

1er PARCIAL DE ELECTRONICA 1
02/05/2016

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.

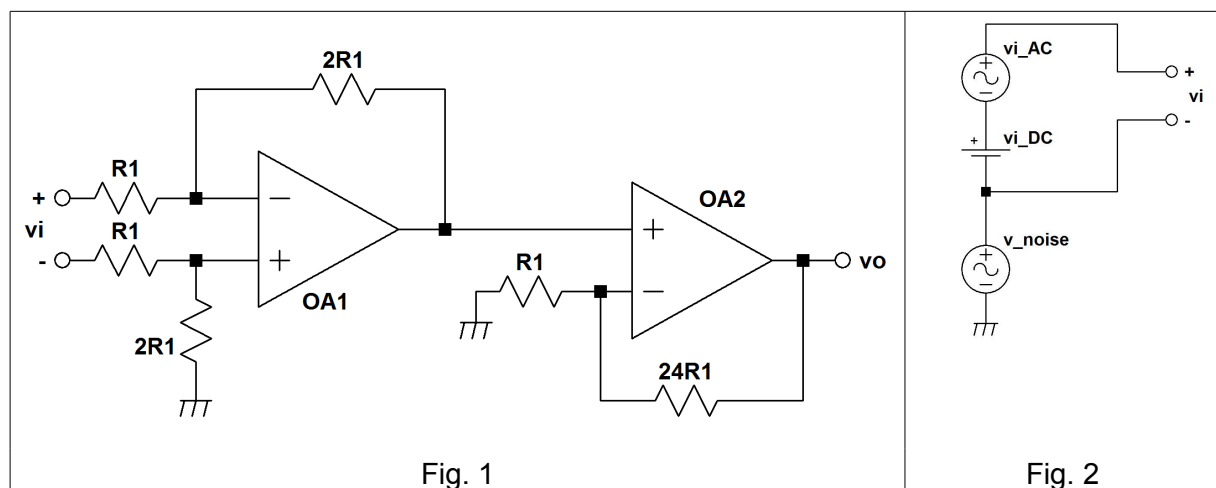
PROBLEMA 1 (29 puntos)

En el amplificador de la Fig. 1 se considera que los amplificadores operacionales son ideales salvo en lo que refiere a los siguientes parámetros: A_0 , f_T , v_{offset} , I_{bias} e I_{offset} , cuyos datos son los indicados en la tabla. Determinar:

- Determinar la tensión DC en la salida v_o en el peor caso si la entrada v_i tiene una tensión DC v_{iDC} . El modelo de operacional usado tiene corrientes de polarización entrantes al mismo.
- Para disminuir el efecto de las corrientes polarización de OA2, se agrega un resistencia R_2 entre la salida de OA1 y la entrada + de OA2. ¿ Qué valor deber tener esta resistencia y cómo se modifica el resultado de a) ?
- Determinar la frecuencia de -3dB de la ganancia v_o/v_i .
- Si en las entradas se tienen las señales mostradas en la Fig. 2, ¿ Cuánto tiene que valer el CMRR de todo el circuito para que el efecto de la señal v_{noise} a la salida sea 100 veces menor que la salida debida a v_{iAC} ?

Datos: $v_{iDC} = 20\text{mV}$ $v_{iAC} = 0.15\text{Vp}$, $v_{noise} = 3\text{Vp}$, $R_1 = 150\text{k}\Omega$.

A_0		f_T		v_{offset}		I_{bias}		I_{offset}	
típico	máximo	típico	máximo	típico	máximo	típico	máximo	típico	máximo
200V/mV		1.5MHz		1mV	5mV	50nA	100 nA	5nA	20nA



PROBLEMA 2 (29 puntos)

El circuito de la Figura provee una tensión regulada V_{out} a la carga I_L a partir de una tensión de alimentación V_{cc} . Suponer que V_{cc} es tal que el transistor Q opera en zona activa y el diodo D_z en zona Zener. Suponer que el amplificador operacional $OA1$ es ideal salvo donde se indique lo contrario.

a) Mostrar que $OA1$ está realimentado negativamente, para ello analizar cualitativamente si la tensión conectada a la entrada $+$ aumenta o disminuye cuando la salida de $OA1$ aumenta.

b) Calcular

i) V_{out}

ii) la corriente total que consume el circuito de la fuente V_{cc} , si el consumo total de $OA1$ vale I_{CCOA}

iii) la corriente de salida de $OA1$.

