

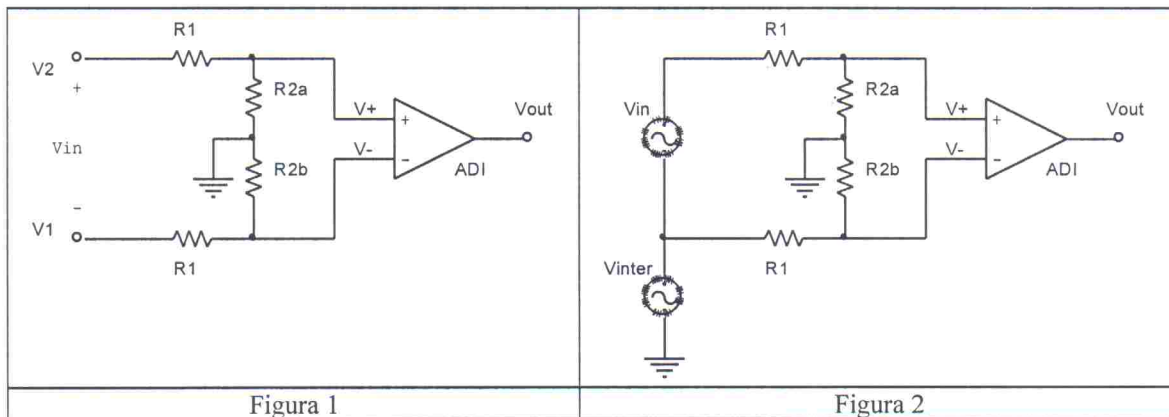
1er PARCIAL DE ELECTRONICA 1
08/05/2013

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 (28 puntos)

Considere el circuito de la Fig. 1. El bloque ADI representa un amplificador diferencial que tiene entre sus entrada (V+, V-) y su salida Vout, una ganancia diferencial Ad_i, y tiene relación de rechazo al modo común y resistencia de entrada ambas infinitas.

- a) Calcule la ganancia diferencial (Ad₁) del circuito de la Fig. 1 despreciando el efecto del desapareo de las resistencias (R₂=R_{2a}=R_{2b}).
- b) Calcule el valor de peor caso de la relación de rechazo al modo común CMRR₁ del circuito de la Fig. 1 considerando que R_{2a} y R_{2b} están desapareadas, cumpliendo $R_2 \cdot (1 - \delta) \leq (R_{2a}, R_{2b}) \leq R_2 \cdot (1 + \delta)$, con $\delta \ll 1$. Se podrá suponer que la ganancia diferencial es aproximadamente la hallada en la parte a).
- c) A la entrada del circuito de la Fig. 1 se conectan las señales que se indican en la Fig.2, donde V_{in} es la señal a amplificar y V_{inter} representa una señal de interferencia. Si $R_2 = R_1$, $\delta = 0.05$, Ad_i = 40dB, ¿ que relación debe cumplir V_{in}/V_{inter} para que la componente a la salida debida a V_{inter} sea 10 veces menor que la debida a V_{in} ?
- d) Si en el circuito de la Fig. 2 V_{in} es despreciable respecto a V_{inter} y V_{inter} varía en el rango [V_{intermin}, V_{intermax}], indique cuál debe ser el rango de entrada en modo común de ADI (ICMR_{min}, ICMR_{max}) para que el circuito funcione correctamente. Asuma R₂=R_{2a}=R_{2b} para esta parte.

