

EXAMEN DE ELECTRONICA 1

20/02/2010

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.

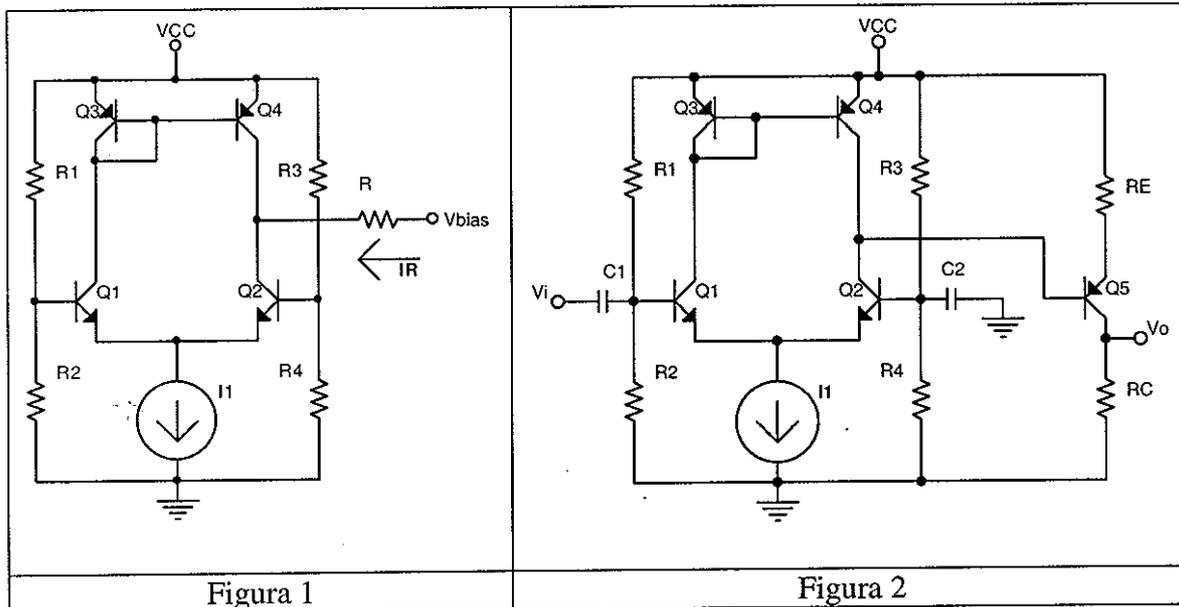
PROBLEMA 1 (40 puntos)

- Demuestre que para el circuito de la Figura 1, la corriente por R depende de β e I_1 y es independiente de R. V_{bias} es tal que los transistores operan en zona activa.
- Utilizando el resultado de la parte a) calcule el punto de funcionamiento de los transistores del circuito de la Figura 2
- Calcular la ganancia del circuito completo de la Figura 2 a frecuencias medias.
- Dimensionar C1 y C2 para que la caída de 3dB en baja frecuencia esté en 100Hz.

Datos: Q1 = Q2: $V_{BE} = 0.7V$, $\beta = 100$; Q3 = Q4 = Q5: $V_{EB} = 0.7V$, $\beta = 100$;

$R_1 = R_3 = 18k\Omega$; $R_2 = R_4 = 4.7k\Omega$; $R_E = 1.75k\Omega$; $R_C = 2.5k\Omega$

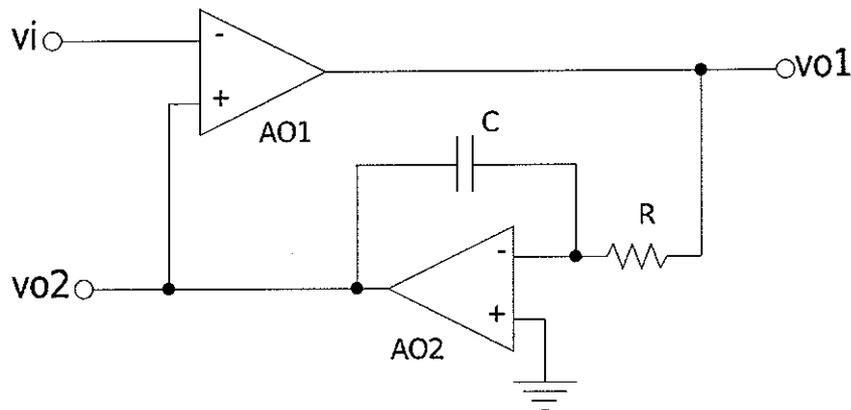
$V_{CC} = 12V$; $I_1 = 2mA$.



