

1er PARCIAL DE ELECTRONICA 1
02/05/2017

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 (27 puntos)

Parte de ejercicio recomendado Práctico 2, examen 3/2003.

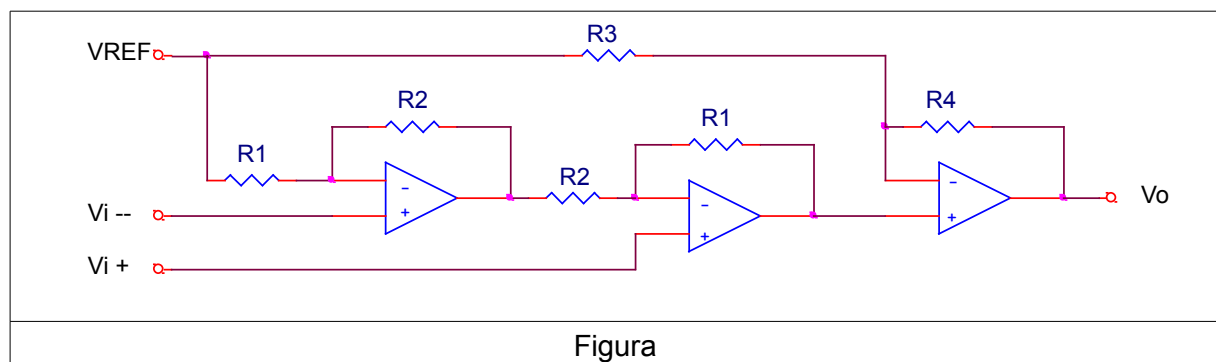
El circuito de la figura muestra la estructura de un amplificador de instrumentación comercial.

a) Calcular la ganancia diferencial del amplificador y el nivel de la salida respecto a tierra para entrada diferencial nula, si los amplificadores operacionales son ideales. Suponer que $R4/R3 \gg 4$.

Si los amplificadores tienen un rango de entrada de modo común entre $VSS + 0.2\text{ V}$ y $VDD - 1.2\text{ V}$, una excursión de salida entre $VSS + 0.2\text{ V}$ y $VDD - 0.2\text{ V}$ y una frecuencia de transición f_T :

b) ¿Cuál es el rango de modo común a la entrada si $V_{REF} = VDD / 2$, $VDD = 3\text{ V}$, $VSS = 0\text{ V}$ y $R1 = 4 * R2$?

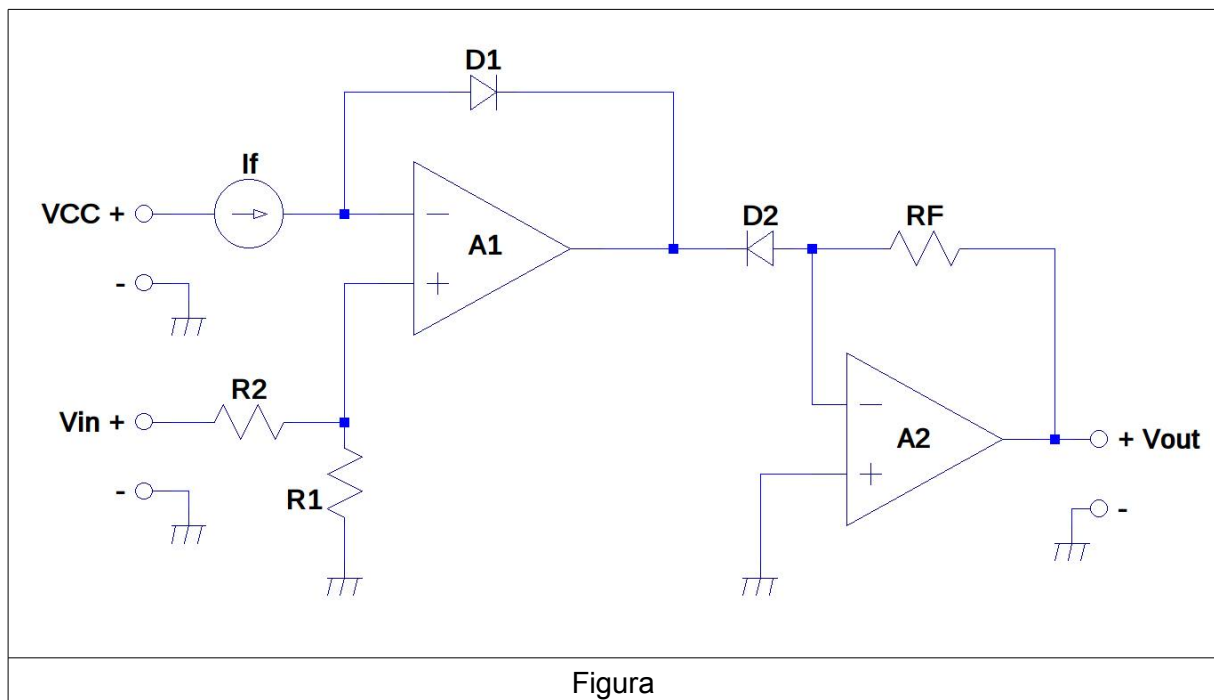
c) ¿Cuál será la frecuencia de corte de -3 dB del amplificador?



