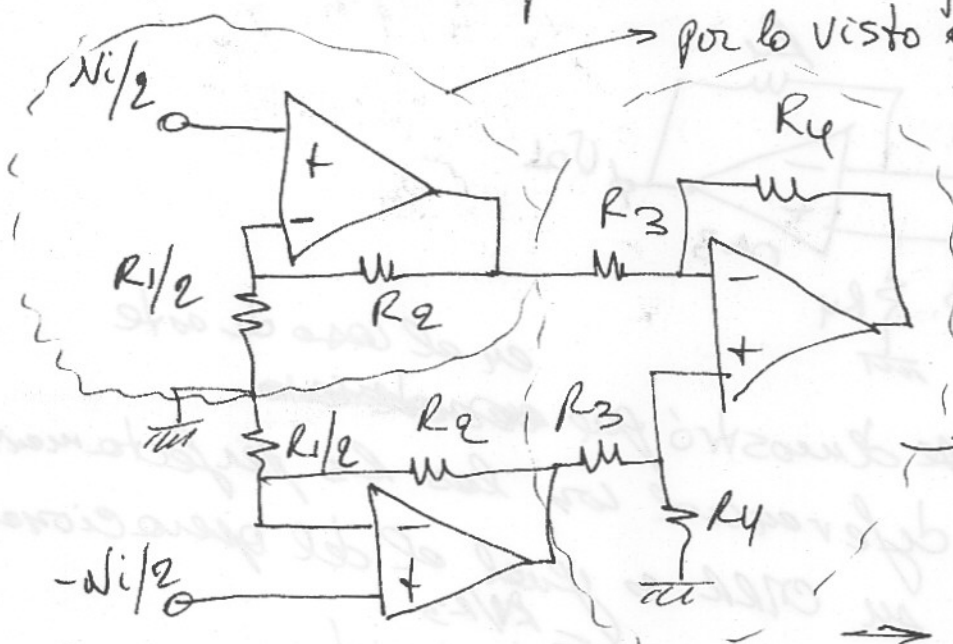
Problemas:

- a) Considerando la componente diferencial de v_i (la solida debido a la componente en modo común vale 0)

⇒ se tiene:



Por simetría ⇒ el punto medio de R_1 permanece fijo ⇒ es equivalente a tierra:



por lo visto en el cargo:

$$f_{-3dB} = \frac{f_T}{1 + \frac{R_2}{R_1/2}}$$

suma de config inversora y no inversora

$$f_{-3dB} \approx \frac{f_T}{1 + \frac{R_4}{R_3}}$$

$$\Rightarrow f_{-3dB \text{ total}} = \frac{f_T}{1 + \frac{R_4}{R_3}}$$

(C) pues es la más limitante
 es mucho menor que la f_{-3dB} de la etapa de entrada

b) Aplicando superposición:

Efecto de V_i ($N_{\text{ruido}}=0$): (Se desprecie salida debido a V_i

$$N_{O1} = -\frac{R_4}{R_3} \left[V_i + \frac{R_2}{R_1} V_i - \left(0 - \frac{R_2}{R_1} V_i \right) \right]$$

por
 ganancia
 en modo
 común)

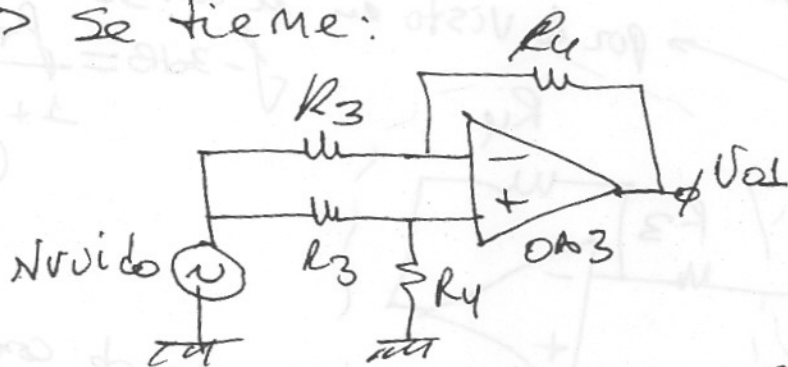
$$= -\frac{R_4}{R_3} \left(1 + \frac{2R_2}{R_1} \right) V_i$$

Efecto de N_{ruido} ($V_i=0$):

Salida $O_{A1} = V_{O_{A1}} = N_{\text{ruido}}$
 Salida $O_{A2} = V_{O_{A2}} = N_{\text{ruido}}$

} Este resultado vale también si se considere ganancia en modo común de O_{A1} y O_{A2} .

