

EXAMEN DE ELECTRONICA 1**02/08/2014**

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 (39 puntos)

Dado el regulador de tensión de la figura se pide:

- Asumiendo que D_z está en zona Zener y Q está en zona activa.
 - Hallar la expresión de la tensión V_o .
 - Si se considera que el rango de entrada en modo común ICMR del amplificador operacional OA no es ideal ¿Cuánto debe valer el ICMR para que el circuito opere correctamente?
 - Si OA tiene un voltaje de offset V_{offset} , corriente de polarización I_{bias} y corriente de offset I_{offset} . ¿Cuánto cambia V_o respecto al resultado hallado en a) en un peor caso?
 - Donde se debería colocar un resistencia y que valor debería tener para minimizar el efecto de las corrientes de polarización.
- Considerando que D_z y Q tienen los datos que indican más abajo y que OA tiene output swing entre OSW_{min} y OSW_{max} . Si se supone que V_o varía debido a que varía R_F ¿qué debe verificar el mínimo y máximo valor de V_o para que el circuito opere correctamente?

Datos:

D_z : $r_z = 0$, V_z , I_{ZT} y $P_{D_{MAX}}$.

Q : $\beta \gg 1$, V_{BE} , V_{CESAT} .

OA ideal salvo que se indique lo contrario.

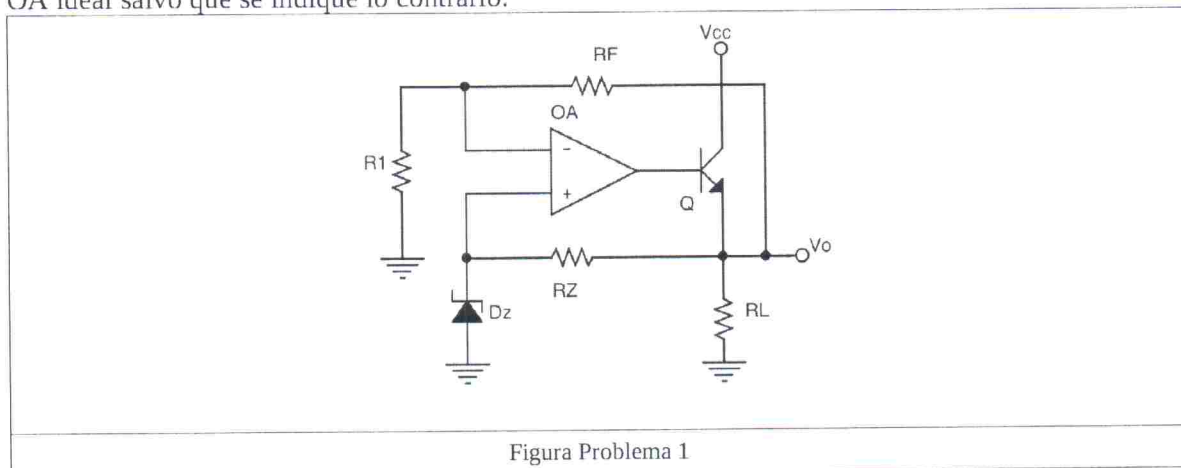


Figura Problema 1

PROBLEMA 2 (39 puntos)

Para el circuito de la figura se pide:

- La corriente de polarización de los transistores $M1$ y $Q1$.
- Ganancia V_o/V_{in} a frecuencias medias.
- Frecuencia de corte inferior
- Excursión a la salida.

Datos:

$R1 = 12k\Omega$; $R2 = 5,6k\Omega$; $R_S = 1k\Omega$; $R_D = 5,8 k\Omega$; $R_{E1} = 4,7k\Omega$; $R_{E2} = 27k\Omega$; $R_C = 47k\Omega$;

$C_i = 100nF$; $C_E = 1mF$; $V_{CC} = 15V$.