PROBLEMA 2 (27 puntos)

Los operacionales se asumirán ideales, los diodos D1 y D2 se supondrán idénticos y a la misma temperatura.

- Calcule V_{out} en función de V_{in} , asumiendo que ambos diodos conducen francamente.
- ¿Que condición, o condiciones, debe cumplir V_{in} para estar en la situación asumida en la parte a)?
- ¿Que condición debe cumplir I_f para que el circuito opere en la situación asumida en la parte a) para por lo menos algún valor de entrada V_{in} ?
- Si la temperatura aumenta, manteniéndose V_{in} constante y en las condiciones de b) indicar si la amplitud a la salida V_{out} disminuye, aumenta o permanece constante. Fundamente su respuesta.
- Explique cualitativamente, cuál es la ventaja de que ambos diodos sean idénticos.



Figura

PROBLEMA 3 (26 puntos)

El circuito de la figura es un regulador de tensión que utiliza un diodo zener CDZV6.8B cuyos datos se adjuntan. Se espera que el circuito funcione correctamente con una resistencia de carga R_L que puede variar entre un cierto valor mínimo R_{Lmin} e infinito.

a) Determinar R_1 para que la tensión de salida V_{out} sea 6.8V para cualquier valor de la resistencia R_L en el rango indicado, buscando que R_{Lmin} sea lo más bajo posible. ¿Cuánto vale R_{Lmin} con el valor de R_1 elegido ?

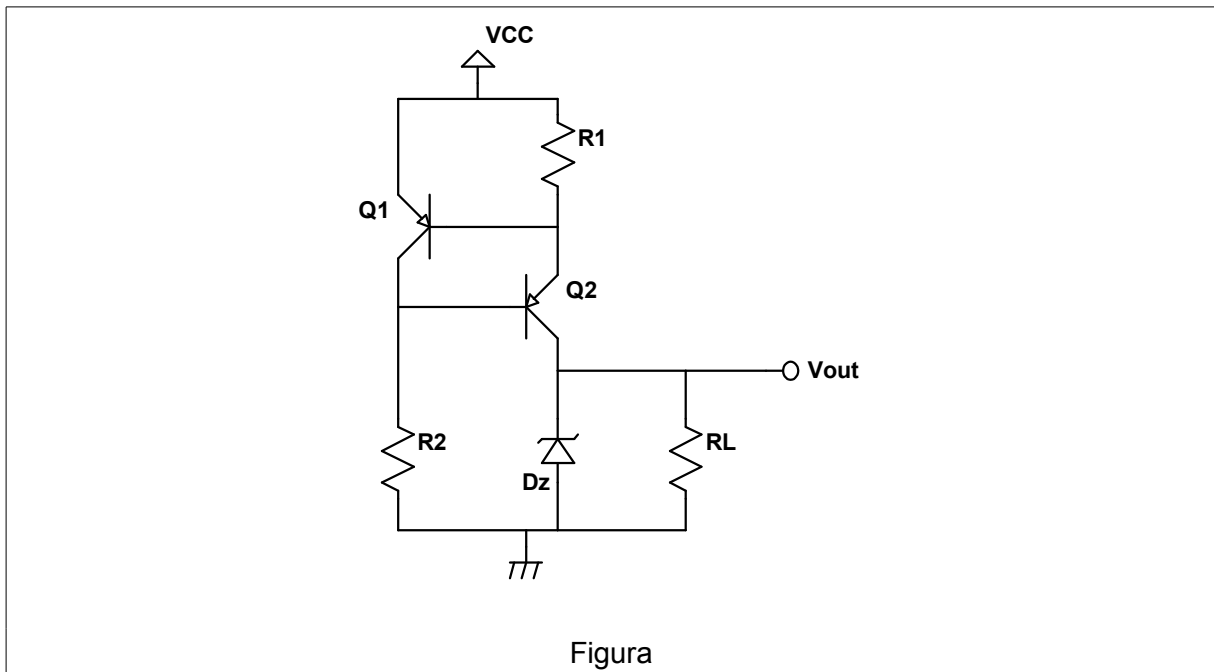
b) Determine el valor mínimo de V_{CC} para que el circuito funcione correctamente.

