

EXAMEN DE ELECTRONICA 1

22/12/03



50704704

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)

El circuito de la Figura 1 implementa un amplificador de ganancia variable basado en el comportamiento resistivo de un transistor MOS trabajando en zona lineal

- Hallar el rango de V_{cont} para que la ganancia varíe entre -2 y -10.
- Hallar el rango de V_{in} para que la hipótesis de operación en zona lineal se cumpla para todos los V_{cont} hallados en a).
- Hallar el ancho de banda del amplificador en el peor caso.
- Para luego implementar un control automático de ganancia se genera una señal con el circuito de la Figura 2 conectado a la salida del circuito de la Figura 1. Calcular la tensión en la salida V_{o2} si la señal en V_{o1} es una tensión sinusoidal con amplitud V_{o1p} , valor medio V_{o1DC} y frecuencia f_s .

Datos:

$\beta_{MI} = 0.2 \text{ mA/V}^2$, $V_t = 1 \text{ V}$, $\delta = 0$

$V_{CC} = 10 \text{ V}$

$V_D = 0.6 \text{ V}$

$1/(2\pi R_1 C_1) \ll f_s$, $1/(2\pi R_2 C_2) \ll f_s$.

El amplificador de la figura 1 se supondrá ideal salvo por su frecuencia de transición finita $f_T = 5 \text{ MHz}$.

Los amplificadores de la figura 2 se supondrán ideales.

