

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.

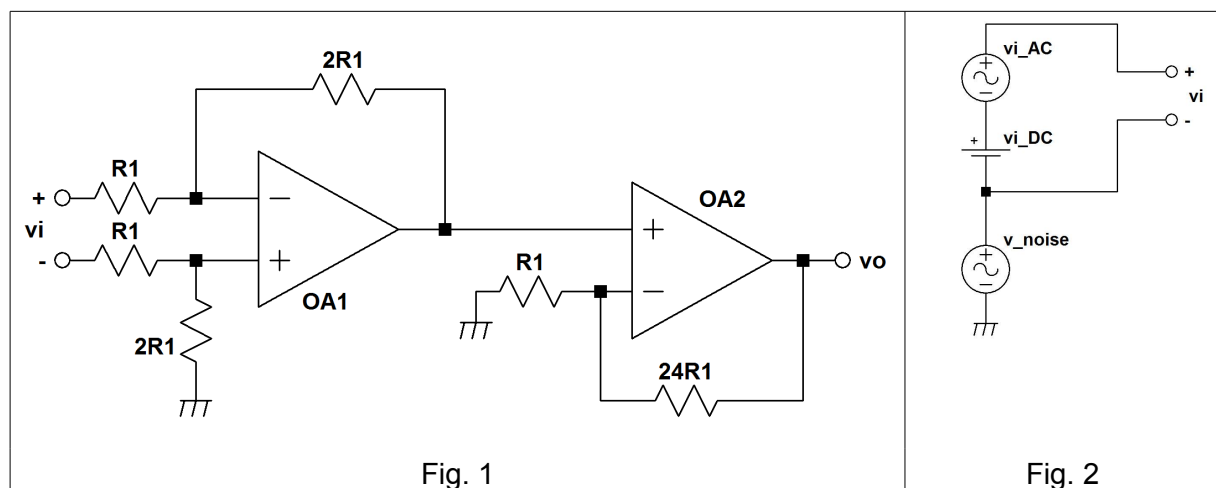
PROBLEMA 1 (29 puntos)

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 $OA1$.

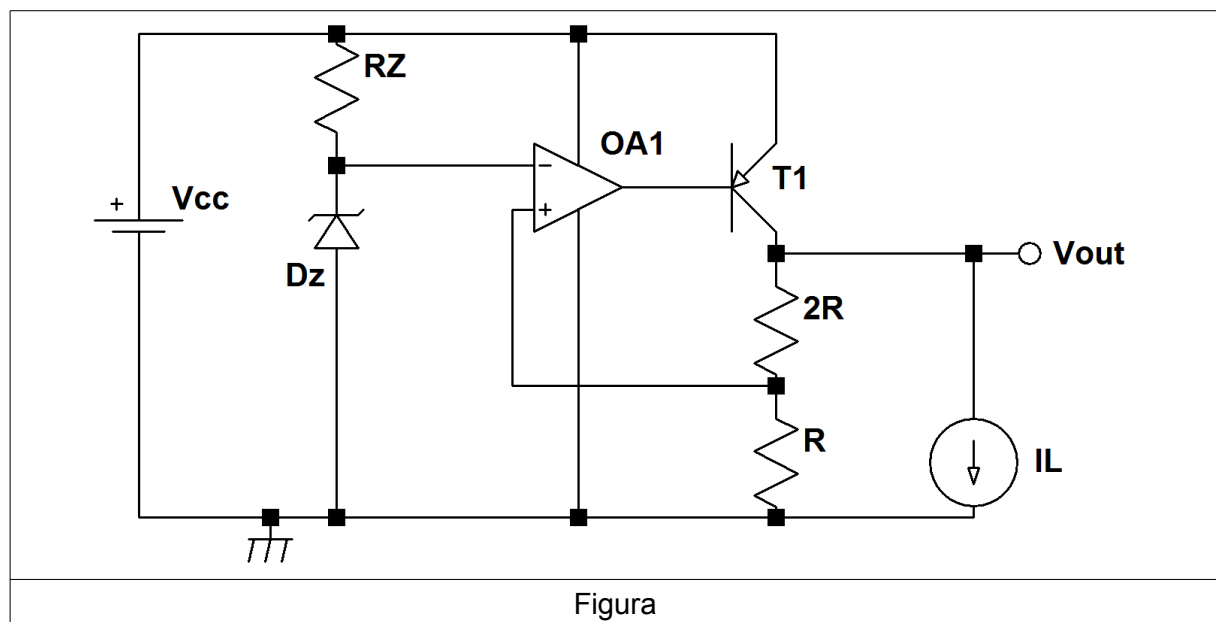
c) ¿ Qué condición deben cumplir el rango de entrada en modo común de $OA1$ y su excursión de salida (output swing) para que el circuito funcione correctamente ?