Datos:

Dz: $V_z = 6.8 \text{ V}$ @ $I_{ZT} = 5 \text{ mA}$, $P_{Dmax} = 100 \text{ mW}$

Q1, Q2: $V_{EB} = 0.7 \text{ V}$, $\beta = 100$, $V_{ECsat} = 0.3 \text{ V}$

$R_2 = 4.7 \text{ k}\Omega$, $V_{CC} = 10 \text{ V}$



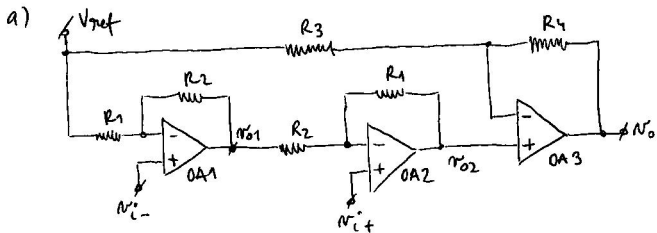
PREGUNTA (20 puntos)

a) Para una juntura p-n, con $N_A > N_D$, indicar en la Tabla 1 la relación entre las variables indicadas, colocando en los casilleros de la tabla un signo de mayor (>), menor (<) o igual según corresponda y justificando la respuesta en TODOS los casos.

	Relación (<, > o =)	
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
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		Concentración de portadores minoritarios en exceso en el borde de la zona de deplexión del lado p ($n_p - n_{p0}$), con la juntura en directo
Concentración de portadores minoritarios lejos de la zona de deplexión del lado n (p_{n0}), con la juntura en directo		Concentración de portadores minoritarios lejos de la zona de deplexión del lado p (n_p), con la juntura en directo

b) En un transistor bipolar npn, indicar quién está más dopado entre la base y el emisor, explicando porqué se hace así.

Problema



$$\begin{cases} v_{o1} = \left(\frac{R_2}{R_1} + 1\right) v_{i-} - \frac{R_2}{R_1} v_{ref} \\ v_{o2} = \left(\frac{R_1}{R_2} + 1\right) \cdot v_{i+} - \frac{R_1}{R_2} \cdot v_{o1} \\ v_o = \left(\frac{R_4}{R_3} + 1\right) \cdot v_{o2} - \frac{R_4}{R_3} v_{ref} \end{cases}$$

$$\Rightarrow v_o = (v_{i+} - v_{i-}) \cdot \left(\frac{R_4}{R_3} + 1\right) \cdot \left(\frac{R_1}{R_2} + 1\right) + v_{ref}$$

$$G_d = \frac{v_o}{v_{i+} - v_{i-}} = \left(\frac{R_4}{R_3} + 1\right) \left(\frac{R_1}{R_2} + 1\right)$$

$$V_{o\ DC} = v_{ref}$$

Problema

b) se tiene tensión en modo común v_{CM} en la entrada.