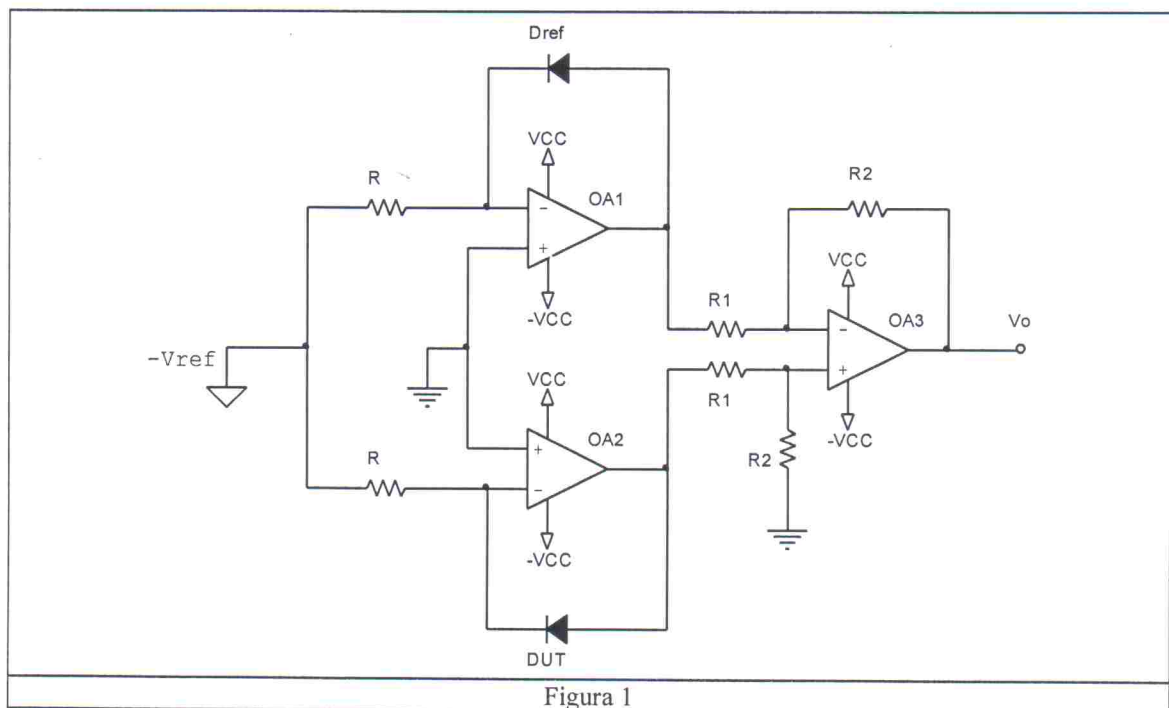


PROBLEMA 2 (28 puntos)

Un fabricante de dispositivos semiconductores tiene problemas en su línea de fabricación de diodos, los cuales tienen una dispersión alta en el valor del área de juntura. El resto de los parámetros de los diodos fabricados tienen una dispersión despreciable en sus valores.

Para evaluar los diodos que salen de la línea, el fabricante monta el circuito de la Figura 1, donde D_{ref} es un diodo patrón que tiene exactamente el área de juntura especificada y DUT es el diodo que se está probando (Device Under Test). V_{ref} y R son tales que permiten que los diodos conduzcan francamente. Se pide:

- Determine la expresión para el área de juntura del diodo DUT (A_{DUT}) en función del área de juntura del diodo patrón (A_{REF}), el valor medido de V_o y los parámetros del circuito.
- Se desea evaluar el efecto de la tensión de offset y las corrientes de polarización de OA1 y OA2 en la salida del circuito. ¿ Es correcto en este circuito aplicar el principio de superposición para analizar esto ? ¿ Porqué ?
- Determinar como cambia en el peor caso la expresión hallada en a) considerando la tensión de offset (v_{off}) y las corrientes de polarización (I_{bias} , que se supondrán entrantes al amplificador) y corrientes de offset (I_{offset}) de OA1 y OA2. OA3 se supondrá que tiene corrientes de polarización y tensión de offset nulas.



PROBLEMA 3 (28 puntos)

En la figura 1 se muestra un regulador de voltaje cuya entrada es V_{cc} y salida V_{out} . Para las partes a) y b) asuma que V_{cc} es constante (sin ripple) e igual a V_{inmax} .