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 , $V_A=\infty$.

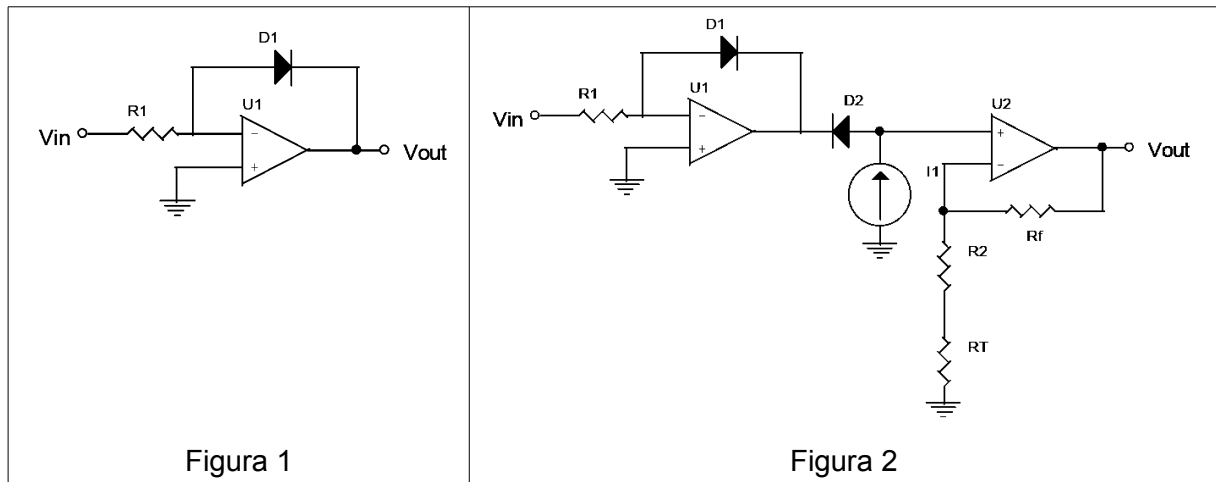


PROBLEMA 3 (22 puntos)

(Ejercicio 6 Práctico 3)

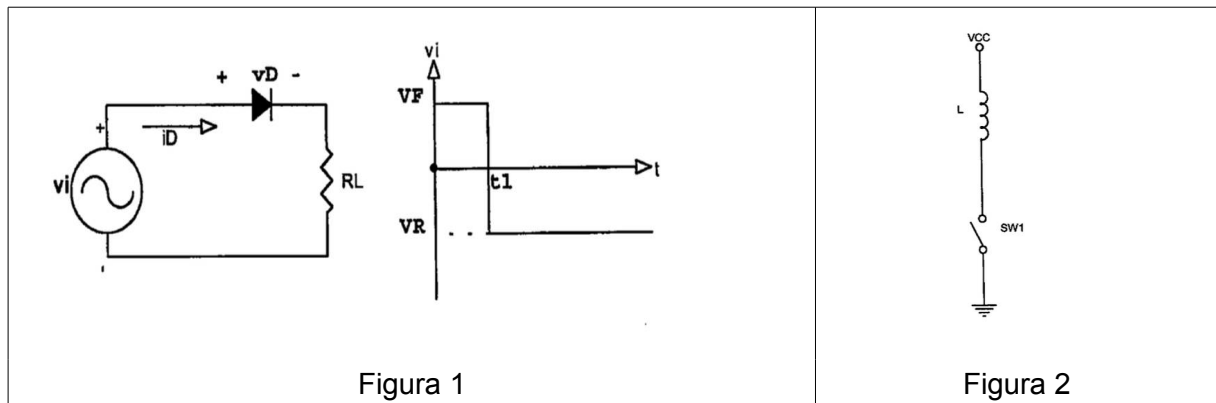
- a) Hallar la transferencia del circuito de la Figura 1.
- b) Hallar la transferencia del circuito de la Figura 2. Suponer que $R_f \gg R_2 + R_T$, $R_T \gg R_2$ e $I_1 = 1V/R_1$. ¿Qué mejora observa respecto a la parte anterior?
- c) ¿Cómo debe ser la dependencia de R_T con la temperatura para que la transferencia total sea independiente de la temperatura?