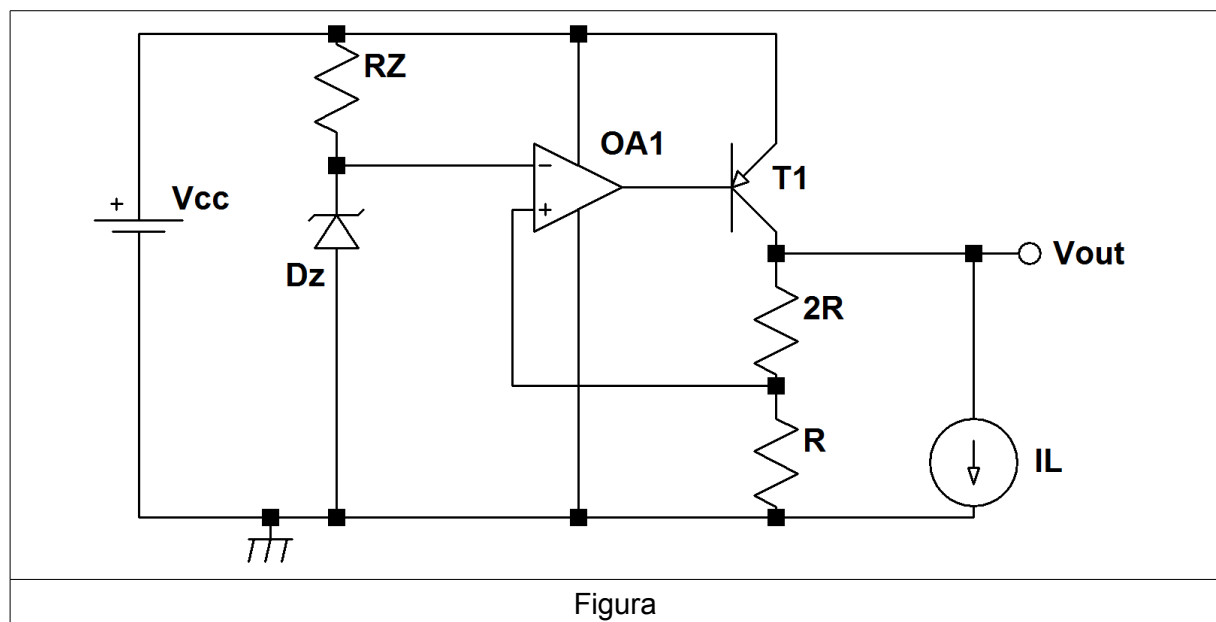
c) ¿ Qué condición deben cumplir el rango de entrada en modo común de $OA1$ y su excursión de salida (output swing) para que el circuito funcione correctamente ?

d) Suponiendo que $OA1$ cumple las condiciones determinadas en c), ¿ qué debe cumplir la mínima tensión de alimentación que se puede aplicar al circuito para que se cumplan las hipótesis de que D_z trabaja en zona Zener y de que Q opera en zona activa ?

Datos: Se dispone de los siguientes datos de los componentes:

D_z : V_z , I_{zt} , P_{zmax} , $r_{zt}=0$.

Q : V_{EB} , V_{ECSAT} , β , $V_A=\infty$.



PROBLEMA 2 (29 puntos)

En el circuito de la figura:

- Determinar la corriente de drain de M2. Asuma que V_{ref} es tal que M2 y M3 se encuentran saturados.
- Determine la ganancia v_o/v_{in} .
- Determine el rango de V_{ref} en el que el circuito funciona correctamente.