M1: $\beta_M = 1mA/V^2$; $\delta = 0,3$; $V_{t0} = 1V$

Q1: $\beta_Q = 200$; $V_{BE} = 0,7V$; $V_{CESAT} = 0,3V$

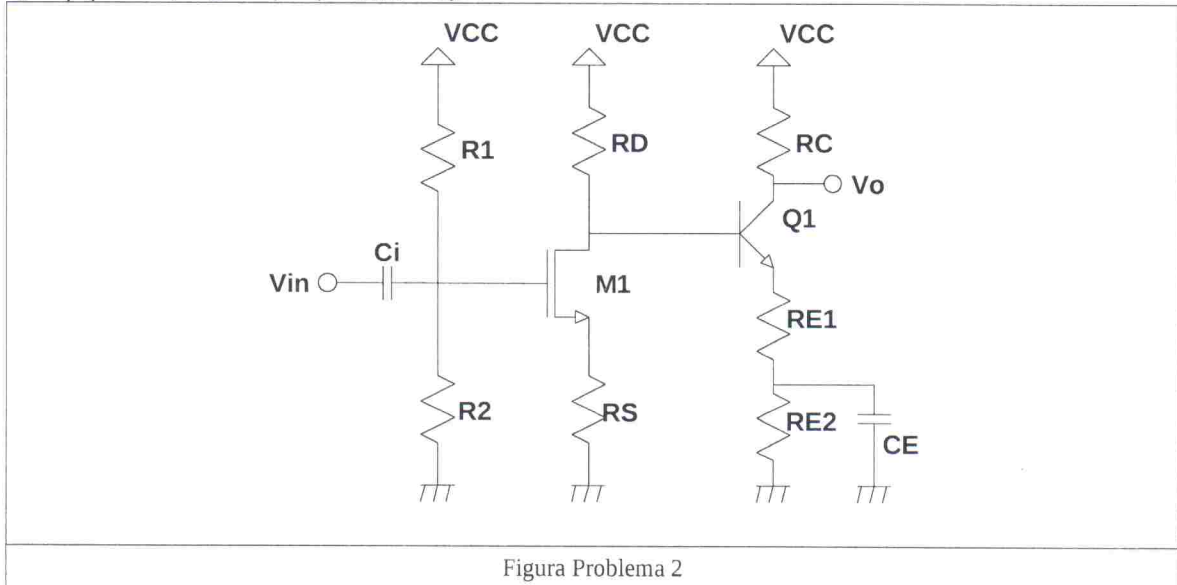


Figura Problema 2

PREGUNTA (22 puntos)

- a) Indicar gráficamente en la característica estática de transferencia de tensión entrada-salida de un inversor ($V_o = f(V_i)$) los valores de V_{OL} , V_{OH} , V_{IH} , V_{IL} , margen de ruido en nivel alto (NMH) y margen de ruido en nivel bajo (NML). Explicar claramente cómo se definen los puntos V_{IH} y V_{IL} y porqué.
- b) En el circuito de la figura, U1, U2 y U3 son inversores CMOS y R es tal que V_{OH} de U1 y U2 se puede asumir igual a V_{DD} .
 - i) Suponiendo que los diodos son ideales, determinar la función lógica $OUT = f(A,B)$.
 - ii) Si los inversores CMOS tienen parámetros V_{OL} , V_{OH} , V_{IH} , V_{IL} , determinar el margen de ruido en nivel alto disponible a la entrada de U3, si los diodos tienen tensión directa V_F .