- a)
- Determine V_{out} asumiendo que D_z está operando en la región zener y Q en zona activa.
 - Verifique que el transistor se encuentra en zona activa.
- b) Determine el rango de valores para la resistencia R (R_{min} , R_{max}) para que el regulador funcione correctamente si $R_{Lmin} < R_L < R_{Lmax}$.
- c) Se sabe que la entrada V_{cc} está hecha a partir de un rectificador como el mostrado en la figura 2. Calcule el valor de C para que el voltaje de ripple sea menor que $V_{rippmax}$ para todo el rango de R_L . Para ello se sugiere despreocuparse de la corriente por R y observar que $V_{rippmax} \ll V_{inmax}$ y por lo tanto la forma de onda de V_{cc} se puede aproximar por un diente de sierra.
- d) Calcule el nuevo rango para la resistencia R que permite un correcto funcionamiento del regulador si ahora V_{in} varía entre V_{inmax} y $V_{inmax} - V_{rippmax}$.

Datos:

D_z : $V_{zt} = 20V$; $I_{zt} = 20mA$; $P_{zmax} = 1W$

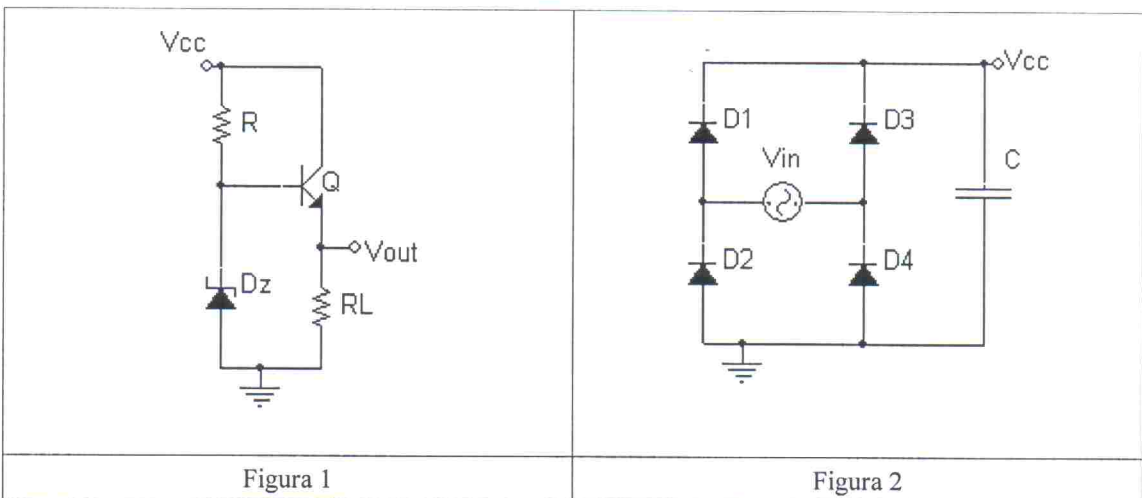
$D1..D4$: Ideales

Q : $V_{BE} = 0.7V$; $\beta = 200$; $V_{CEsat} = 0.3V$

$R_{Lmin} = 10 \text{ Ohms}$; $R_{Lmax} = 100 \text{ Ohms}$

$V_{in} = V_{inmax} \cdot \sin(2\pi \cdot \text{fred} \cdot t)$ con $V_{inmax} = 30V$ y $\text{fred} = 50 \text{ Hz}$

$V_{rippmax} = 2V$

**PREGUNTA (16 puntos)**

Se tiene una juntura pn en que la región n esta bastante más dopada que la región p.