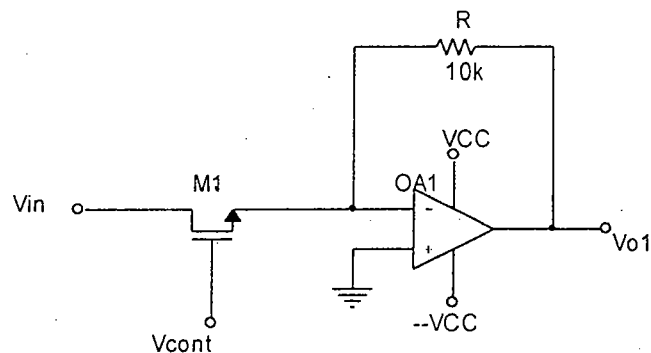


Figura 1

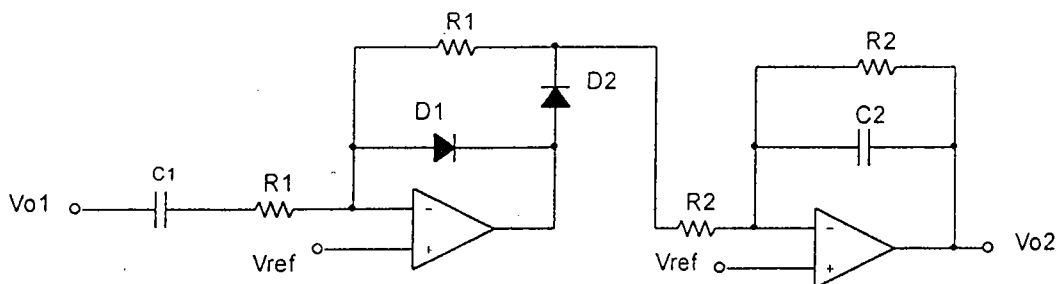


Figura 2

2/7

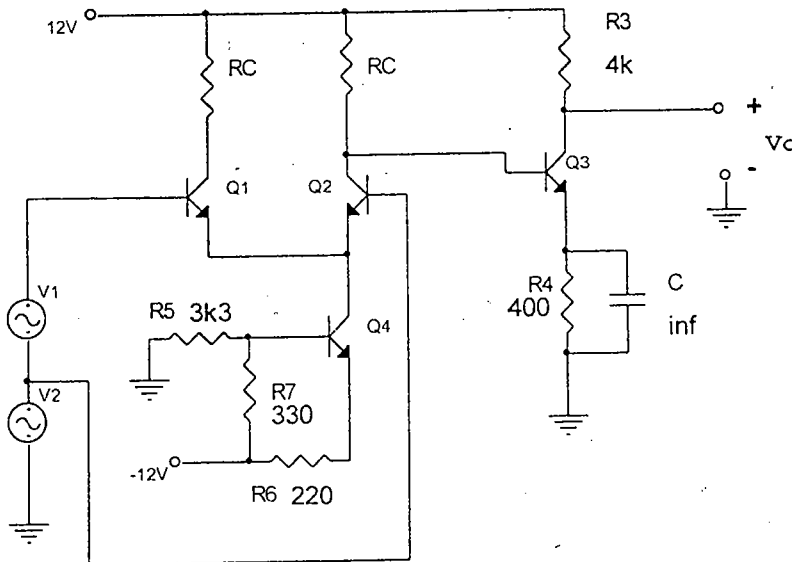
2/7

PROBLEMA 2 (40 puntos)

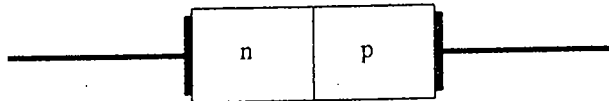
En el amplificador de la figura, todos los transistores son iguales y tienen $\beta=400$, $V_{BE}=0.7V$; $V_A=50V$; $V_T=26mV$, $V_{CEsat}=0.3V$.

Determine:

- Determine R_C para que se tenga excursión máxima a la salida
- Calcular el CMRR del circuito
- Cuales deben ser las amplitudes en V_1 y V_2 para que a la salida se tenga una amplitud igual a la máxima excursión calculada en a) y que el efecto de la señal en modo común sea 1/100 del efecto de la señal diferencial.



PREGUNTA (20 puntos)



En la figura se muestra un diodo de Silicio.

- ¿Qué lado de la juntura se dopó con Boro (siendo Boro una impureza aceptora)? Justifique claramente.
- Suponga que la juntura p-n está conectada en directo a una fuente V :
 - ¿A qué lado de la juntura se le conecta el borne positivo de la fuente V ?
 - Graficar cómo es la distribución de portadores minoritarios a lo largo del diodo dada esta configuración. Indicar en la gráfica las cantidades: n_{po} , p_{no} , $n_p(x=0)$, $p_n(x=0)$. Suponga el caso que $N_A < N_D$.
 - 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



2)

$$G = -\frac{R}{R_{M1}}$$

$$G = -2 \Rightarrow R_{M1} = 5K$$

$$G = -10 \Rightarrow R_{M1} = 1K$$

$$R_{M1} = \frac{1}{\beta_{M1}(V_{as} - V_t)} = \frac{1}{\beta_{M1}(V_{cont} - V_t)}$$

$$\beta_{M1}(V_{cont}|_{G=-2} - V_t) = \frac{1}{5K} \Rightarrow V_{cont}|_{G=-2} = 2$$

$$\beta_{M1}(V_{cont}|_{G=-10} - V_t) = \frac{1}{1K} \Rightarrow V_{cont}|_{G=-10} = 6$$

