

1er PARCIAL DE ELECTRONICA 1
26/05/03



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 (25 puntos)

El circuito de la Fig.1 es un regulador de tensión

- Dado el zener MMSZ4694T1, cuyos datos se adjuntan, ¿qué condiciones debe cumplir R_z para que el circuito funcione correctamente si $V_{CC} = 15V$?
- Si $R_z = 47K$, el ICMR (Input Common Mode Range) del Amplificador Operacional (A.Op.) es $[V_{EE}+3V, V_{CC}-3V]$, su OSW (Output Swing) es $[V_{EE}+3V, V_{CC}-2V]$, determinar el mínimo valor admisible de V_{CC} fundamentando claramente.
- Si la fuente V_{CC} se implementa con el circuito de la Fig.2, el consumo del A.Op. es 5mA en reposo más la corriente entregada a la salida, la tensión de vacío en el secundario del transformador es 17Vpico, y los diodos tienen un $V_f = 0.6$, calcular C para que $V_{pp_ripple} = 1V$.

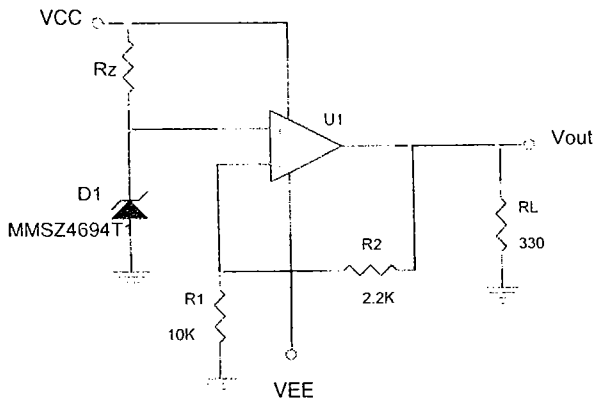


Figura 1

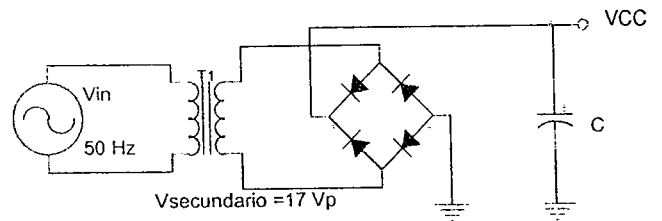


Figura 2

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Max	Unit
Total Power Dissipation on FR-5 Board. (Note 1.) @ $T_L = 75^\circ C$ Derated above $75^\circ C$	P_D	500 6.7	mW mW/°C
Thermal Resistance – Junction to Ambient (Note 2.)	$R_{\theta JA}$	340	°C/W
Thermal Resistance – Junction to Lead (Note 2.)	$R_{\theta JL}$	150	°C/W
Junction and Storage Temperature Range	T_J, T_{stg}	-55 to +150	°C

- FR-5 = 3.5 X 1.5 inches, using the On minimum recommended footprint as shown in Figure 11
- Thermal Resistance measurement obtained via infrared Scan Method

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ C$ unless otherwise noted, $V_f = 0.9V$ Max. @ $I_f = 10mA$)

Device	Device Marking	Zener Voltage (Notes 1)				Leakage Current	
		V_Z (Volts)			@ I_{ZT}	$I_R @ V_R$	
		Min	Nom	Max		μA	Volts
MMSZ4694T1	0Z	7.79	8.2	8.61	50	1	6.2

1. Nominal Zener voltage is measured with the device junction in thermal equilibrium at $T_L = 30^\circ C \pm 1^\circ C$

PROBLEMA 2 (25 puntos)