Datos:

M1, M2, M3: $V_{t0} = 0.9 \text{ V}$, $\beta = 3.4 \text{ mA/V}^2$, $\delta = 0.3$, V_A infinito

$R1 = 680 \text{ } \Omega$, $R_L = 68 \text{ k}\Omega$, C infinito

$V_{DD} = 5 \text{ V}$, $I_B = 1 \text{ mA}$

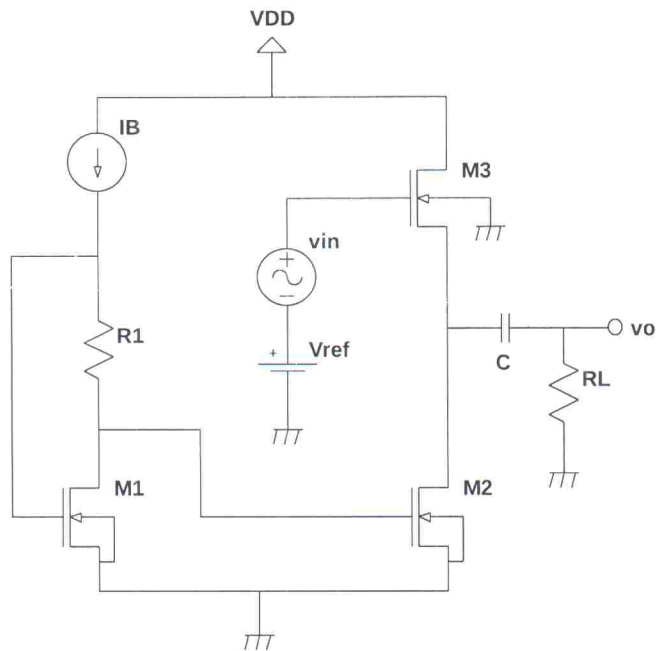


Figura Problema 2

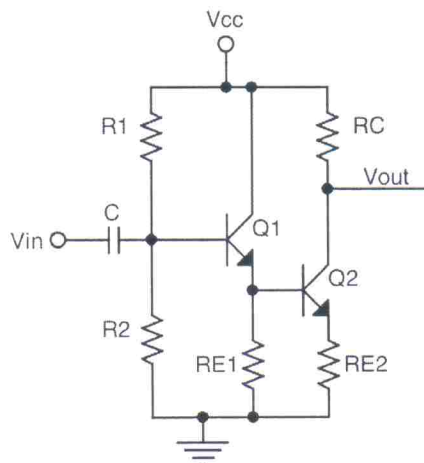
PROBLEMA 3 (28 puntos)

Para el circuito de la Figura se pide calcular:

- a) Ganancia en la banda pasante.
- b) El valor que debe tener C para que la frecuencia de corte inferior sea 10 Hz.
- c) Excursión de salida.

Datos:

- $V_{cc}=15V$, $\beta= 200$, $V_{BE}=0.7V$, $V_{CESAT}=0.3V$
- $R1 = 47k\Omega$, $R2=10k\Omega$, $R_C=10k\Omega$, $R_{E1}=390\Omega$, $R_{E2}=1.2k\Omega$



PREGUNTA (18 puntos)

El circuito mostrado en la Fig. 1 implementa una función lógica cuyas entradas son A, B y C, y cuya salida es Vout.

- a) Halle la tabla de verdad de dicha función lógica.
- b) La forma de onda de las entradas es la mostrada en la Fig. 2 y dicha secuencia se repite a lo largo del tiempo. Todos los intervalos indicados con líneas punteadas valen T.
 - i) Dibujar la forma de onda de la salida.
 - ii) Dar el valor del consumo de potencia dinámica de la fuente de alimentación.