\Rightarrow se tiene:



en el caso de este

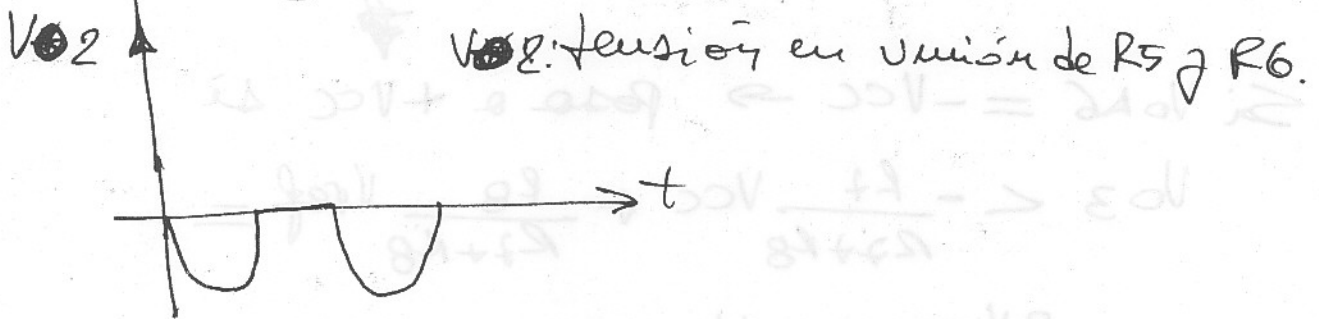
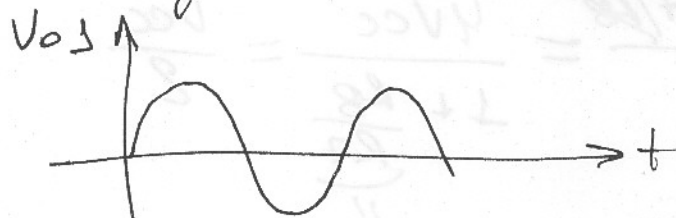
En el curso se demostró que ~~es~~ ~~operacional~~ ~~amplificador~~ ~~diferencial~~ con los R s perfectamente apareados, su $CMRR$ es igual al del operacional

$$\Rightarrow V_{O1} = A_c \cdot N_{\text{ruido}} = \frac{A_d = \frac{R_4}{R_3}}{CMRR_{OA3}} \cdot N_{\text{ruido}}$$

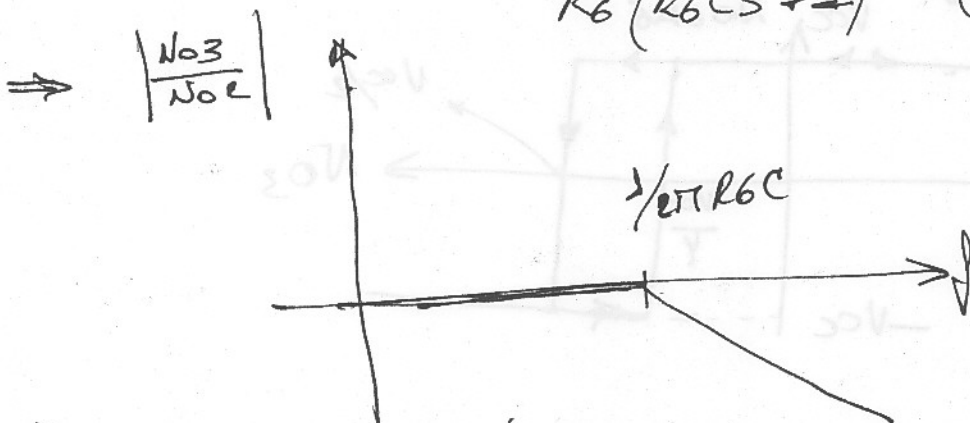
$$\Rightarrow \text{SNR} = \frac{(R_4/R_3) \left(1 + \frac{2R_2}{R_1}\right) |N_i|}{\frac{R_4/R_3 |N_{\text{ ruido}}|}{\text{CTR OPA3}}} \rightarrow \text{SNR} \quad (3)$$

$$\Rightarrow \text{CTR OPA3} > \text{SNR} \cdot \frac{A_{\text{ ruido}}}{A_M} \cdot \frac{1}{\left(1 + \frac{2R_2}{R_1}\right)}$$

c) OAY implementa un rectificador ideal de medio onda, que da a la salida la señal de entrada rectificadas e invertidas:



$$\frac{V_{03}}{V_{02}} = N_{03} = \frac{-R_6 N_{02}}{R_6(R_6 C s + 1)} = \frac{-N_{02}}{(R_6 C s + 1)}$$



\$\Rightarrow\$ OAS implementa un filtro pasabajos con frecuencia de corte \$\frac{1}{2\pi R_6 C} \rightarrow\$ para que la salida sea continua

$$\Rightarrow f_0 (\text{frecuencia de la señal de entrada}) = \rightarrow$$

(4)

$$= \text{frecuencia de señal en } N_{O2} \rightarrow \frac{1}{2\pi R6C}$$

$$\rightarrow \boxed{R6C \gg \frac{1}{2\pi f_0}}$$

d) OAG está realimentado positivamente e implementa un circuito con histéresis.