- a) En el circuito de la Fig. 1, estimar en el peor caso la relación de rechazo al modo común si las resistencias indicadas como R1 están perfectamente apareadas (es decir son idénticas) y las resistencias R2 tienen ambas el mismo valor nominal R_{2n} y una dispersión δ , es decir que cada resistencia indicada como R2 cumple que su valor está comprendido entre $(1-\delta)R_{2n}$ y $(1+\delta)R_{2n}$. El amplificador operacional se considerará ideal.
- b) El circuito de la Fig. 1 se utiliza para amplificar con una ganancia de 100 la salida de un sensor en puente cuya salida es muy pequeña y proporcional al desbalance del puente. Si R es mucho menor que $2 \cdot R_1$, las resistencias R2 son al 5% y las resistencias R1 se suponen perfectamente apareadas como en la parte a), ¿cuál es el máximo ripple pico a pico que puede tener la fuente de alimentación V_{cc_S} que alimenta el sensor para que la perturbación originada a la salida del circuito sea menor a 1mV en todos los casos?. El amplificador se considerará ideal.

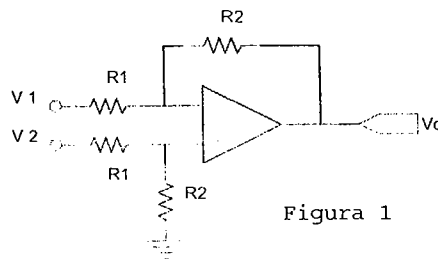


Figura 1

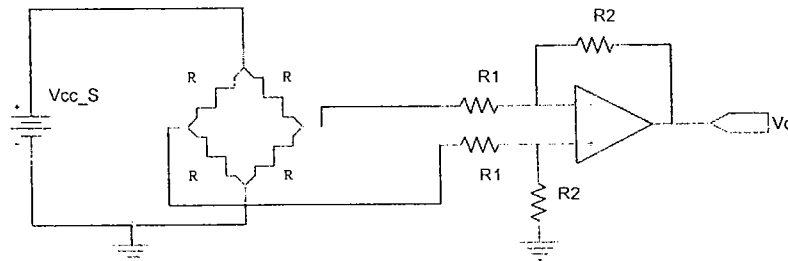


Figura 2

PROBLEMA 3 (30 puntos)

- a) El circuito de la figura 1 se utiliza para sensar la corriente I_{in} , que es siempre positiva. Calcule $V_o=f(I_{in})$ si el OA es ideal.
- b) Considere ahora un OA no ideal con corrientes de polarización y de offset I_p e I_{off} y tensión de offset V_{off} . Si la fuente de corriente es una fuente real con impedancia R_S , ¿cual es el nuevo V_o ?
- c) Si $I_p=80nA$, $I_{off}=20nA$, $V_{off}=10mV$ y $R_S=10^5 \Omega$, ¿para qué corriente de entrada I_{in} el efecto de estas no idealidades se hace comparable con ella?
- d) En el circuito de la figura 2, $I_{ref} = 1mA$, I_{in} varía entre $10\mu A$ y $10mA$, $R_2=10K$ y $R_1=1K$, calcule entre que límites varía V_o y cómo tiene que variar R_1 con la temperatura (T) para que la salida sea independiente de la temperatura.