b) M_1 en zona Lineal $\Rightarrow V_{ds} < V_{as} - V_t$

$$V_{in} < V_{cont} - V_t$$

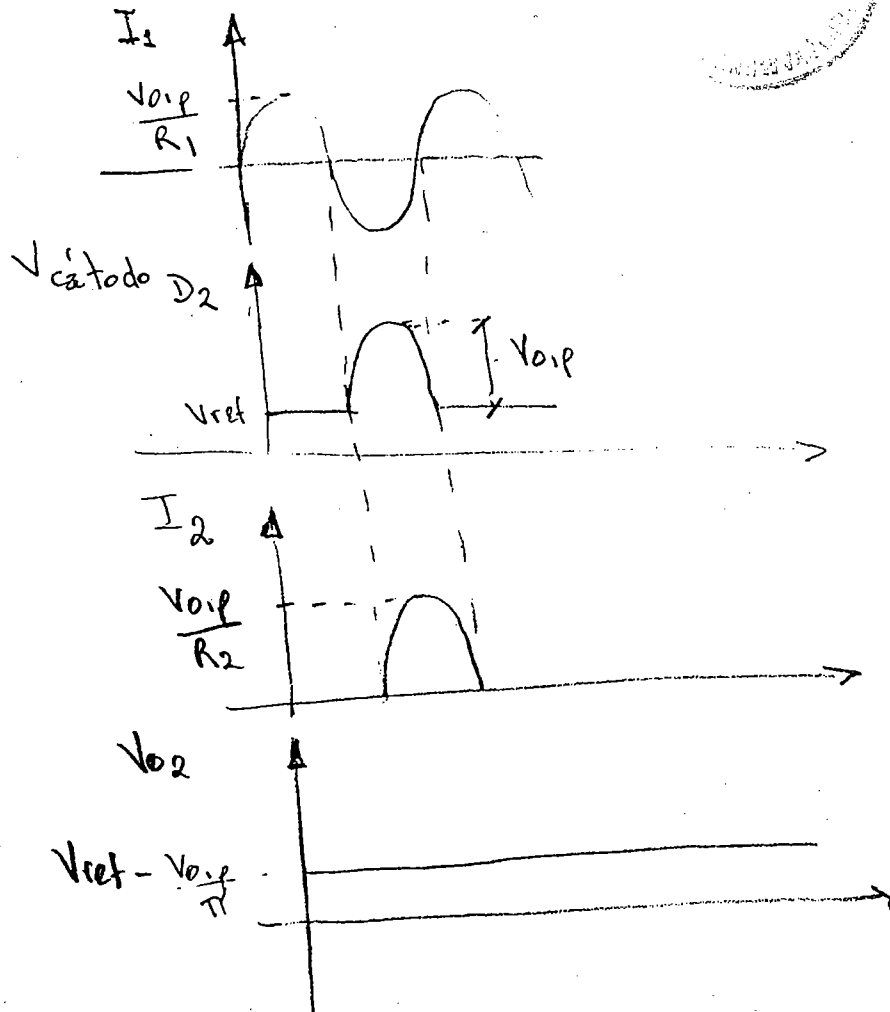
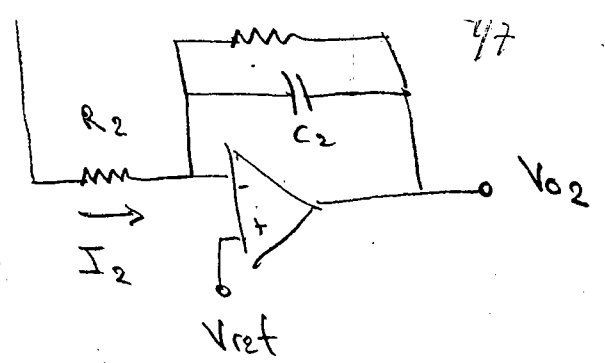
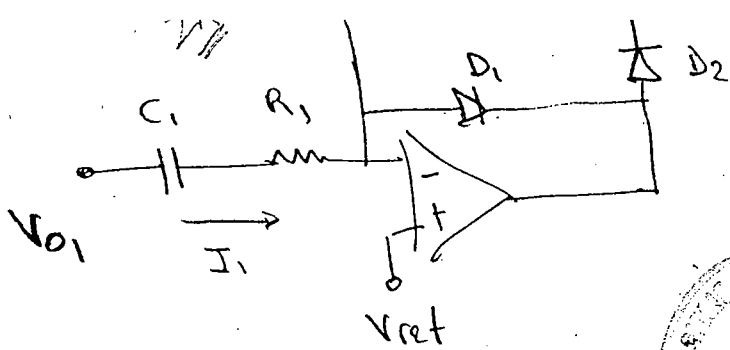
por caso $V_{cont} = 2 \Rightarrow V_{in} < 1V$

c) El peor caso se da cuando la ganancia es máx.

$$\Rightarrow f_b \approx \frac{f_r}{A_{max}} = \frac{5MHz}{10} = 500kHz$$

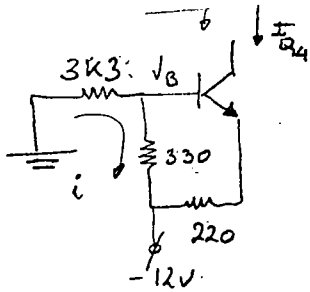
d) La primera etapa es un filtro pas-alto de frecuencia de corte $\frac{1}{2\pi R_1 C_1}$ y rectificador de mediz onda.