PROBLEMA 2 (40 puntos)

Para el circuito de la figura se pide:

- La transferencia v_{o1}/v_i si ambos amplificadores operacionales se consideran ideales, transferencia que denominaremos de aquí en más transferencia ideal.
- Si los operacionales tienen tensión de offset V_{off1} y V_{off2} , corrientes de polarización I_{bias1} , I_{bias2} y corrientes de offset $I_{offset1}$, $I_{offset2}$ respectivamente para OA1 y OA2,
 - Calcular la tensión DC a la salida v_{o1} debido a estas no idealidades.
 - ¿Dónde colocaría una resistencia y de qué valor para disminuir esta tensión DC? ¿A cuánto disminuiría la tensión DC?
- Calcular v_{imin} y v_{imax} que determinan el rango de tensiones DC (v_{imin}, v_{imax}) en que v_i puede variar para que el circuito opere correctamente si el rango de modo común de entrada de los operacionales es $(ICMR_{min1}, ICMR_{max1})$ y $(ICMR_{min2}, ICMR_{max2})$ respectivamente y el output swing (OSW_{min1}, OSW_{max1}) y (OSW_{min2}, OSW_{max2}) respectivamente. En todos los casos la tensión 0 (tierra) pertenece al rango de entrada en modo común y al output swing. Para esta parte se asumirá que los AO son ideales excepto por estas no idealidades y que la componente AC en v_i y la salida AC asociada con ella son ambas de amplitud despreciable.
- Se desea determinar hasta qué frecuencia el circuito aproxima la transferencia ideal bajo las siguientes hipótesis:
 - La frecuencia a determinar es mucho mayor que la frecuencia de caída de -3dB de la transferencia en loop abierto de los operacionales
 - AO1 tiene producto ganancia por ancho de banda f_T .
 - AO2 se supone ideal.



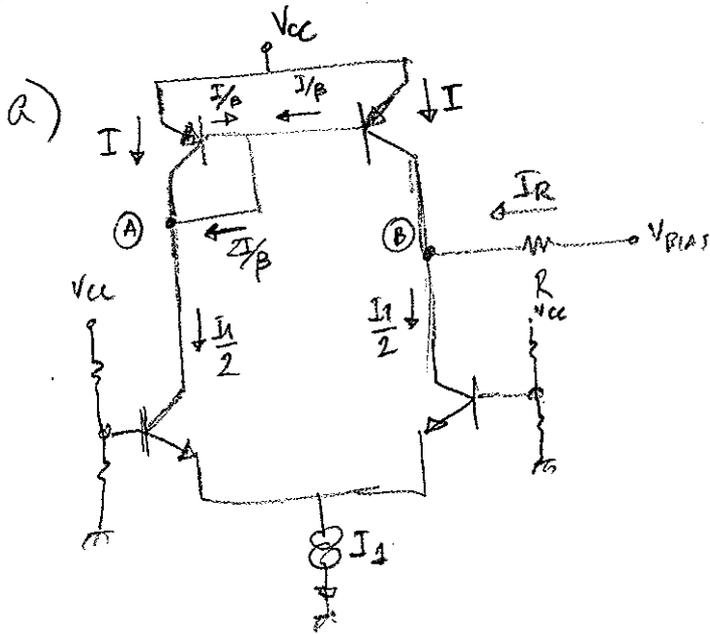
PREGUNTA (20 puntos)

En la figura se muestra un diodo de Silicio.

- a) ¿Qué lado de la juntura se dopó con fósforo (siendo fósforo una impureza donadora)? Justifique claramente
- b) Suponga que la juntura p-n está conectada en directo a un fuente V:
 - i. ¿A qué lado de la juntura se le conecta el borne positivo de la fuente V?
 - ii. Graficar cómo es la distribución de portadores minoritarios a lo largo del diodo dada esta configuración. Indicar en la gráfica las cantidades: n_{p0} , $n_p(x=0)$, $p_n(x=0)$. Supongo el caso que $N_A < N_D$.
 - iii. Para dos corrientes I_1 e I_2 , con $I_2 > I_1$ mostrar cómo varía la distribución de portadores minoritarios graficada en ii).