- Indicar en un diagrama los anchos relativos de las zonas de deplexión a ambos lados de la juntura y como varían las concentraciones de portadores minoritarios a ambos lados de la juntura, cuando esta está polarizada en directo con una tensión $V_D = V_{D1}$. Indicar claramente la relación entre las distintas magnitudes que se muestran en el diagrama (es decir en la respuesta debe quedar claro que valores son más grandes, cuáles son más pequeños y cuáles son iguales).
- Indicar en el diagrama anterior cómo cambian las concentraciones de portadores minoritarios a ambos lados de la juntura si se aumenta la tensión directa V_D a $V_D = V_{D2} > V_{D1}$. Indicar claramente la relación entre las concentraciones en este caso y el dibujado en la parte a) (es decir en la respuesta debe quedar claro que valores son más grandes, cuáles son más pequeños y cuáles son iguales).

Problema 1

$$a) N_{out} = A_{di}(N_+ - N_-)$$

$$N_+ = \frac{N_2 R_2}{R_1 + R_2}$$

$$N_- = \frac{N_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

$$\Rightarrow \boxed{A_{d1} = A_{di} \frac{R_2}{R_1 + R_2}}$$

$$b) \text{ Por letra } A_{d1} = A_{di} \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Cálculo de A_{di} : Dado que A_{DI} no responde al modo común ($CMRR = \infty$), el peor caso de ganancia en modo común para el circuito total es cuando aparece a la entrada de A_{DI} la mayor entrada diferencial. Conectando $N_1 = N_2 = N_{cm}$ hay dos peores casos:

$$1- R_{2a} = R_2(1+s) \text{ y } R_{2b} = R_2(1-s) \text{ (} N_+ \text{ máximo y } N_- \text{ mínimo)}$$

$$2- R_{2a} = R_2(1-s) \text{ y } R_{2b} = R_2(1+s) \text{ (} N_+ \text{ mínimo y } N_- \text{ máximo)}$$

Arbitrariamente elijo el caso 1.

$$N_{ocm} = A_{di} \left[\frac{N_{cm} R_2(1+s)}{R_1 + R_2(1+s)} - \frac{N_{cm} R_2(1-s)}{R_1 + R_2(1-s)} \right]$$

$$\Rightarrow \frac{N_{ocm}}{N_{cm}} = Ad_i R_2 \left[\frac{1+\delta}{R_1+R_2(1+\delta)} - \frac{1-\delta}{R_1+R_2(1-\delta)} \right]$$

$$= \left[\frac{(R_1+R_2(1-\delta))(1+\delta) - (R_1+R_2(1+\delta))(1-\delta)}{(R_1+R_2)^2 - (R_2\delta)^2} \right] Ad_i R_2$$

$$= \frac{(R_1+R_2\delta + R_2(1-\delta^2)) - (R_1-R_2\delta + R_2(1-\delta^2))}{(R_1+R_2)^2} Ad_i R_2$$

$$= \frac{2R_1R_2\delta Ad_i}{(R_1+R_2)^2} = A_{cm1}$$

$$CMRR_1 = \frac{Ad_1}{A_{cm1}} = \frac{Ad_i R_2}{R_1+R_2} \cdot \frac{(R_1+R_2)^2}{2R_1R_2\delta Ad_i}$$

$$CMRR_1 = \frac{R_1+R_2}{2R_1\delta}$$

c) $N_{cm} = N_{inter} + \frac{N_{im}}{2}$

$$N_{im} = N_{im}$$

Como $R_1 = R_2 \Rightarrow CMRR = \frac{1}{\delta} = 20$

$$Ad_1 = 100 \cdot \frac{1}{2} = 50$$

$$N_o = Ad_1 N_{im} + \frac{Ad_1}{CMRR} \left(N_{inter} + \frac{N_{im}}{2} \right) = Ad_1 \left(1 + \frac{1}{2CMRR} \right) N_{im} + \frac{Ad_1}{CMRR} N_{inter}$$

$$c) \frac{A_{d1} \left(1 + \frac{1}{2 \text{CMRR}} \right) N_{im} \approx 1}{\text{CMRR} N_{inter}} = 10$$

$$\frac{N_{im}}{N_{inter}} = 10 \frac{1}{\text{CMRR} \left(1 + \frac{1}{2 \text{CMRR}} \right)} \approx \frac{10}{\text{CMRR}} = 1/2$$

$$\boxed{\frac{N_{im}}{N_{inter}} = 1/2}$$

$$d) N^+ = N^- = N_{inter} \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$\Rightarrow \begin{aligned} \text{ICMR}_{\text{min}} &= N_{inter \text{min}} \frac{R_2}{R_1 + R_2} \\ \text{ICMR}_{\text{max}} &= N_{inter \text{max}} \frac{R_2}{R_1 + R_2} \end{aligned}$$