$$\left\{ \begin{array}{l} v_{o1} = \left(\frac{R_2}{R_1} + 1\right) \cdot v_{CM} - \frac{R_2}{R_1} \cdot v_{ref} \quad (1) \\ v_{o2} = \left(\frac{R_1}{R_2} + 1\right) v_{CM} - \frac{R_1}{R_2} v_{o1} \quad (2) \\ v_o = \left(\frac{R_4}{R_3} + 1\right) v_{o2} - \frac{R_4}{R_3} v_{ref} \quad (3) \end{array} \right.$$

De (1) y (2): $v_{o2} = v_{ref} \Rightarrow v_o = v_{ref}$ en modo común (4)

$$v_{o1}, v_{o2}, v_o \in [V_{SS} + 0,2V; V_{DD} - 0,2V] = [0,2V; 2,8V] \quad \text{CONDICIÓN EXCURSIÓN DE SALIDA OAS.}$$

$$v_{CM}, v_{o1}, v_{o2} \in [V_{SS} + 0,2V; V_{DD} - 1,2V] = [0,2V; 1,8V] \quad \text{CONDICIÓN ICMR de los OAS.}$$

$$\text{De (1): } v_{CM} = \frac{v_{o1}}{\frac{R_2}{R_1} + 1} + \frac{R_2}{R_1} v_{ref} = \frac{4}{5} v_{o1} + \frac{1,5V}{5} \Rightarrow \begin{array}{l} \uparrow \\ \text{condición excursión} \\ \text{salida OAS} \end{array}$$

$$\Rightarrow v_{CM} \in [0,46V; 2,54V]$$

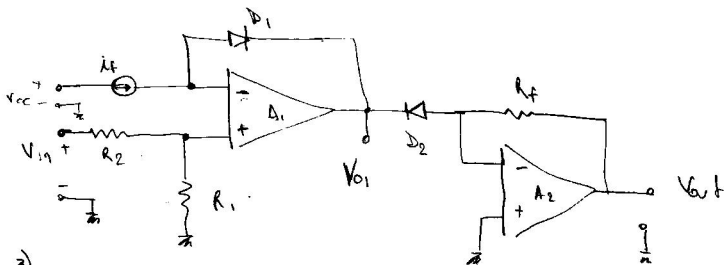
De (4): $v_{o2} = v_o = v_{ref} = 1,5V$ verifica condiciones anteriores

Para verificar todas las condiciones: $\boxed{\text{ICMR} = [0,46V; 1,8V]}$

c) la etapa que determina la frecuencia de corte de -3dB es la de mayor ganancia, es decir la tercera ($R_1 = 4R_2$ y $R_4/R_3 \gg 4$):

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

(m.g.)



2)

$$I_{D1} = I_{S1} e^{V_{D1}/V_T} \Rightarrow V_{D1} = V_T \ln \frac{I_{D1}}{I_{S1}}$$

$$I_{D2} = I_{S2} e^{V_{D2}/V_T} \Rightarrow V_{D2} = V_T \ln \frac{I_{D2}}{I_{S2}}$$

$$V_{D1} = \frac{V_{in} R_1}{R_1 + R_2} - V_{o1} \Rightarrow V_{o1} = \frac{V_{in} R_1}{R_1 + R_2} - V_T \ln \frac{I_{D1}}{I_{S1}}$$

$$I_{D1} = I_t$$

$$V_{D2} = -V_{o1}$$

$$I_{D2} = \frac{V_{out}}{R_f} \Rightarrow V_{out} = R_f \cdot I_{D2} = R_f \cdot I_{S2} e^{-V_{o1}/V_T}$$

$$V_{out} = R_f I_{S2} e^{-\frac{V_{in}}{V_T} \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right)} \cdot e^{\ln \frac{I_{D1}}{I_{S1}}} = e^{-\frac{V_{in}}{V_T} \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right)} \cdot R_f \frac{I_{D1} \cdot I_{S2}}{I_{S1}}$$

$$V_{out} = R_f I_t \cdot e^{-\frac{V_{in}}{V_T} \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right)}$$

b) $I_{D1}, I_{D2} \gg I_S$

$$I_{D2} = \frac{V_{out}}{R_f} = I_t e^{-\frac{V_{in}}{V_T} \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right)} \gg I_S$$

$$e^{-\frac{V_{in}}{V_T} \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right)} \gg \frac{I_S}{I_t}$$