Nota: En todo el problema se considerará que D1 y D2 son idénticos y que los valores de V_{in} y de los componentes del circuito son tales que D1 y D2 conducen francamente.

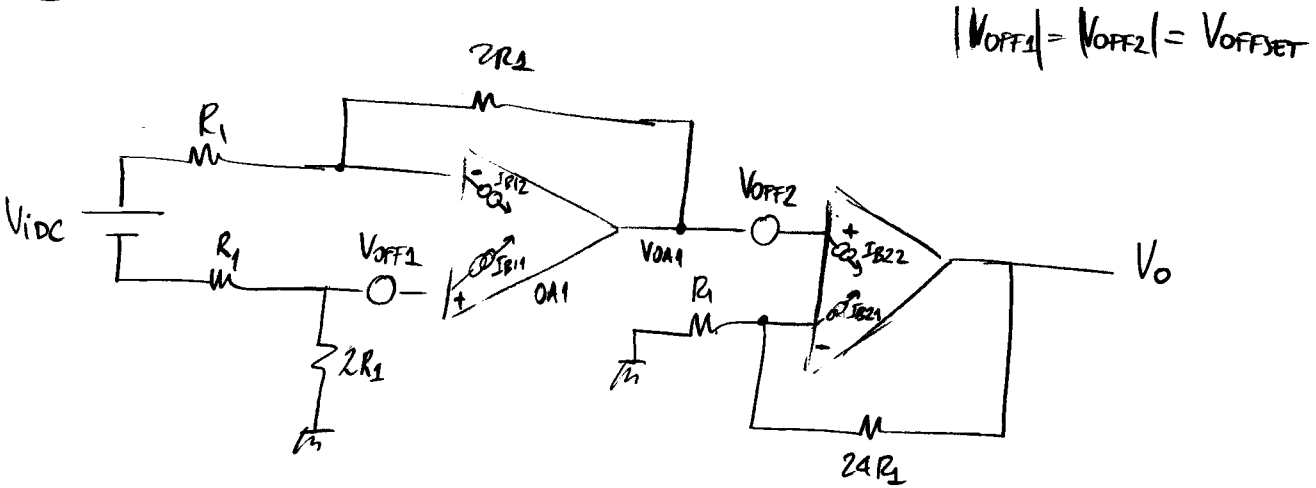


PREGUNTA (20 puntos)

- a) Se considera la conmutación de un diodo pn de operación en directa a inversa, como se muestra en la Figura 1. Graficar la evolución en función del tiempo de los concentración de portadores minoritarios en exceso a uno de los lados de la unión (pn – pno), 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.
- b) Si se tiene el circuito de la Figura 2, en que la llave SW1, abre y cierra periódicamente, indicar cómo se conecta al mismo un diodo de protección de "rueda libre", cómo actúa el mismo cómo protección y por qué puede ser necesario que su tiempo de recuperación inversa sea bajo.



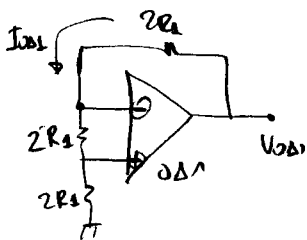
① a) En DC:



Superposición:

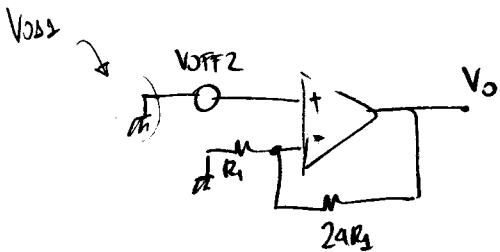
$$\begin{aligned}
 &V_{DC}) \quad V_{OFF1} = 0, \quad V_{OFF2} = 0, \quad V_{OA1} = \frac{2R_2}{R_1} V_{DC} = 2V_{DC} \\
 &I_{Bi} = 0 \\
 &V_0 = -\left(1 + \frac{2R_2}{R_1}\right) V_{OA1} = -25V_{OA1} \quad \Rightarrow \quad \underline{V_0 = -50V_{DC}}
 \end{aligned}$$

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



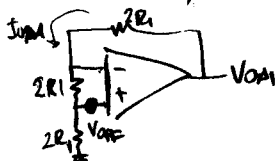
→ por tierra virtual $V^+ = V^- \Rightarrow$ la corriente por $2R_2$ es cero \Rightarrow

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



$$\Rightarrow \underline{V_0 = 25 V_{OFFSET}}$$

$$V_{OFF1}) \quad V_{DC} = 0, \quad V_{OFF2} = 0, \quad I_{Bi} = 0, \quad V_0 = 25V_{OA1}$$



$$\begin{aligned}
 I_{OA1} &= \frac{V_{OFFSET}}{2R_1} \\
 I_{OA1} &= \frac{V_{OA1}}{2R_2}
 \end{aligned}
 \Rightarrow V_{OA1} = 3 V_{OFFSET}$$

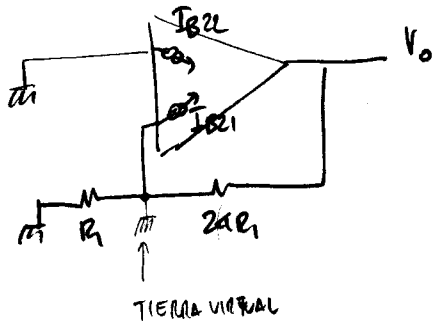
$$\Rightarrow \underline{V_0 = 75 V_{OFFSET}}$$

d

(a) cont

E1 - 2016

I_{B2}) $I_{B2i} = 0, V_{OFF1} = 0, V_{OFF2} = 0, V_{1DC} = 0$

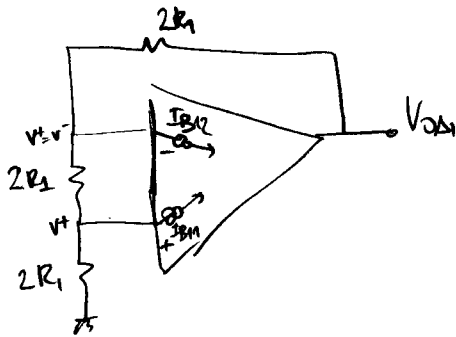


$$\Rightarrow \frac{V_0}{2R_1} = I_{B21} \Rightarrow V_0 = 24R_1 I_{B21}$$

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

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

(B1) $I_{B2i} = 0, V_{OFF1} = 0, V_{OFF2} = 0, V_{1DC} = 0, V_0 = 25V_{OA1}$



Por tierra virtual $v^+ = v^- \Rightarrow$ Corriente por $2R_1$ es $0 \Rightarrow$

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

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

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

Por superposicion:

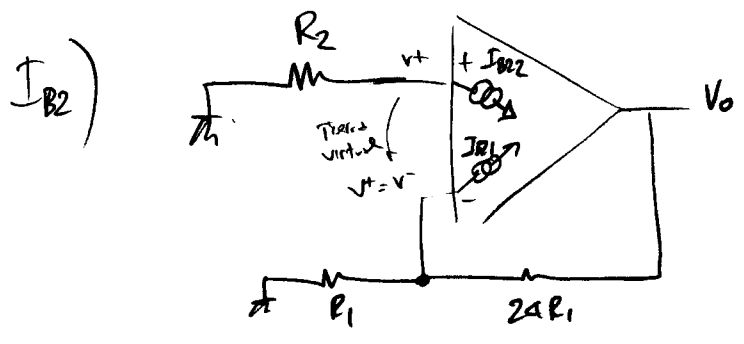
$$V_{out}^{DC} = -50 V_{1DC} + 100 V_{OFFSET}^{max} - 24 R_1 I_{BIAS}^{max} + 62 R_1 I_{OFFSET}^{max}$$

↑
por caso

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

J.