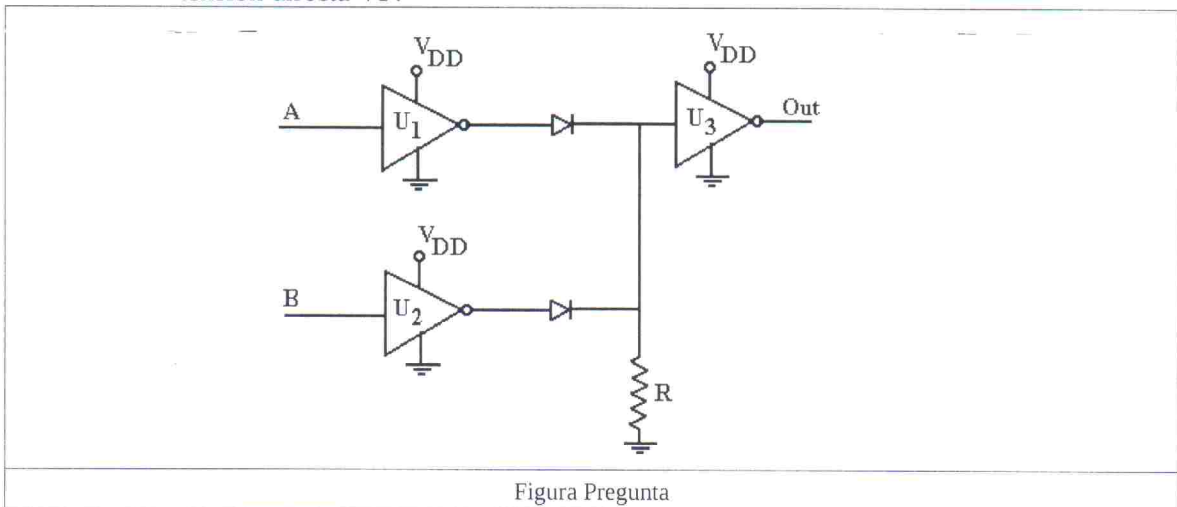


Figura Pregunta

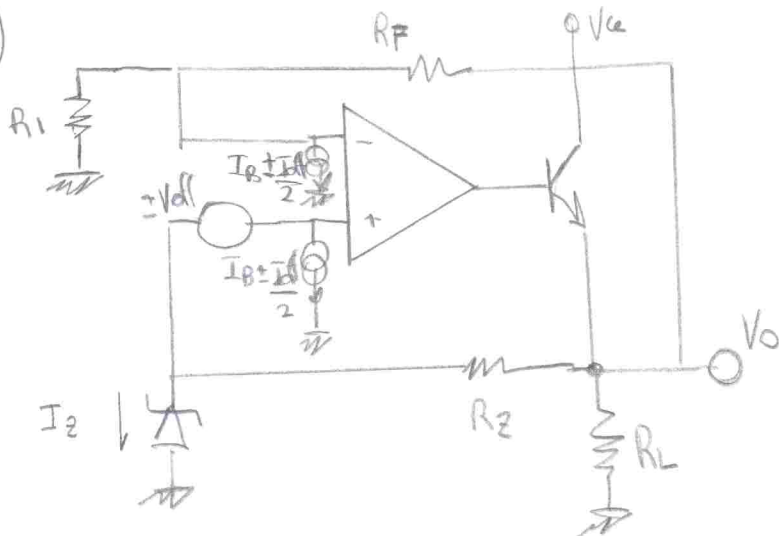
SOLUCION

Problema 1

i) Amplificador en configuración no inversora $\Rightarrow V_o = V_z \left(\frac{R_F}{R_1} + 1 \right)$

ii) ICMR debe incluir $\geq V_z$.

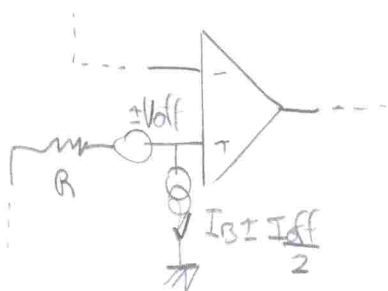
iii)



por superposición, tomando el peor caso.

$$V_o = V_z \left(\frac{R_F}{R_1} + 1 \right) + \left[V_{off} \left(\frac{R_F}{R_1} + 1 \right) + \left(I_B + \frac{I_{off}}{2} \right) R_F \right]$$

iv) La resistencia debe colocarse en serie a la entrada no inversora del amplificador.



aplicando nuevamente superposición, vemos que aparece un nuevo término en el resultado anterior de valor:

$$-R \left(I_B + \frac{I_{off}}{2} \right) \left(\frac{R_F}{R_1} + 1 \right)$$

\Rightarrow para anular el término en I_B tomamos $R = \frac{R_F}{\frac{R_F}{R_1} + 1} = R_F // R_1$

en este caso.

$$V_o = V_z \left(\frac{R_F}{R_1} + 1 \right) + \left[V_{off} \left(\frac{R_F}{R_1} + 1 \right) + I_{off} R_F \right]$$

(b)

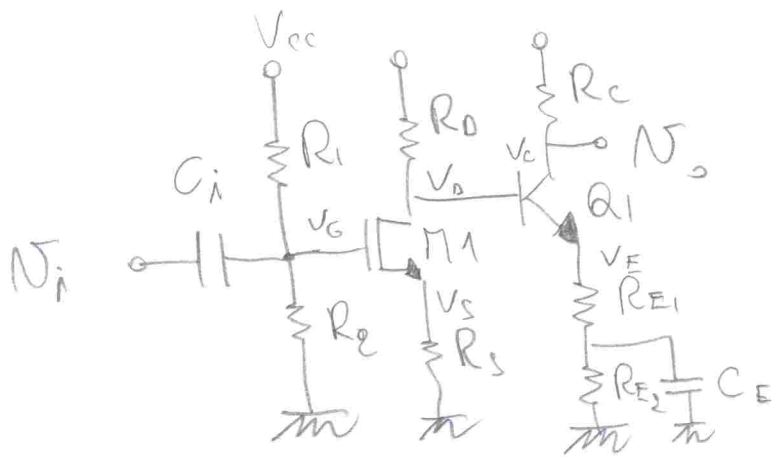
$$OS \rightarrow \begin{cases} V_o < OSW_{max} - V_{BE(on)} \\ V_o > OSW_{min} - V_{BE(on)} \end{cases}$$

$$Q_{2 \text{ in zorn}} \rightarrow \begin{cases} V_o < V_{cc} - V_{CE(sat)} \end{cases}$$

$$Q_2 \text{ in zorn} \quad I_{ZT} < \underbrace{\frac{V_o - V_Z}{R_Z}}_{I_Z} < \underbrace{\frac{P_{omax}}{V_Z}}_{I_{Zmax}}$$