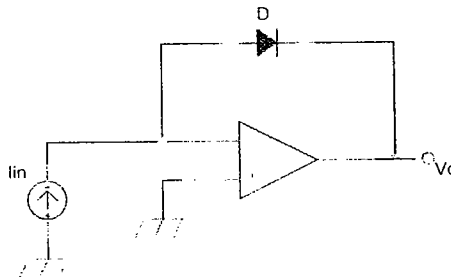


Figura 1

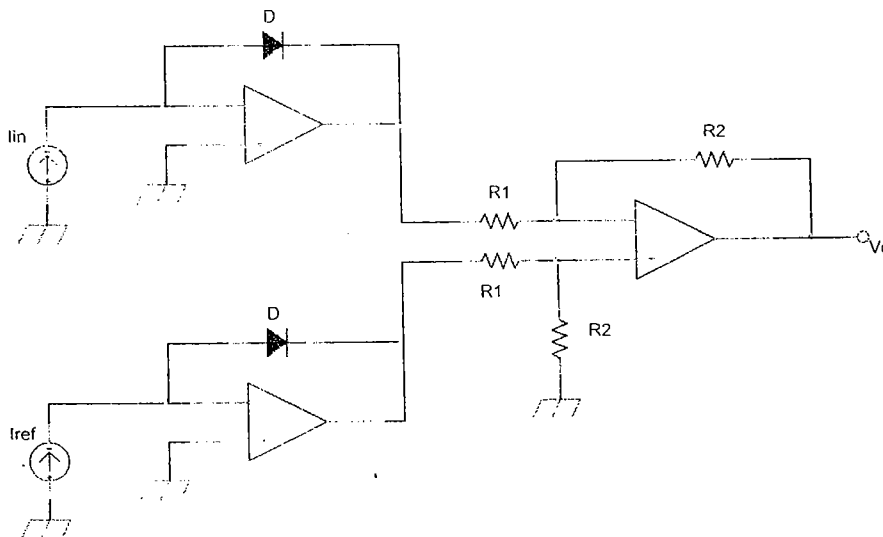


Figura 2

PREGUNTA (20 puntos)

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

- a) 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. 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 y cuáles son más pequeños).
- b) Explicar cómo se puede calcular la corriente directa por el diodo a partir de las magnitudes indicadas en el diagrama de la parte a) y porqué. No se pide determinar la expresión de la corriente, sino explicar cómo se puede calcular.

Problema 1

$$2) V_z = 5,2$$

$$I_{zT} = 31 \text{ mA}$$

$$P_{Dmax} = V_z \cdot I_{zmax} \Rightarrow I_{zmax} = \frac{P_{Dmax}}{V_z} = 60,9 \text{ mA}$$

$$I_{zT} < \frac{V_{cc} - V_z}{R_z} < I_{zmax} (I) \Rightarrow R_z > \frac{V_{cc} - V_z}{I_{zmax}} = 112 \Omega$$

$$R_z < \frac{V_{cc} - V_z}{I_{zT}} = 136 \text{ k}\Omega$$

c) b) $R_z = 47 \text{ k}\Omega$, $R_1 = 10 \text{ k}$, $R_2 = 22 \text{ k}$
para que el zener funcione correctamente (I)

$$\Rightarrow \left| V_{cc} < V_z + R_z I_{max} = 2870,5 \right|$$

$$V_{cc} > V_z + R_z I_{zT} = 10,55$$

Para que el A.O. funcione correctamente

c) (II) $I_{CMRR} \in [V_{EE} + 3V, V_{cc} - 3V]$

(III) $OSW \in [V_{EE} + 3V, V_{cc} - 2V]$

de (II) $V_z < V_{cc} - 3V \Rightarrow V_{cc} > V_z + 3V = 11,2V$

de (III) $V_z \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) < V_{cc} - 2V \Rightarrow V_{cc} > \underbrace{V_z \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) + 2V}$

$$\left| V_{cc} > 12,5V \right|$$

$$R_L = 330 \Omega$$

$$I_Z = I_Z + I_{A0} \quad V_{out} = 10$$

$$I_{A0} = I_{rep} + V_Z \cdot \left(1 + \frac{R_Z}{R_1}\right) \left(\frac{1}{R_L} + \frac{1}{R_2 + R_1}\right)$$

$$I_Z = \frac{V_{cc} - V_Z}{R_Z} = \frac{17 - 2V8 - 8,2}{47k} = 0,16 \text{ mA}$$