Si V_{OAG} (salida de OAG) = $+V_{CC}$

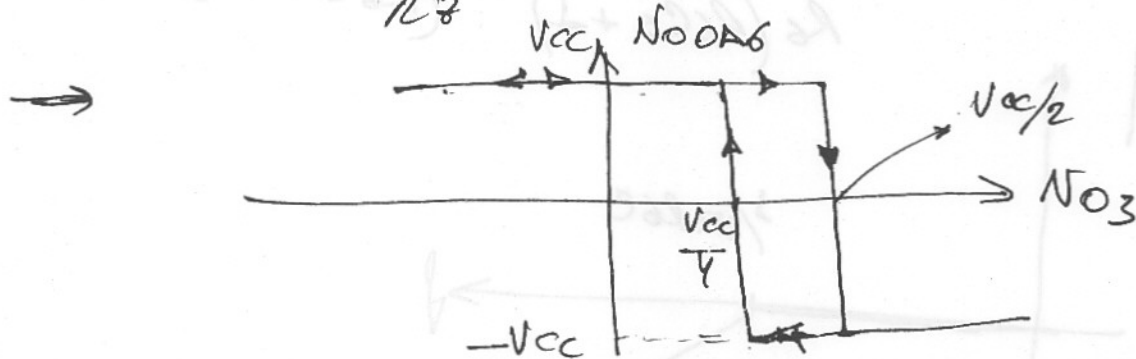
$$\Rightarrow \text{pose a } -V_{CC} \text{ si } V_{O3} > \frac{R7}{R7+R8} \cdot V_{CC} + \frac{R8}{R7+R8} \cdot V_{ref}$$

$$= \frac{R7 \cdot V_{CC} + R8 \cdot 3V_{CC}}{R7+R8} = \frac{4V_{CC}}{1 + \frac{R8}{R7}} = \frac{V_{CC}}{2}$$

Si $V_{OAG} = -V_{CC} \rightarrow$ pose a $+V_{CC}$ si

$$V_{O3} < -\frac{R7}{R7+R8} V_{CC} + \frac{R8}{R7+R8} V_{ref} =$$

$$= \frac{2V_{CC}}{1 + \frac{R8}{R7}} = \frac{V_{CC}}{4}$$



LED enciende cuando $V_{O16} = -V_{CC}$

→ LED enciende cuando $V_{O3} = \frac{V_{CC}}{2}$

$V_{O3} = \text{valor medio de } N_{O2} = \frac{\text{Valor de pico de } N_{O2}}{\pi}$

$$= \frac{\text{Valor de pico de } N_{O1}}{\pi} = \frac{A_{im} \cdot \left(\frac{R_4}{R_3}\right) \left(1 + \frac{2R_2}{R_1}\right)}{\pi}$$

→ LED enciende para:

$$A_{im} = \frac{V_{CC} \cdot \pi}{2 \cdot \frac{R_4}{R_3} \left(1 + \frac{2R_2}{R_1}\right)}$$

LED apaga para

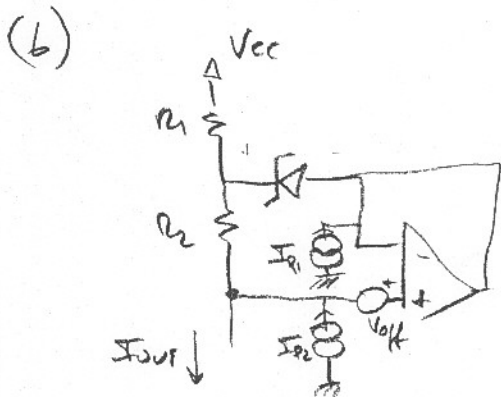
$$A_{im} = \frac{V_{CC} \cdot \pi}{4 \cdot \frac{R_4}{R_3} \left(1 + \frac{2R_2}{R_1}\right)}$$

Problems 2

(a) $I_{our} = \frac{V_{z2}}{R_2}$

for correct circuit virtual $V_{z2} = V_z$

$\Rightarrow I_{our} = \frac{V_z}{R_2} = 10 \mu A$



$$\left. \begin{aligned} V_{z2} &= V_z + V_{off} \\ I_{our} &= \frac{V_{z2}}{R_2} + I_{p2} \end{aligned} \right\} I_{our} = \frac{V_z + V_{off}}{R_2} + I_{p2}$$

$$err = \frac{V_{off}}{R_2} + I_{p2} \Big|_{max} = \frac{V_{off}|_{max}}{R_2} + I_{p2} + \frac{I_{off}}{2}$$