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



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

$$\left. \begin{aligned} v^+ &= -R_2 I_{B22} \\ -\frac{v^+}{R_1} &= I_{B21} + \frac{v^+ - V_o}{2AR_1} \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{V_o}{2AR_1} = I_{B21} - \frac{R_2 I_{B22}}{2AR_1} - \frac{R_2}{R_1} I_{B22} = I_{B21} - \frac{I_{B22} R_2}{2AR_1 // R_1} = I_{B21} - I_{B22} = I_{OFFSET} \Rightarrow$$

si $R_2 = 2AR_1 // R_1 \Rightarrow R_2 = 144 k\Omega$

- parte a)
- para caso

$$\Rightarrow \underline{V_o = 2AR_1 I_{OFFSET}} \Rightarrow \underline{V_{out} = -50 V_{ioc} - 100 V_{OFFSET}^{max} - 74 R_1 I_{OFFSET}^{max}}$$

$$\underline{V_{out} = -1.72V}$$

c) La segunda etapa (formada por OAS2, R_1, R_2 y $2AR_1$) 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 $f_{3dB} = \frac{f_T}{25} \Rightarrow \underline{f_{3dB} = 60kHz}$

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)

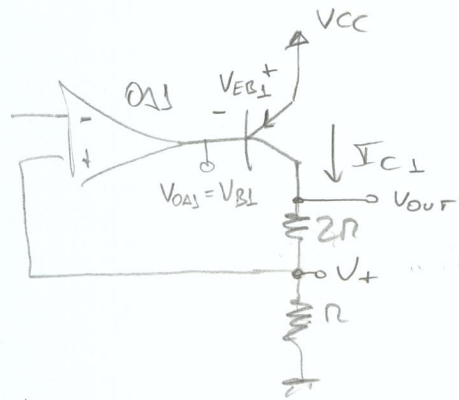
(a)

$V_{OAS} = V_{BS1}$
 $I_{C1} = I_S e^{V_{BE1}/V_T}$ (ZONA ACTIVA)

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

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

\Rightarrow RESULT. NEGATIVO



(b) (i) D_2 e zona ZANDE

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

TRIANGULO VIRTUAL

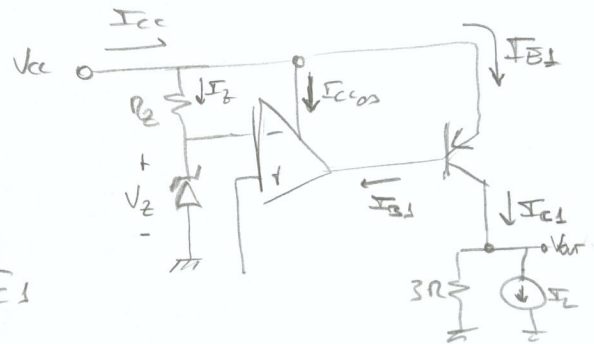
(ii) $I_{CC} = I_Z + I_{CCO2} + I_{E1}$

$I_Z = \frac{V_{CC} - V_Z}{R_Z}$

$I_{E1} = I_{BS1} + I_{C1} = I_{C1} (1 + 1/\beta) \approx I_{C1}$ ($\beta \gg 1$)

$\Rightarrow I_{C1} = \frac{V_{OUT}}{3R} + I_Z = V_Z/R + I_Z$

$\Rightarrow I_{CC} = \frac{V_{CC} - V_Z}{R_Z} + I_{CCO2} + I_Z + V_Z/R$



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

(c) I_{CHN} : $V_{CH} = V_Z \Rightarrow \boxed{V_Z \in I_{CHN}}$

OSW : $V_{BS1} = V_{CC} - V_{BE1} \Rightarrow \boxed{V_{CC} - V_{BE1} \in OSW}$

ELECTRÓNICA 1 - 1ª PRÁCTICA - Mayo 2016

(4)

COND. ZONA ZENER :

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

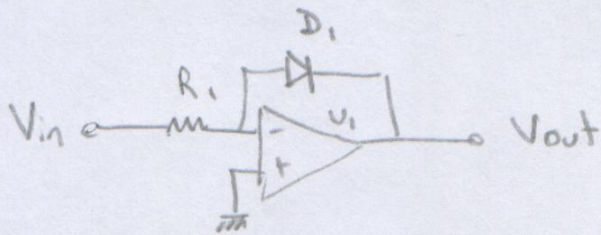
COND. Q a ZONA ACTIVA

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

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

Ej 6 Practico 3.