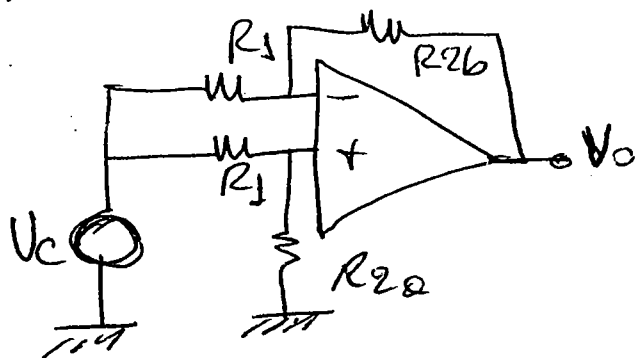
$$V_{ripple} = \frac{I \cdot T/2}{C} = \frac{I}{2CF} < 0,1V$$

$$\Rightarrow C > \frac{I}{2f \cdot V_{ripple}}$$

$$I = 0,16 \text{ mA} + 5 \text{ mA} + 30,3 \text{ mA} + 0,83 \text{ mA} = \underline{36,3 \text{ mA}}$$

$$C > \frac{36,3 \times 10^{-3} \text{ A}}{2 \cdot 50 \cdot 1} = 360 \mu\text{F}$$

a) Ganancia en modo común:



$$V_o = \left(-\frac{R_{2b}}{R_1} + \frac{R_{2a}}{R_1 + R_{2a}} \left(1 + \frac{R_{2b}}{R_1} \right) \right) V_c$$

$$\Rightarrow \frac{V_o}{V_c} = A_c = \frac{-R_{2b}(R_1 + R_{2a}) + R_{2a}(R_1 + R_{2b})}{R_1(R_1 + R_{2a})}$$

$$= \frac{R_1(R_{2a} - R_{2b})}{R_1(R_1 + R_{2a})}$$

Ganancia diferencial:

$$V_1 = V_d/2, \quad V_2 = -V_d/2$$

$$\Rightarrow V_o = -\frac{R_{2b}}{R_1} \frac{V_d}{2} - \frac{R_{2a}}{R_1 + R_{2a}} \left(1 + \frac{R_{2b}}{R_1} \right) \frac{V_d}{2}$$

$$\Rightarrow \frac{V_o}{V_d} = - \left[\frac{R_{2b}(R_1 + R_{2a}) + R_{2a}(R_1 + R_{2b})}{R_1(R_1 + R_{2a})} \right] \frac{1}{2}$$

$$\Rightarrow CMRR = \left| \frac{A_d}{A_c} \right| = \frac{1}{2} \frac{R_{2b}(R_1 + R_{2a}) + R_{2a}(R_1 + R_{2b})}{R_1(R_{2a} - R_{2b})}$$

\Rightarrow por caso: $R_{2a} - R_{2b}$ máximo

$$\Rightarrow R_{2a} = (1+\delta)R_2, \quad R_{2b} = (1-\delta)R_2$$

202
MT

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

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

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

$\delta \ll 1 \Rightarrow \delta^2 \ll 1$

$$b) \left. \begin{array}{l} 1 + R_2/R_1 = 101 \\ \delta = 0.05 \end{array} \right\} \Rightarrow CMRR = 1010$$

$$V_o = A_d \left(V_d + \frac{V_c}{CMRR} \right)$$

$$\Rightarrow \text{Perturbación: } \frac{V_c \cdot A_d}{CMRR} = \frac{V_c}{\frac{1010}{100}} = \frac{V_c}{10.1}$$

V_c es el ripple o la salida de la fuente sobre 2, pues el puente divide por 2 la tensión entre la fuente y la señal de entrada de modo común del amplificador.