La segunda etapa es un filtro pasabajo de frecuencia de corte $\frac{1}{2\pi R_2 C_2}$.



$$V_{02} = V_{ref} - \frac{V_{oip}}{\pi}$$

Linder Reyes
LINDER REYES



Despreciando corriente de base

$$V_B = -12 \cdot \frac{3k3}{330 + 3k3} = -10,91V$$

$$I_{Q4} = \frac{V_B - 0,7 + 12}{220} \Rightarrow I_{Q4} = 1,47mA$$

$$\frac{I_{Q4}}{\beta} \ll i$$

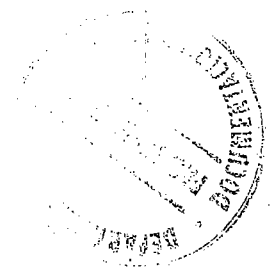
$$4,43 \mu A \ll \frac{12V}{6k8 + 68k}$$

$$3,75 \mu A \ll 160,4 \mu A$$

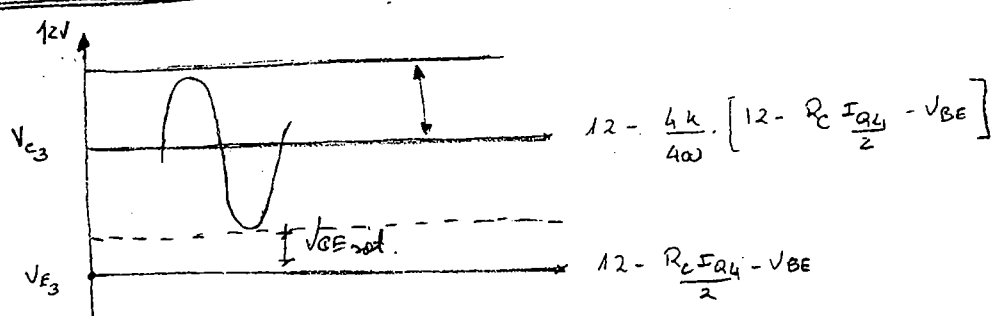
OK! (2,3%)

$$r_o = \frac{V_A}{I_{Q4}} = 28248,6 \Omega, \quad g_{m4} = \frac{I_{Q4}}{V_T} = 68,08 mS, \quad r_{\pi 4} = \frac{\beta}{g_{m4}} = 5875,44 \Omega$$

$$r_{o4} = r_o \left[1 + g_m \frac{220 \cdot r_{\pi 4}}{r_{\pi 4} + 220} \right] \approx 436,16 k\Omega \checkmark$$



Análisis de la excursión



Para maximizar la excursión imponemos al punto medio (que es lo mismo que calcular el pto medio de la recta de carga)

$$12 - 10 \left[12 - R_C \frac{I_{Q4}}{2} - V_{BE} \right] = \frac{1}{2} \left[12 + 12 - R_C \frac{I_{Q4}}{2} - V_{BE} + V_{CE sat} \right]$$

Resolviendo: $24V - 10 \cdot (22,6V - R_C I_{Q4}) = 23,6 - \frac{R_C I_{Q4}}{2}$

$$\Rightarrow -225,6V = -10,5 R_C I_{Q4} \Rightarrow R_C = 12138,8 \Omega \checkmark$$