¿Cómo varían las componentes de la corriente de difusión y de arrastre (drift) a través de la juntura si disminuye el voltaje aplicado entre los bornes?

Problema 1:



$$\text{NODO (A): } I + \frac{2I}{\beta} = \frac{I_1}{2} \Rightarrow I = \frac{\beta}{\beta+2} \cdot \frac{I_1}{2}$$

$$\text{NODO (B): } I + I_R = \frac{I_1}{2} \Rightarrow I_R = \frac{2I}{\beta}$$

$$\Rightarrow I_R = \frac{2}{\beta} \cdot \frac{\beta}{\beta+2} \cdot \frac{I_1}{2} \Rightarrow I_R = \frac{I_1}{\beta+2}$$

Independiente de R

b) $V_{BQ1} = \frac{R_2}{R_1+R_2} V_{CC} = 2,48V$

$V_{BQ2} = \frac{R_4}{R_3+R_4} V_{CC} = 2,48V$

$I_{BQS} = \frac{I_1}{\beta+2} \Rightarrow I_{CQS} = \frac{\beta}{\beta+2} I_1 \approx I_1 = 2mA$

parte a)

$V_o = R_C I_1 = 5V$

$V_{EQS} = V_{CC} - (R_E \cdot I_1) = 8,5V$

	$V_B (V)$	$V_E (V)$	$V_C (V)$	$I_C (mA)$
Q1	2,48	1,78	11,3	1 mA
Q2	2,48	1,78	7,8	1 mA
Q3	11,3	12	11,3	1 mA
Q4	11,3	12	7,8	1 mA
Q5	7,8	8,5	5	2 mA

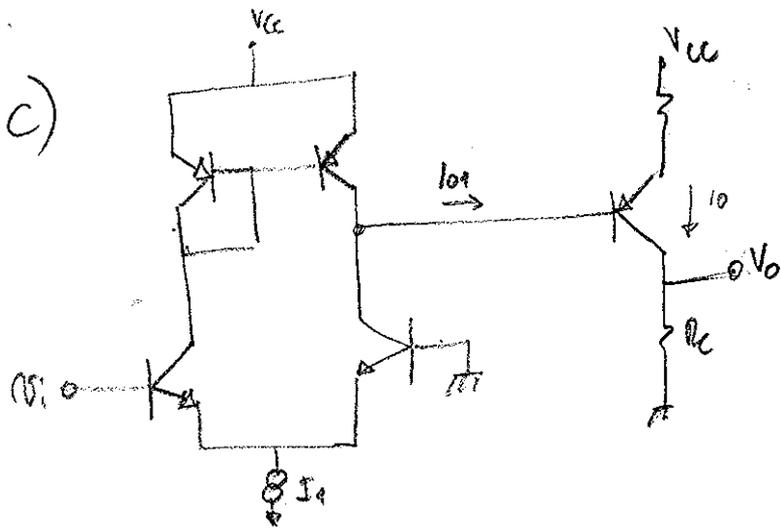
$r_{\pi} = \frac{\beta V_T}{I_C}$

$r_{\pi 1} = r_{\pi 2} = r_{\pi 3} = r_{\pi 4} = 2,6 k\Omega$

$r_{\pi 5} = 1,3 k\Omega$

$g_{m1} = 38,5 \mu A/V$

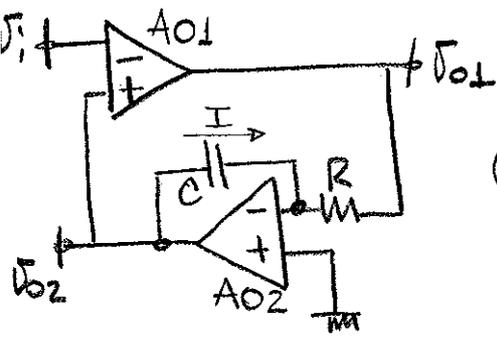
$g_{m2} = 76,9 \mu A/V$



en stat: $I_{01} = g_m V_i$
 $I_o = \beta \cdot I_{01}$ } $\Rightarrow I_o = \beta \cdot g_m V_i$
 $I_o = \frac{V_o}{R_c}$ } $\Rightarrow \boxed{\frac{V_o}{V_i} = \beta \cdot g_m \cdot R_c}$

d) $G_1, G_2: W_{c1} = \frac{1}{R_1 // R_2 // C_{T1} \cdot C_1} = 2\pi \cdot 100 \Rightarrow \boxed{C_1 = C_2 = 1 \mu F}$