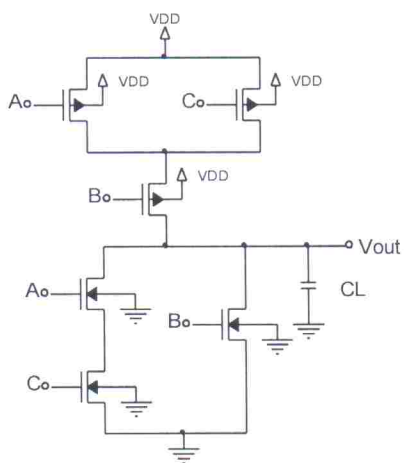


Figura 1

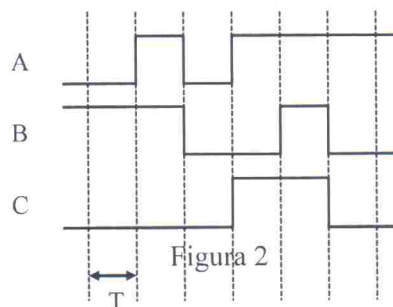
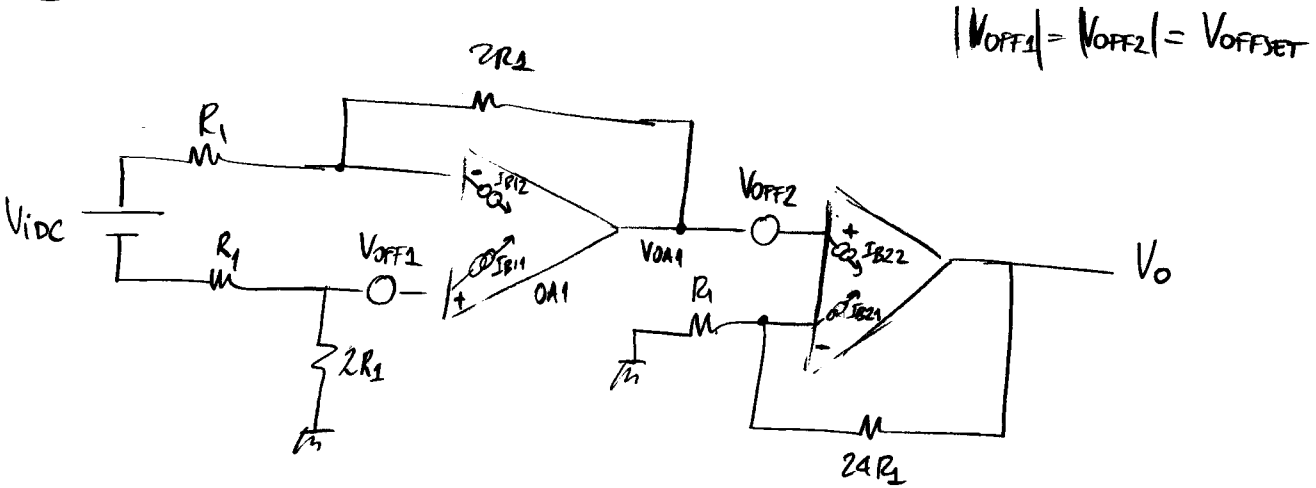


Figura 2

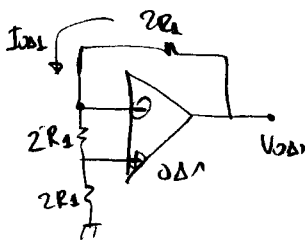
① a) En DC:



Superposición:

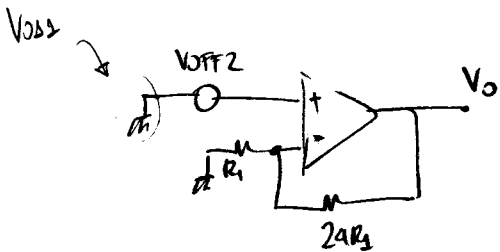
$$\begin{aligned}
 &V_{DC}) \quad V_{OFF1} = 0, \quad V_{OFF2} = 0, \quad V_{OA1} = \frac{2R_2}{R_1} V_{DC} = 2V_{DC} \\
 &I_{Bi} = 0 \\
 &V_o = -\left(1 + \frac{2R_2}{R_1}\right) V_{OA1} = -25V_{OA1} \quad \Rightarrow \quad \underline{V_o = -50V_{DC}}
 \end{aligned}$$

$$V_{OFF2}) \quad V_{DC} = 0, \quad V_{OFF1} = 0, \quad I_{Bi} = 0$$



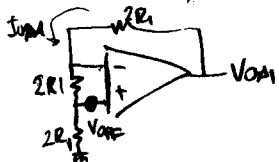
→ por tierra virtual $V^+ = V^- \Rightarrow$ la corriente por $2R_2$ es cero \Rightarrow