Problema 2

(a)

$$\frac{V_{ref}}{R} = I_{Dref} = I_{Sref} \left(e^{\frac{V_{Dref}}{V_T}} - 1 \right) \Rightarrow V_{OA1} = V_T \ln \left(\frac{V_{ref}/R}{I_{Sref}} \right)$$

Diodo conduce fuertemente

$$V_{OA1} = V_{ref}$$

idem $\Rightarrow V_{OA2} = V_T \ln \left(\frac{V_{ref}/R}{I_{SDUT}} \right)$

$$V_o = \frac{R_2}{R_1} (V_{OA2} - V_{OA1})$$

$$\Rightarrow V_o = \frac{R_2}{R_1} V_T \ln \left(\frac{I_{Sref}}{I_{SDUT}} \right) \Rightarrow V_o = \frac{R_2}{R_1} V_T \ln \left(\frac{A_{ref}}{A_{DUT}} \right) \Rightarrow$$

$I_S \propto A_{ref}$

$$A_{DUT} = A_{ref} \cdot e^{-\frac{V_o}{V_T} \frac{R_1}{R_2}}$$

(b)

No es posible aplicar el principio de superposición dado que estamos utilizando un modelo no lineal.

(c)

$$V_{OA1} = V_T \ln \left(\frac{\frac{V_{ref} + V_{offref}}{R} + I_{Bref}}{I_{Sref}} \right) + V_{offref}$$

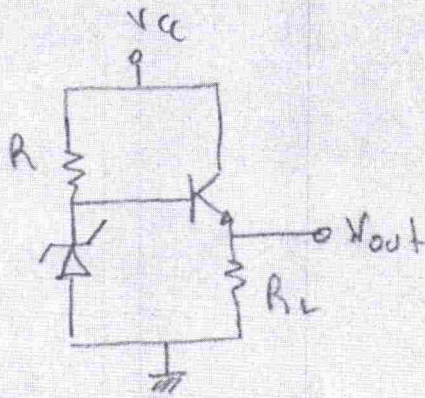
$$V_{OA2} = V_T \ln \left(\frac{\frac{V_{ref} + V_{offDUT}}{R} + I_{BDUT}}{I_{SDUT}} \right) + V_{offDUT}$$

$$V_o = \frac{R_2}{R_1} (V_{OA2} - V_{OA1})$$

$$\Rightarrow V_o = \frac{R_2}{R_1} V_T \ln \left(\frac{\frac{V_{ref} + V_{offDUT}}{R} + I_{BDUT}}{\frac{V_{ref} + V_{offref}}{R} + I_{Bref}} \cdot \frac{I_{Sref}}{I_{SDUT}} \right) + \dots - \frac{R_2}{R_1} (V_{offref} + V_{offDUT})$$

$$\Rightarrow A_{DUT} = A_{ref} \left(\frac{\frac{V_{ref} + V_{offDUT}}{R} + I_{BDUT}}{\frac{V_{ref} + V_{offref}}{R} + I_{Bref}} \right) \cdot e^{-\frac{V_o}{V_T} \frac{R_1}{R_2} - \frac{V_{offref}}{V_T} + \frac{V_{offDUT}}{V_T}}$$