\Rightarrow Si perturbación = $1 \mu V$

$$\Rightarrow \text{Máximo ripple} = 2 \times 10.1 \cdot 1 \mu V = 20.2 \mu V$$



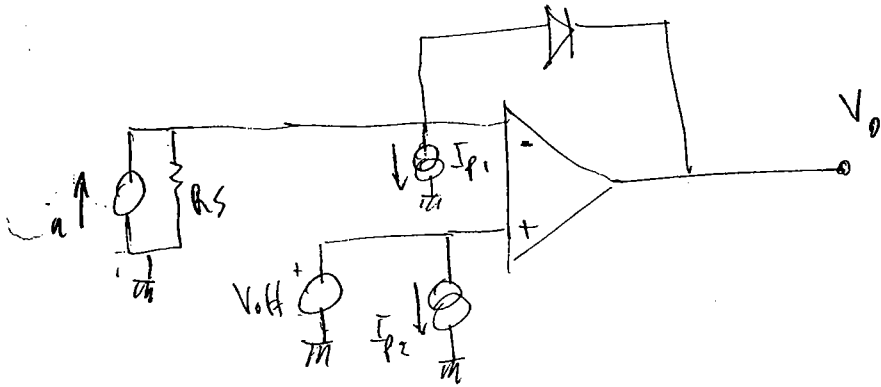
Problema 3

a)

si: $I_n \gg I_s$

$$I_D = I_s e^{V_D / nV_T} \Rightarrow V_D = nV_T \ln \frac{I_D}{I_s}$$

$$V_0 = -V_D = -nV_T \ln \frac{I_n}{I_s}$$



$$\frac{I_{p1} + I_{p2}}{2} = I_p$$

$$|I_{p1} - I_{p2}| = I_{off}$$

b)

$$V^- = V_{off}$$

$$I_n = \frac{V_{off}}{R_s} + I_{p1} + I_D \Rightarrow I_D = I_n - \frac{V_{off}}{R_s} - I_{p1}$$

$$\Rightarrow V_D = nV_T \ln \left(\frac{I_n - \frac{V_{off}}{R_s} - I_{p1}}{I_s} \right)$$

$$V_0 = V_{off} - V_D = V_{off} - nV_T \ln \left(\frac{I_n - \frac{V_{off}}{R_s} - I_{p1}}{I_s} \right)$$

c)

por caso $I_{p1} = 90 \text{ nA}$.

$$\Rightarrow -\frac{V_{off}}{R_s} + I_{p1} = \frac{10 \times 10^{-3} \text{ V}}{10^5 \Omega} + 90 \times 10^{-9} \text{ A} = 190 \text{ nA}$$

Para $I_n \leq 190 \text{ nA}$ el efecto de las no idealidades es comparable con ella.

$$d) V_0 = (V_B - V_A) \frac{R_2}{R_1}$$

$$V_A = -n V_T \ln \frac{I_n}{I_s}$$

$$V_B = -n V_T \ln \frac{I_{ref}}{I_s}$$

$$V_0 = -n V_T \left(\ln \frac{I_{ref}}{I_s} - \ln \frac{I_n}{I_s} \right) \frac{R_2}{R_1}$$