2)



$$I_D = I_s e^{V_D/V_T} = I_s e^{-V_{out}/V_T}$$

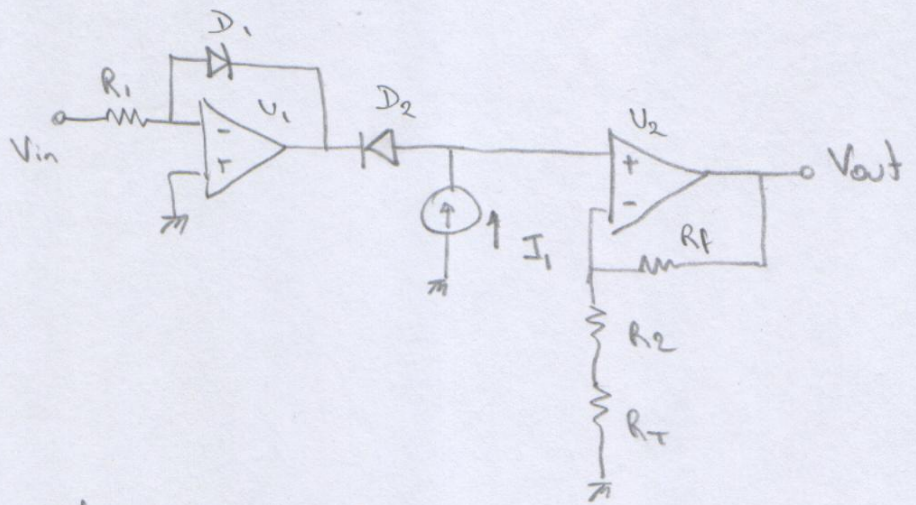
$$\frac{V_{in}}{R_1} = I_D = I_s e^{-V_{out}/V_T} \Rightarrow V_{out} = -V_T \cdot \ln \frac{V_{in}}{R_1 I_s}$$

$$V_{out} = -\frac{kT}{q} \cdot \ln \frac{V_{in}}{R_1 I_s}$$

b) $R_f \gg R_2 + R_T$

$$R_T \gg R_2$$

$$I_1 = 1V/R_1$$



$$I_{D2} = I_1$$

$$V_{D2} = V_{U2}^+ - V_{out}$$

$$I_{D2} = I_s e^{\frac{V_{D2}}{V_T}} \Rightarrow V_{D2} = V_T \ln \frac{I_{D2}}{I_s}$$

$$V_{out} = V_{U2}^+ \cdot \left(1 + \frac{R_f}{R_2 + R_T}\right) \cong V_{U2}^+ \left(1 + \frac{R_f}{R_T}\right) \cong V_{U2}^+ \frac{R_f}{R_T}$$

$$V_{U2}^+ = V_{D2} + V_{out} = V_T \left(\ln \frac{I_{D2}}{I_s} - \ln \frac{V_{in}}{R_1 I_s} \right) = -V_T \ln \frac{V_{in} I_s}{I_{D2} R_1 I_s} =$$

$$= -V_T \ln \frac{V_{in}}{I_1 R_1} = -V_T \ln \frac{V_{in}}{1V}$$

$$V_{out} = -\frac{R_f}{R_T} V_T \ln \frac{V_{in}}{1V}$$

$$b) \quad V_{out} = -\frac{R_f}{R_T} \cdot V_T \cdot \ln \frac{V_{in}}{1V}$$

La salida ya no depende de I_s .

$$c) \quad V_{out} = -\frac{R_f}{R_T} \cdot \frac{kT}{q} \cdot \ln \frac{V_{in}}{1V}$$

Para que la transferencia total no dependa de la temperatura R_T debe ser directamente proporcional con la temperatura $R_T = \alpha T$.