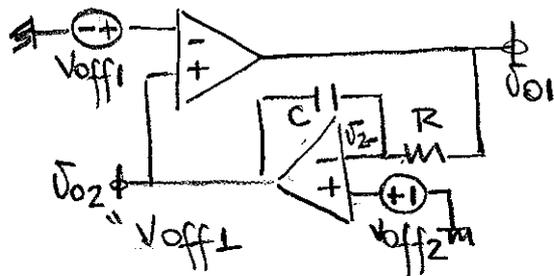
Problema 2



(a) x tierra virtual en AOs $\Rightarrow I = CS\bar{v}_i$
 $\bar{v}_{o1} = -RI$ $\rightarrow \boxed{\frac{v_{o1}}{v_i} = -RCs}$

(b) Hacemos superposición de efectos

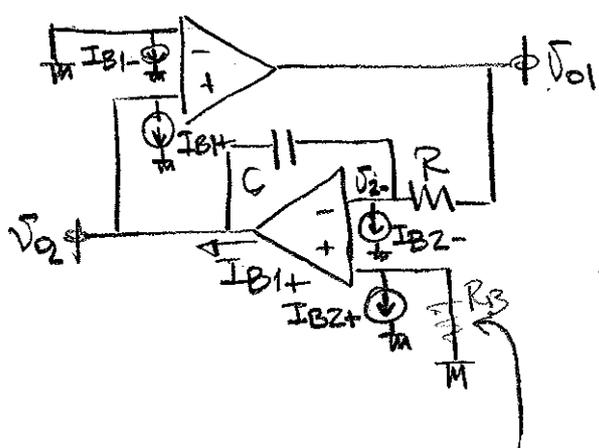
(i) Offset. modelo. Aquí el capacitor impide la circulación de corrientes continuas.



x tierra virtual $v_{2-} = v_{off2}$

$\Rightarrow \boxed{v_{o1} = v_{2-} = v_{off2}}$

(ii): corrientes de bias modelo.



Nuevamente en régimen no circula corriente a través del condensador

$\Rightarrow v_{o1} = v_{2-} + RI_{B2-} = RI_{B2-}$
 $\Rightarrow \boxed{v_{o1} = RI_{B2-}}$ x tierra virtual

superponiendo contribuciones

$v_{o1} = v_{off2} + RI_{B2-} = v_{off2} + R(I_{bias2} + \frac{I_{off2}}{2})$

(ii): colocando una resistencia \$R_B = R\$ se disminuye la contribución de Bias en \$v_{o1}\$

$v_{o1} = -RI_{B2+} + v_{off2} + RI_{B2-}$
 $= R(I_{B2-} - I_{B2+}) + v_{off2} = RI_{off2} + v_{off2}$

(c) AO2 impone tensión cero en \$v_{o1}\$, por lo que las tensiones restrictivas son \$v_i\$ y \$v_{o2}\$, que por tierra virtual son iguales, por lo tanto el rango de tensiones de entrada DC es:

$(v_{imin}, v_{imax}) = (\max\{ICMR_{min1}, OSW_{min2}\}, \min\{ICMR_{max1}, OSW_{max2}\})$

$$\textcircled{d}. \quad V_{o1} = A(s) (V_{o2} - V_i)$$

$$\text{AOZ ideal} \Rightarrow V_{o2} = -\frac{V_{o1}}{RCS} \text{ (integrador)}$$

$$A(s) = \frac{A_0}{1 + A_0s/\omega_t}$$

$$\Rightarrow V_{o1} \left(1 + \frac{A(s)}{RCS} \right) = -A(s) V_i \quad \rightarrow \quad \frac{V_{o1}}{V_i} = \frac{-A_0}{1 + A_0s/\omega_t + A_0/RCS}$$

$$\Rightarrow \frac{V_{o1}}{V_i} = \frac{-RCS A_0}{RCS (1 + A_0s/\omega_t) + A_0} \quad \overset{\textcircled{+}}{\omega \gg \omega_t/A_0} \quad \downarrow \quad \frac{-RCS}{\left(\frac{RC}{\omega_t}\right)s^2 + 1}$$

$$f_{\max} \ll \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\omega_t}{RC}}$$

gff
E. FIERRO.