$$I_n = 10 \mu A \Rightarrow \boxed{V_0 = -1,19}$$

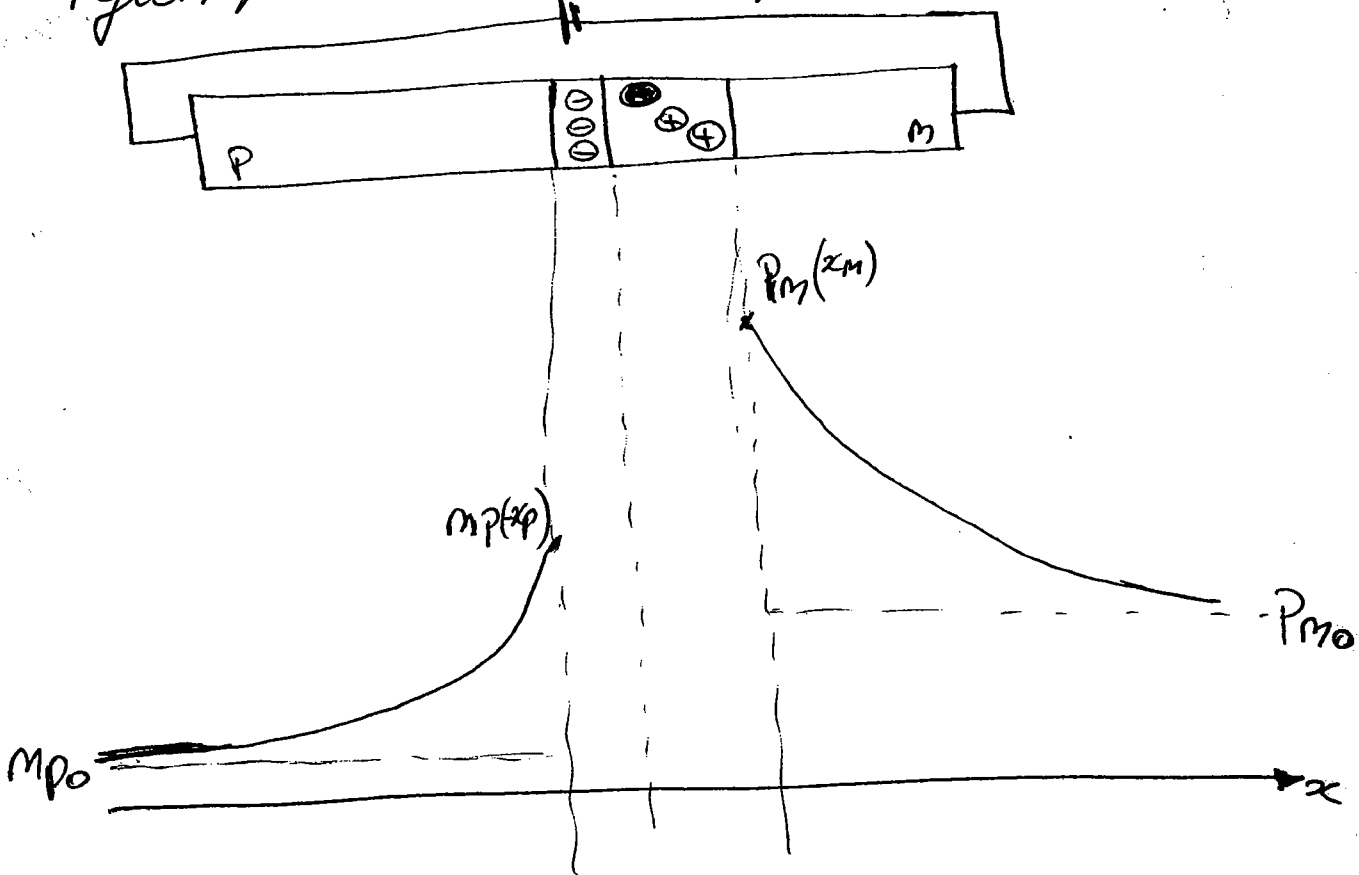
$$V_0 = \frac{R_2}{R_1} n V_T \ln \frac{I_n}{I_{ref}}$$

$$I_n = 10 mA \Rightarrow \boxed{V_0 = 0,60}$$

R_1 tiene que variar directamente proporcional a T

PREGUNTA:

región p mucho más dopada que n



Como la zona p está más dopada que la n, la zona de depleción del lado p es más estrecha (una misma cantidad de cargas fijas, queda "descubierta" en ~~menor~~ un volumen menor) y la concentración de huecos que se inyectan en el lado n es mucho mayor que los e^- que se inyectan del lado n al p.

b) la corriente directa por el diodo puede calcularse a partir de las corrientes de difusión de h^+ y e^- que atraviesan la juntura. Estos corrientes de difusión

son proporcionales al gradiente de concentración,
que en particular se puede calcular en los
bordes de la zona de depleción a partir
de los curvas $p_n(x)$ y $n_p(x)$, en particular
calculando $\left. \frac{dp_n(x)}{dx} \right|_{x=x_n}$ y $\left. \frac{dn_p(x)}{dx} \right|_{x=-x_p}$,
es decir las pendientes en el borde de las
zonas de depleción de la concentración de
portadores minoritarios a ambos lados de la
juntura.