$$\Rightarrow I_{OA1} = 0 \Rightarrow V_{OA1} = 0$$



$$\Rightarrow \underline{V_o = 25 V_{OFFSET}}$$

$$V_{OFF1}) \quad V_{DC} = 0, \quad V_{OFF2} = 0, \quad I_{Bi} = 0, \quad V_o = 25V_{OA1}$$



$$\begin{aligned}
 I_{OA1} &= \frac{V_{OFFSET}}{2R_1} \\
 I_{OA1} &= \frac{V_{OA1}}{2R_1}
 \end{aligned}
 \Rightarrow V_{OA1} = 3 V_{OFFSET}$$

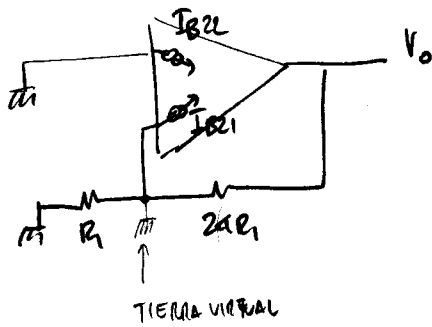
$$\Rightarrow \underline{V_o = 75 V_{OFFSET}}$$

d

(a) cont

E1 - 2016

I_{B2}) $I_{B2i} = 0, V_{OFF1} = 0, V_{OFF2} = 0, V_{iDC} = 0$

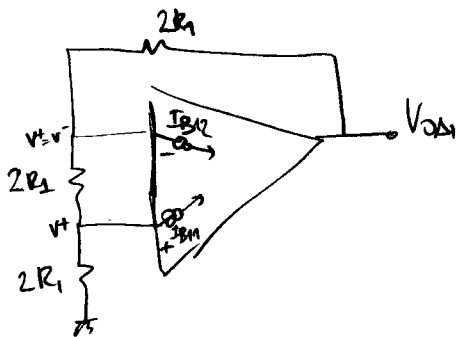


$$\Rightarrow \frac{V_0}{2R_1} = I_{B21} \Rightarrow V_0 = 24R_1 I_{B21}$$

$$I_{B21} = I_{BIAS} + \frac{I_{OFFSET}}{2}$$

$\Rightarrow V_0 = 24R_1 \left(I_{BIAS} + \frac{I_{OFFSET}}{2} \right)$

I_{B1}) $I_{B2i} = 0, V_{OFF1} = 0, V_{OFF2} = 0, V_{iDC} = 0, V_0 = 25V_{OA1}$



Por tierra virtual $v^+ = v^- \Rightarrow$ Corriente por $2R_1$ es $v^- \Rightarrow$

$$v^+ = -2R_1 I_{B11}$$

$$\frac{V_{OA1} - v^+}{2R_1} = I_{B12} \Rightarrow V_{OA1} = 2R_1 (I_{B12} - I_{B11}) \rightarrow$$

$\Rightarrow V_{OA1} = 2R_1 I_{OFFSET}, V_0 = 25V_{OA1} \Rightarrow V_0 = 50 R_1 I_{OFFSET}$

Por superposicion:

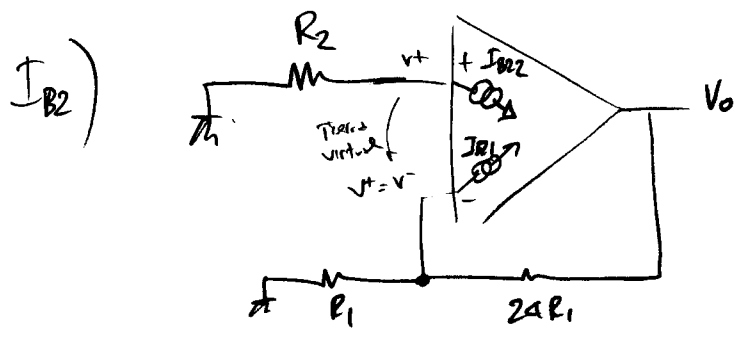
$$V_{out}^{DC} = -50 V_{iDC} + 100 V_{OFFSET}^{max} - 24 R_1 I_{BIAS}^{max} + 62 R_1 I_{OFFSET}^{max}$$