por lo tanto $\Rightarrow A_{DUT} = A_{ref} \left(\frac{\frac{V_{ref} + V_{off}}{R} + I_B + \frac{I_{off}}{2}}{\frac{V_{ref} - V_{off}}{R} + I_B - \frac{I_{off}}{2}} \right) e^{-\frac{V_o R_1}{V_T R_2} + \frac{2 V_{off}}{V_T}}$



i) $D_z: V_{ZT} = 20V, I_{ZT} = 20mA, P_{Zmax} = 1W$

$Q: V_{BE} = 0,7, \beta = 200, V_{CESAT} = 0,3$

D_z en zona Zener $\Rightarrow V_z = V_{ZT} = 20V = V_B$

$V_{out} = V_E = V_B - V_{BE} = 20 - 0,7 = \boxed{19,3V}$

ii) $I_C = I_L = \frac{V_{out}}{R_L} = \frac{19,3}{R_L} > 0 \quad \checkmark$

$V_{CB} = V_{inmax} - V_0 = 30 - 20 = 10 \quad \checkmark > 0 \quad \checkmark$

$V_{CE} = V_{inmax} - V_{out} = 30 - 19,3 = 10,7 \quad \checkmark > V_{CESAT} \quad \checkmark$

b) $I_{Zmax} = \frac{P_{Zmax}}{V_{ZT}} = \frac{1W}{20V} = 50mA$

$I_z \leq I_{Zmax}$

$I_z = \frac{V_{inmax} - V_{ZT}}{R} - \frac{I_L}{\beta} = \frac{V_{inmax} - V_{ZT}}{R} - \frac{V_{out}}{R_L \cdot \beta} \leq I_{Zmax}$

$\frac{V_{inmax} - V_{ZT}}{R} < I_{Zmax} + \frac{V_{out}}{R_L \cdot \beta} \Rightarrow R_{min} \geq \frac{V_{inmax} - V_{ZT}}{I_{Zmax} + \frac{V_{out}}{R_L \cdot \beta}}$

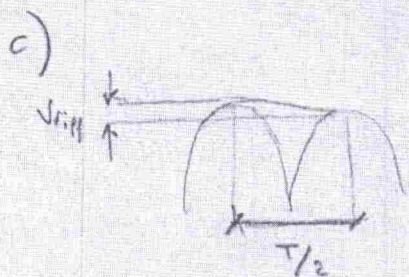
$R_{20r} \quad 0,250 \quad R_{Lmax} \Rightarrow R_{min} \geq \frac{V_{inmax} - V_{ZT}}{I_{Zmax} + \frac{V_{out}}{R_{Lmax} \cdot \beta}} = 196 \Omega$

$$I_Z \geq I_{ZT}$$

$$I_Z = \frac{V_{in\max} - V_{ZT}}{R} - \frac{V_{out}}{R_{LB}} \geq I_{ZT}$$

$$R_{\max} \leq \frac{V_{in\max} - V_{ZT}}{I_{ZT} + \frac{V_{out}}{R_{LB} \cdot \beta}} = \boxed{337 \Omega}$$

$$R \in (196 \Omega, 337 \Omega)$$



$$V_{ripp} = \frac{I_{L \cdot t}}{C} \quad \text{por cas} \quad V_{ripp} = \frac{I_{L\max} \cdot t}{C} \leq V_{ripp\max}$$

$I_{L\max}$ cuando $R_{L\min}$

$$C \geq \frac{I_{L\max} \cdot T/2}{V_{ripp\max}} = \frac{19.3/10 \cdot 10\text{ms}}{2\text{V}} \approx 10\text{mF}$$

d) El valor de R_{\min} es el mismo dado que se calcula para el caso de $V_{in} = V_{in\max}$.

Para el caso de R_{\max} se debe considerar $V_{in\min} = V_{in\max} - V_{ripp\max}$

$$R_{\max} \leq \frac{V_{in\max} - V_{ripp\max} - V_{ZT}}{I_{ZT} + \frac{V_{out}}{R_{LB} \cdot \beta}} = 270 \Omega$$

$$R \in (196 \Omega, 270 \Omega)$$