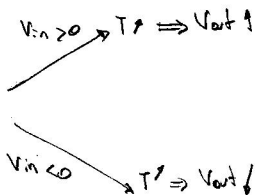
$$-V_{in} \gg \frac{V_T (R_1 + R_2)}{R_1} \ln \frac{I_S}{I_t}$$

c) $if \gg I_s$

d)
$$V_{out} = R_f I_{D1} e^{-\frac{V_{in}}{V_T} \frac{R_1}{R_1 + R_2}}$$

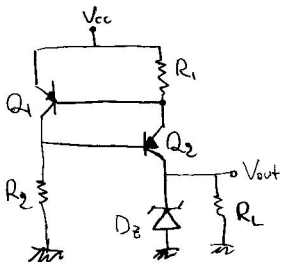
$$V_T = \frac{kT}{q}$$

$$V_{in} \ll \underbrace{V_T \frac{R_1 + R_2}{R_1}}_{\text{por b)}} \ln\left(\frac{A_f}{I_s}\right)$$



e) Si ambos diodos son idénticos la transferencia no depende de las I_s de los diodos (se cancelan).

2)



$$\text{Asumo } V_Z = 0 \Rightarrow I_{Z\text{MAX}} = \frac{P_{Z\text{MAX}}}{V_Z}$$

$$\Rightarrow \text{Asumiendo } R_L = \infty \Rightarrow I_Z = I_{Z\text{MAX}} \neq I_{R1} = \frac{V_{EBQ1}}{R1} = \frac{P_{Z\text{MAX}}}{V_Z}$$

Desprecia I_{BQ1}

$$\Rightarrow R1 = \frac{V_Z V_{EBQ1}}{P_{Z\text{MAX}}} = 47,6 \Omega$$

$$I_{R1} = I_{R1} - I_Z \Rightarrow I_{R1\text{MAX}} = I_{R1} - I_{Z\text{MIN}} = \frac{V_{EB1}}{R1} - I_{Z\text{MIN}} = 9,7 \text{ mA}$$

$$\Rightarrow R_{L\text{MIN}} = \frac{V_Z}{I_{R1\text{MAX}}} = 700 \Omega$$

$$\text{Asumo } I_{C1} = I_{R2} \quad (I_{BQ2} \ll I_{R2})$$

Verifico

$$I_{R2} = \frac{V_{BQ2}}{R2} = \frac{V_{CC} - V_{EB1} - V_{EB2}}{R2} = 1,8 \text{ mA} \Rightarrow I_{B1} \uparrow \frac{I_{R2}}{\beta} = 18 \mu\text{A} \ll \begin{matrix} 14,7 \text{ mA} \\ I_{R1} \end{matrix}$$

$$I_{EQ2} = I_{R1} \Rightarrow I_{BQ2} = \frac{I_{R1}}{\beta} = \frac{V_{EB1}}{R1 \beta} = 14,7 \mu\text{A} \ll 1,8 \text{ mA} = I_{R2}$$

$$V_{EC1} = V_{CC} - V_{R1} = V_{CC} - (V_{CC} - V_{EB1} - V_{EB2}) = 2V_{EB} = 1,4 \text{ V} > 0,3 \text{ V} = V_{EC\text{SAT}}$$

$$V_{EC_2} = (V_{CC} - V_{R_1}) - (V_Z) = V_{CC} - V_{EB_1} - V_Z = 2,5V > 0,3V = V_{EC_{SAT}}$$

$$b) V_{CC_{MIN}} = V_Z + V_{EC_{SAT_2}} + V_{EB_1} = 7,8V$$

$$V_{CC_{MIN}} = 7,8V$$