↑
por caso

$V_{out}^{AC} = -2,05V$

J.

b) Lo unico que cambia respecto a parte a) es el analisis de I_{B2}



$$V^+ = -R_2 I_{B22}$$

$$\left. \begin{aligned} -V^+ &= I_{R1} + \frac{V^+ - V_o}{2R_1} \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{V_o}{2R_1} = I_{B21} - \frac{R_2 I_{B22}}{2R_1} - \frac{R_2}{R_1} I_{B22} = I_{B21} - \frac{I_{B22} R_2}{2R_1 // R_1} = I_{B21} - I_{B22} = I_{OFFSET} \Rightarrow$$

si $\boxed{R_2 = 2R_1 // R_1} \rightarrow \boxed{R_2 = 144 \text{ k}\Omega}$

- parte a)
- para caso

$$\Rightarrow \underline{V_o = 2R_1 I_{OFFSET}} \Rightarrow \underline{V_{out} = -50 V_{ioc} - 100 V_{OFFSET}^{max} - 74 R_1 I_{OFFSET}^{max}}$$

$$\underline{V_{out} = -1,72 \text{ V}}$$

c) La segunda etapa (formada por OAS2, R_1, R_2 y $2R_1$) tiene ganancia $25 \times$ que es mucho mayor que la primer etapa. (ganancia=2). Como ambas etapas tiene igual f_T y $6 \cdot f_{3dB} = f_T \Rightarrow$ la segunda etapa determina el ancho de banda $f_{3dB} = \frac{f_T}{25} \Rightarrow \underline{\underline{f_{3dB} = 60 \text{ kHz}}}$

f.

Análisis de señal ($N_{iac} = 0$)

E1-2016

(d) entrada en modo común: $N_{cn} = \frac{N^+ + N^-}{2} = \frac{N_{noise} + (N_{noise} + N_{iac})}{2} = N_{noise} + \frac{N_{iac}}{2}$

entrada diferencial: $N_d = N^+ - N^- = N_{iac}$

$$N_o = A_d \left(N_d + \frac{N_{cn}}{CMRR} \right) = A_d \left(N_{iac} + \frac{N_{noise}}{CMRR} + \frac{N_{iac}}{2CMRR} \right) \Rightarrow$$

Asumo que $N_{iac} \gg \frac{N_{iac}}{2CMRR}$ (*)

$$\Rightarrow N_o = A_d \left(N_{iac} + \frac{N_{noise}}{CMRR} \right)$$

Se pide que: $\frac{N_{noise}}{CMRR} < \frac{N_{iac}}{100} \Rightarrow \left\| CMRR > \frac{100 N_{noise}}{N_{iac}} \right\| \rightarrow$

$$\Rightarrow CMRR > 2000 \rightarrow \left\| \underline{\underline{CMRR > 66 dB}} \right\|$$

(*) $N_{iac} \gg \frac{N_{iac}}{2CMRR} \Leftrightarrow CMRR \gg \frac{1}{2} \Leftrightarrow CMRR > 5 \checkmark$ (se cumple $CMRR > 2000$)

(2)

(a)

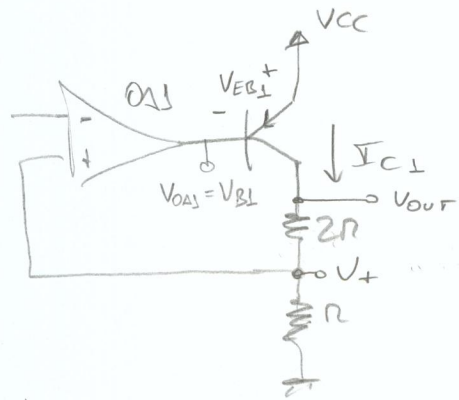
$$V_{OAS} = V_{BS1}$$

$$I_{C1} = I_S e^{V_{BE1}/V_T} \quad (\text{ZONA ACTIVA})$$

$$\text{si } V_{OAS} \uparrow \Rightarrow V_{BS1} \uparrow \Rightarrow V_{BE1} \downarrow$$

$$\Rightarrow I_{C1} \downarrow \Rightarrow V_+ \downarrow \Rightarrow V_{OAS} \downarrow$$