30mA 2.5mA 2.5mA

$\Rightarrow \boxed{err|_{max} = 305 \mu A}$

(c) Error debido a A_0 finito

$$\left. \begin{aligned} V_{z2} &= V_z + e^- - e^+ \\ V_o &= A_0(e^+ - e^-) \\ e^- &= V_o \end{aligned} \right\} \Rightarrow V_o = \frac{A_0}{1+A_0} e^+$$

$$e^+ = I_{our} R_L = \frac{V_z - \frac{V_o}{A_0} R_2}{R_2} = \frac{V_z R_2}{R_2} - \frac{e^+ R_L}{1+A_0} R_2$$

$$\left. \begin{aligned} e^+ \left[\frac{(1+A_0)R_2 + R_L}{(1+A_0)R_2} \right] &= \frac{V_z R_2}{R_2} \\ \Rightarrow e^+ &= \frac{V_z R_L}{R_2} \end{aligned} \right\}$$

$(1+A_0)R_2 \gg R_L$

$$\Rightarrow I_{our} = \frac{V_z - \frac{e^+}{1+A_0}}{R_2} \Rightarrow |err| = \frac{V_z R_L}{R_2^2 (1+A_0)} \leq 30,5 \mu A$$

$(A_0 \gg 1) \quad A_0 \geq \frac{V_z R_L}{R_2^2 (30,5 \mu A)} \Rightarrow \boxed{A_0 \geq 656 \text{ V/V} = 56,3 \text{ dB}}$

(d) $I_{out} = 10 \mu A$

ICMR
 $\rightarrow e^+_{min} \geq -13 V$

$e^+_{min} = R_{Lmin} I_{out} - V_{cc} \geq -13 V$

$\Rightarrow R_{Lmin} = \frac{V_{cc} - 13}{I_{out}} = 200 k\Omega //$

$\rightarrow e^+_{max} \leq +13 V$

$R_{Lmax} = \frac{V_{cc} + 13}{I_{out}} = 2,8 M\Omega //$

OSW

$\rightarrow e^+ = e^- = V_{ommin} \geq -14 V$

$\rightarrow R_{Lmin} = 100 k\Omega //$

$\rightarrow e^+ = e^- = V_{ommax} \leq +14 V$

$R_{Lmax} = 2,9 M\Omega //$

ZENER

$e^-_{max} = V_{cc} - (I_{out} + I_{ZT}) R_s - V_z \approx 11 V$

$\Rightarrow R_{Lmax} = \frac{2,6 M\Omega}{2,6 M\Omega} //$

$P_{Zmax} = 925 W \Rightarrow I_{Zmax} = 100 mA$

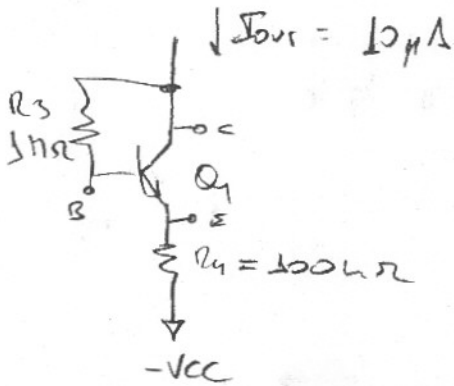
$\Rightarrow e^-_{min} = V_{cc} - (I_{out} + I_{ZT}) R_s - V_z = -137,5 V$

$e^-_{min} \ll -V_{cc} \rightarrow$ ningun valor de R_L va a quetun el zener.

Rest case: $R_{Lmax} = \frac{2,6 M\Omega}{2,6 M\Omega}$ (zener) $2,6 M\Omega$

$R_{Lmin} = 200 k\Omega$ (ICMR)

(e)



$$I_C = I_{our} - I_B = I_{our} - I_C/\beta$$

$$I_C = I_{our} \cdot \frac{\beta+1}{\beta} \approx I_{our}$$

$$I_B = \frac{I_{our}}{\beta}$$

$$I_B \approx I_{our}$$

$$\rightarrow V_E = -V_{CC} + R_E I_E \Rightarrow \boxed{V_E = -5V} - 13$$

$$V_B = V_E + V_{BE} \Rightarrow \boxed{V_B = -4.3V} - 12.3$$

$$V_C = V_B + I_B R_3 \Rightarrow \boxed{V_C = -4.2V} - 12.2$$