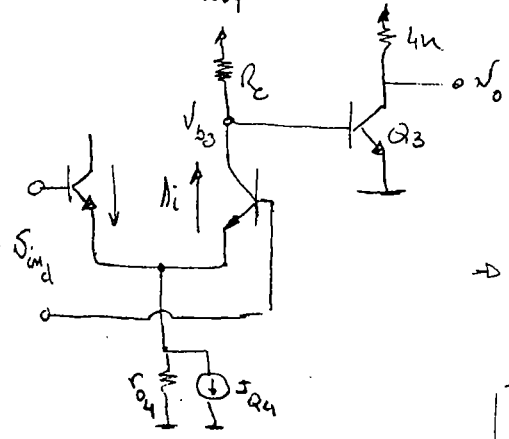
Con este valor

$$\begin{cases} V_{C3} = 6,3V \\ V_{E3} = 0,56V \\ I_{Q3} = 1,4mA \end{cases}$$

* Verificamos $\frac{I_{Q4}}{2} \ll \frac{I_{Q3}}{\beta}$
 \Rightarrow esto correcto despreciar I_{B3}

$$\Rightarrow r_{\pi 3} = \frac{\beta}{g_{m3}} = 7428,6 \Omega$$

$i_{m1} i_{m2} = \frac{-4\mu}{2V_T} = 34,03 \text{ mV}$, Para calcular la salida hay que ver todas las ganancias



$$i_c = g_{m1,2} \frac{v_{ind}}{2}$$

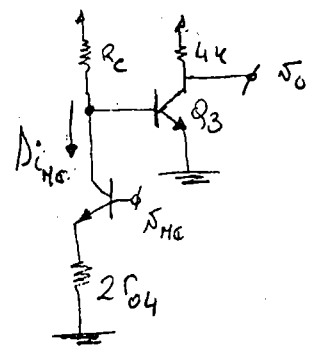
$$V_{b3} = (R_C \parallel r_{\pi 3}) \cdot i_c$$

$$\rightarrow A_{diff} = \frac{v_o}{v_{ind}} = -4k \cdot \beta \cdot \frac{(R_C \parallel r_{\pi 3})}{r_{\pi 3}} \cdot \frac{g_{m1,2}}{2}$$

$$A_{diff} = -17968 \text{ V/V}$$



Para la entrada en modo común



$$i_c \approx \frac{v_{Mc}}{2r_{04}} \rightarrow V_{b3} = - \frac{(R_C \parallel r_{\pi 3})}{2r_{04}} \cdot v_{Mc}$$

$$A_{Mc} = \frac{(R_C \parallel r_{\pi 3}) \cdot \beta \cdot 4k}{2r_{04} \cdot r_{\pi 3}} \rightarrow A_{Mc} = 1714 \text{ V/V}$$

$$5,28 \times 10^{-3}$$

$$CMRR = g_{m1,2} \cdot v_0 \Rightarrow CMRR = 84 \text{ dB} \quad (14842,5 \text{ V/V})$$

c) máxima amplitud: $\hat{v}_{o \text{ max}} = 5,44 \text{ V}$

$$\hat{v}_1 = \frac{5,44}{A_{diff}} = 0,3 \text{ mV}$$

$$\hat{v}_2 \cdot A_{Mc} = \frac{\hat{v}_1 \cdot A_{diff}}{100} \rightarrow \hat{v}_2 = \frac{CMRR}{100} \cdot \hat{v}_1 \rightarrow \hat{v}_2 = 44,5 \text{ mV}$$