$$V_{omax} = \min \left\{ OSW_{max} - V_{BE(on)}, V_{cc} - V_{CE(sat)}, \frac{P_{omax}}{V_Z} R_Z + V_Z \right\}$$

$$V_{omin} = \max \left\{ OSW_{min} - V_{BE(on)}, R_Z I_Z + V_Z \right\}$$



$$2) \quad V_G = \frac{R_2 V_{CC}}{R_1 + R_2} \quad V_A = V_{A0} + \delta V_{SB} \Rightarrow V_A = V_{A0}$$

$$I_D = \frac{\beta_M (V_G - V_S - V_{A0})^2}{2(1+\delta)} = \frac{V_S}{R_S} \Rightarrow (V_G - V_{A0} - V_S)^2 = \frac{2(1+\delta) V_S}{\beta_M R_S}$$

$$(V_G - V_{A0})^2 - 2(V_G - V_{A0})V_S + V_S^2 = \frac{2(1+\delta) V_S}{\beta_M R_S} \Rightarrow$$

$$V_S^2 - 2 \left[\underbrace{(V_G - V_{A0})}_b + \underbrace{\frac{(1+\delta)}{\beta_M R_S}}_c \right] V_S + \underbrace{(V_G - V_{A0})^2}_c = 0$$

Descarta V_{S1} porque $V_{GS} < 0$

$$\Rightarrow V_S = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4c}}{2} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} V_{S1} = 2,46V \\ V_{S2} = 1,68V \end{array} \right\} \Rightarrow V_S = 1,68V$$

$$\Rightarrow I_D = \frac{V_S}{R_S} \Rightarrow \boxed{I_D = 1,7 \text{ mA}} \Rightarrow V_B = V_D = V_{CC} - R_D I_D$$

$$\Rightarrow V_E = V_D - V_{BE} = 4,55V \Rightarrow I_C = \frac{V_E}{R_{E1} + R_{E2}} \Rightarrow \boxed{I_C = 143 \mu\text{A}}$$

$$b) G_1 = \frac{-g_{mM1} \overbrace{[R_D \parallel (r_{\pi} + (R_{s1} + 1) R_{E1})]}^{R_D}}{1 + g_{mM1} R_s} = -3,56$$

$$g_{mM1} = \frac{\beta_{M1} (V_{GS} - V_{th0})}{1 + \delta}$$

$$G_2 = \frac{-g_{m2} R_c}{1 + g_{m2} R_{E1}} \approx -\frac{R_c}{R_{E1}} = -9,63$$

$$\Rightarrow G = G_1 G_2 \Rightarrow \boxed{G = 34,23}$$

$$c) f_{pi} = \frac{1}{2\pi (R_i \parallel R_2) C_i} = 416,8 \text{ Hz}$$

Para el polo impuesto por C_E calcula la transferencia.

$$\Rightarrow G_2(\Delta) = \frac{-R_c}{R_{E1} + (R_{E2} \parallel 1/\Delta)} = \frac{-R_c (1 + R_{E2} C_E \Delta)}{(R_{E1} + R_{E2}) (1 + \Delta C_E (R_{E1} \parallel R_{E2}))}$$

$$\Rightarrow f_{pCE} = \frac{1}{2\pi C_E (R_{E1} \parallel R_{E2})} = 39,8 \text{ Hz}$$

$$\Rightarrow \boxed{f_{-3dB} \approx 416,8 \text{ Hz}}$$

d) Análisis saturación de Q_1

$$V_{CE} > V_{CESAT} \Rightarrow (V_C - V_{op}) - \left(V_E + \frac{V_{op}}{G_2} \right) > V_{CESAT}$$

$$V_C - V_E - V_{op} \left(1 + \frac{1}{G_2} \right) > V_{CESAT}$$

$$V_C - V_E - V_{CESAT} > \left(\frac{G_2 + 1}{G_2} \right) V_{op} \Rightarrow V_{op} > \left(\frac{G_2}{1 + G_2} \right) (V_C - V_E - V_{CESAT})$$

$$\Rightarrow V_{op}^{SAT} = \frac{G_2}{1 + G_2} (V_C - V_E - V_{CESAT}) = 3,8V$$

Análisis corte de Q_1

$$V_C + V_{op} < V_{CC} \Rightarrow V_{op} < V_{CC} - V_C \Rightarrow V_{op}^{Corte} = V_{CC} - V_C = 6,7V$$

$$V_{op}^{MAX} = \min \left\{ V_{op}^{SAT}, V_{op}^{Corte} \right\} \Rightarrow \boxed{V_{op}^{MAX} = 3,8V}$$