REACTIV. NEGATIVA



(b) (i) D_2 e zona zombra

$$\Rightarrow V^- = V_2 \Rightarrow V_+ = V_2 = V_{OUT} \frac{R}{R+2R} \Rightarrow \boxed{V_{OUT} = 3V_2}$$

TRIANGULO VIRTUAL

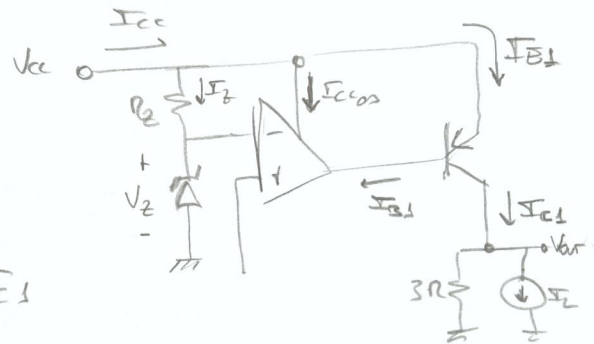
(ii) $I_{CC} = I_2 + I_{CCO2} + I_{E1}$

$$\bullet I_2 = \frac{V_{CC} - V_2}{R_2}$$

$$\bullet I_{E1} = I_{BS1} + I_{C1} = I_{C1} \left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \approx I_{C1} \quad \beta \gg 1$$

$$\rightarrow I_{C1} = \frac{V_{OUT}}{3R} + I_2 = V_2/R + I_2$$

$$\Rightarrow I_{CC} = \frac{V_{CC} - V_2}{R_2} + I_{CCO2} + I_2 + V_2/R$$



(iii) $I_{BS1} = \frac{I_{C1}}{\beta} \Rightarrow \boxed{I_{BS1} = \frac{V_2/R + I_2}{\beta}}$

(c) ICMR: $V_{CH} = V_2 \Rightarrow \boxed{V_2 \in ICMR}$

OSW: $V_{BS1} = V_{CC} - V_{BS1} \Rightarrow \boxed{V_{CC} - V_{BS1} \in OSW}$

ELECTRÓNICA 1 - 1ª PRÁCTICA - Mayo 2016

(4)

COND. ZONA ZENER :

- $I_Z \gg I_{ZT} \Rightarrow \frac{V_{CC} - V_Z}{R_Z} \gg I_{ZT} \Rightarrow \boxed{V_{CC} \gg R_Z I_{ZT} + V_Z}$ COND. (1)
- $V_Z \cdot I_Z \leq P_{Zmax} \Rightarrow$ cond. de $V_{CC} max$; no se pregunta

COND. Q a ZONA ACTIVA

- $I_C > 0 \Rightarrow$ no depende de V_{CC}
- $V_{CE} > V_{CEsat}$

$$V_{CE} = V_{CC} - V_{out} \quad \begin{matrix} 3V_Z \\ \downarrow \\ R_Z \end{matrix}$$
$$\Rightarrow V_{CE} = V_{CC} - 3V_Z > V_{CEsat} \Rightarrow \boxed{V_{CC} > 3V_Z + V_{CEsat}} \quad \text{COND. (2)}$$