$$v_o = A_{diff} v_1 + A_{Mc} v_2 \approx A_{diff} v_1$$

efecto de la señal de entrada diferencial

efecto de la señal de entrada modo común

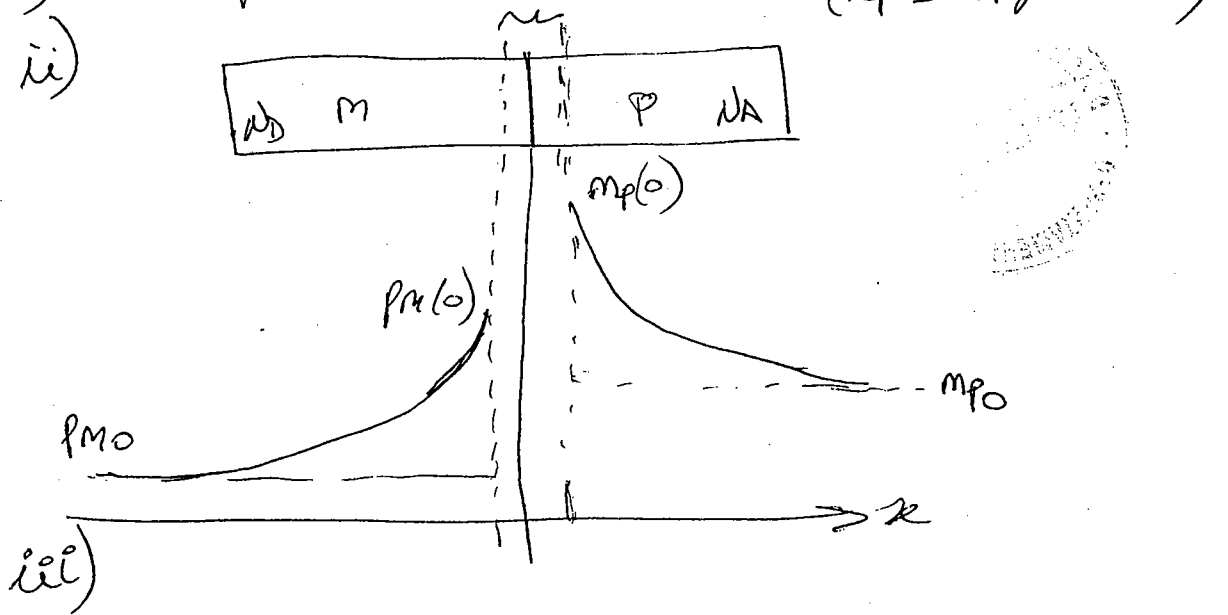
se asume $A_{Mc} v_2 < \frac{A_{diff} \cdot v_1}{100}$

Handwritten signature

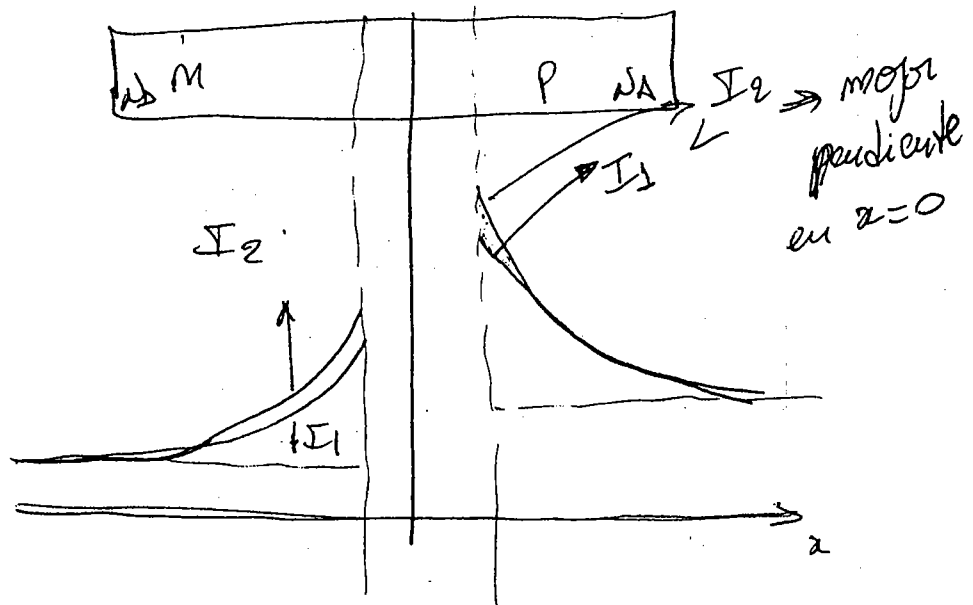
Preguntas:

a) lado p: la impureza aceptora, "acepta" electrones, genera huecos.

b) i) lado p
 ii)



iii)



iv) $V \text{ directo} \downarrow \rightarrow I \text{ difusión} \downarrow$
 $I \text{ drift} \uparrow$ (inversa)