2do parcial ELECTRONICA I, 2015

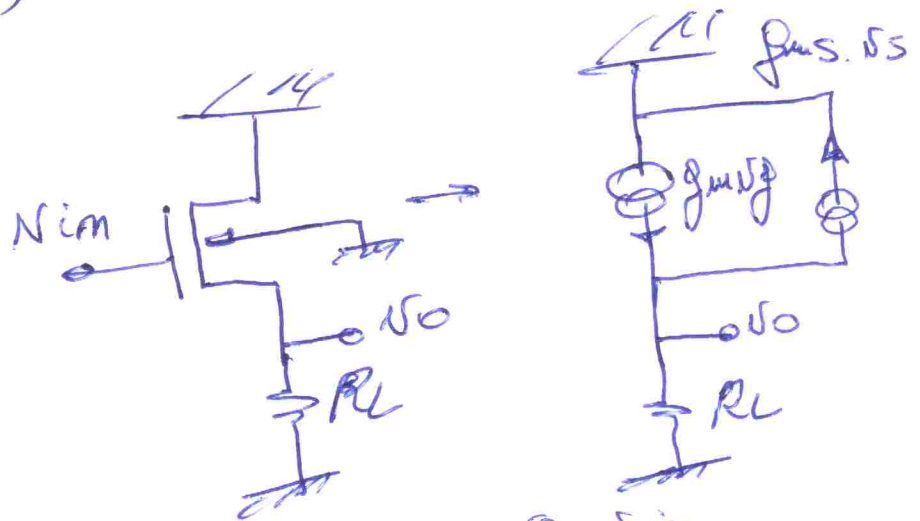
PROBLEMA 2: $I_{D1} = I_{D3} \Rightarrow$

$$e) V_{G1} = V_{to} + \sqrt{\frac{2(1+\delta) I_{D1}}{\beta}} = 1.77V \quad \hookrightarrow V_{DSAT1} = \frac{V_{G1} - V_{to}}{(1+\delta)} = 0.67V$$

$$\Rightarrow V_{G2} = V_{G1} - R_1 \cdot I_{D1} = 1.09V = V_{DS1} > V_{DSAT1} \checkmark$$

$$\Rightarrow I_{D2} = \frac{\beta}{2(1+\delta)} (V_{G2} - V_{to})^2 = \boxed{48.5 \mu A}$$

b) En señal:



$$\Rightarrow \frac{V_{so}}{V_{im}} = \frac{g_m \cdot R_L}{1 + g_m R_L} =$$

$$= \frac{g_m \cdot R_L}{1 + (1+\delta) g_m R_L}$$

$$g_m = \sqrt{\frac{2\beta}{(1+\delta)} \frac{I_{D3}}{I_{D2}}} = 0.51 \text{ mS}$$

$$(1+\delta) \cdot g_m \cdot R_L = 45 \gg 1$$

$$\Rightarrow \frac{V_{so}}{V_{im}} \cong \frac{1}{(1+\delta)} = \boxed{0.77}$$

(c) M2 está saturado si $V_{D2} > \frac{V_{G2} - V_{th}}{1+\beta}$

$$V_{D2} = V_{S3} \Rightarrow I_{D3} = \frac{\beta}{2(1+\beta)} (V_{G3} - V_{th} - (1+\beta)V_{S3})^2$$

conviene usar notación referida
a sustrato

$$I_{D3} = I_{D2} \Rightarrow V_{D2} = V_{S3} = \frac{V_{REF} - V_{th} - \sqrt{\frac{2(1+\beta)}{\beta} I_{D2}}}{1+\beta}$$

$$\text{Además: } V_{G2} = \sqrt{\frac{2(1+\beta)}{\beta} I_{D2}} + V_{th}$$

$$\Rightarrow \frac{V_{REF} - V_{th} - \sqrt{\frac{2(1+\beta)}{\beta} I_{D2}}}{(1+\beta)} > \frac{\sqrt{\frac{2(1+\beta)}{\beta} I_{D2}} + V_{th} - V_{th}}{(1+\beta)}$$

$$\Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} V_{REF} > V_{th} + 2\sqrt{\frac{2(1+\beta)}{\beta} I_{D2}} \\ V_{REF} > 1,29 \text{ V} \end{array} \right.$$

M3 está saturado si $V_{D3} > \frac{V_{G3} - V_{th}}{1+\beta}$
" " "
 V_{D3}

$$\Rightarrow \left\{ V_{REF} < V_{DD} (1+\beta) + V_{th} \right.$$

$$\left. V_{REF} < 7,4 \text{ V} \right.$$