



Examen de Electrónica 2
22/12/2004

Resolver cada problema en hojas separadas.

Duración de la prueba: 3 horas 30 minutos.

La prueba es **sin** material.

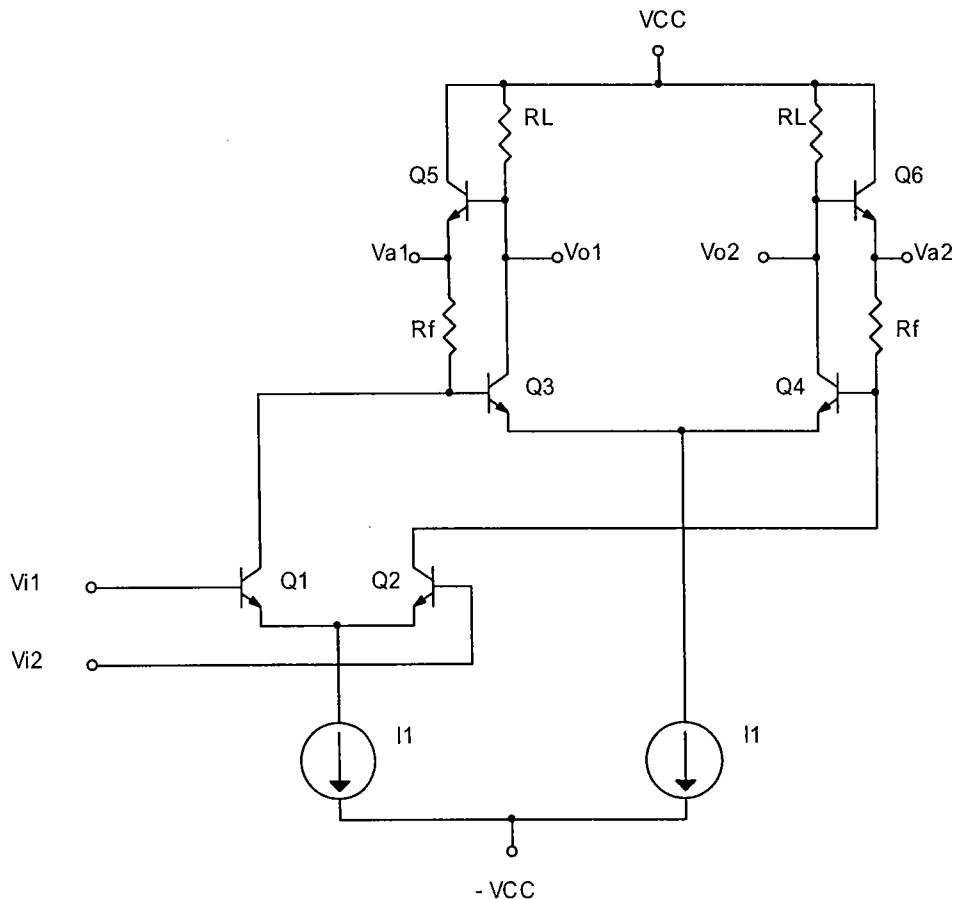
Los puntajes de los problemas se indican sobre un total de 100 puntos.

Problema 1 (40pts) :

En el circuito de la figura, los valores de los componentes son tales que:

- los transistores Q5 y Q6 se puede suponer que se comportan a baja frecuencia como seguidores ideales, es decir: $v_{a1}/v_{o1} \cong 1$ y $v_{a2}/v_{o2} \cong 1$ y la corriente de base de Q5 y Q6, tanto en continua como en señal es despreciable,
- $g_{m3,4} R_L \gg 1$, siendo $g_{m3,4}$ la transconductancia de los transistores Q3 y Q4.
- los transistores operan en la zona activa.

- a) Calcular la ganancia $v_{o1} - v_{o2} / v_{i1} - v_{i2}$ en baja frecuencia.
- b) Considerando que se puede mostrar que el efecto de los condensadores c_{π} de Q5 y Q6 es despreciable, dar la expresión numérica y literal del polo dominante del circuito si:
 - $I_1 = 10 \text{ mA}$, $R_L = 100 \Omega$, $R_f = 2.5 \text{ k}\Omega$,
 - Q1 a Q4 tienen $f_T = 300 \text{ MHz}$ @ $I_c = 10 \text{ mA}$, $c_{\mu} = 4 \text{ pF}$ y $c_{j_e} = 20 \text{ pF}$, $\beta = 300$ y
 - Q5 y Q6 tienen $c_{\mu} = 4 \text{ pF}$, $\beta = 300$



Problema 2 (40pts) :

- a) El circuito de la Fig. 1 es la etapa de entrada de un amplificador operacional para baja tensión de alimentación. Graficar el valor de la transconductancia i_{out}/v_{in} en función de la tensión continua V_{CM} de modo común a la entrada que varía entre 0 y V_{CC} . Indicar y justificar claramente los valores notables de la gráfica.
 - b) En el circuito de la Fig. 2, los bloques N y P sensan el nivel de modo común a la entrada para generar dos corrientes continuas I_{auxn} e I_{auxp} respectivamente, que se inyectan a la etapa de entrada de la parte a) como muestra la figura. Grafique cómo debe variar cada una de estas corrientes en función de V_{CM} (entre 0 y V_{CC}), de modo que la transconductancia i_{out}/v_{in} sea constante para todo V_{CM} e igual a la que se tiene en el circuito de la Fig.1 para $V_{CM}=V_{CC}/2$.
- Los transistores Q1 a Q8 tienen tensión base emisor o emisor base, según corresponda, V_{BE} y tensión de saturación V_{CESAT} .
 - Los transistores Q9 y Q10 tienen igual tensión de saturación V_{CESAT} y una tensión base emisor (o emisor base, según corresponda) $V_{BE910} = V_{BE} - V_{CESAT}$.
 - $V_{CC} > 2(V_{BE} + V_{CESAT})$
 - Para que los bloques N y P sean capaces de generar sus corrientes de salida, el nivel de tensión a la salida del bloque P no puede superar $V_{CC} - V_{CESAT}$ y el del bloque N no puede caer por debajo de V_{CESAT}
 - Los transistores de la Figura 3 tienen igual características que los transistores Q1 a Q8.
- c) La etapa de entrada de la Fig. 2 se utiliza en el amplificador operacional de la Fig. 3. Calcular la frecuencia de transición f_T , suponiendo un modelo de primer orden. Para esta parte considere $V_{CC}=3V$, $V_{BE}=0.7$, $R=150k\Omega$, $\beta=100$, $V_A=100V$ (tensión de Early para todos los transistores).

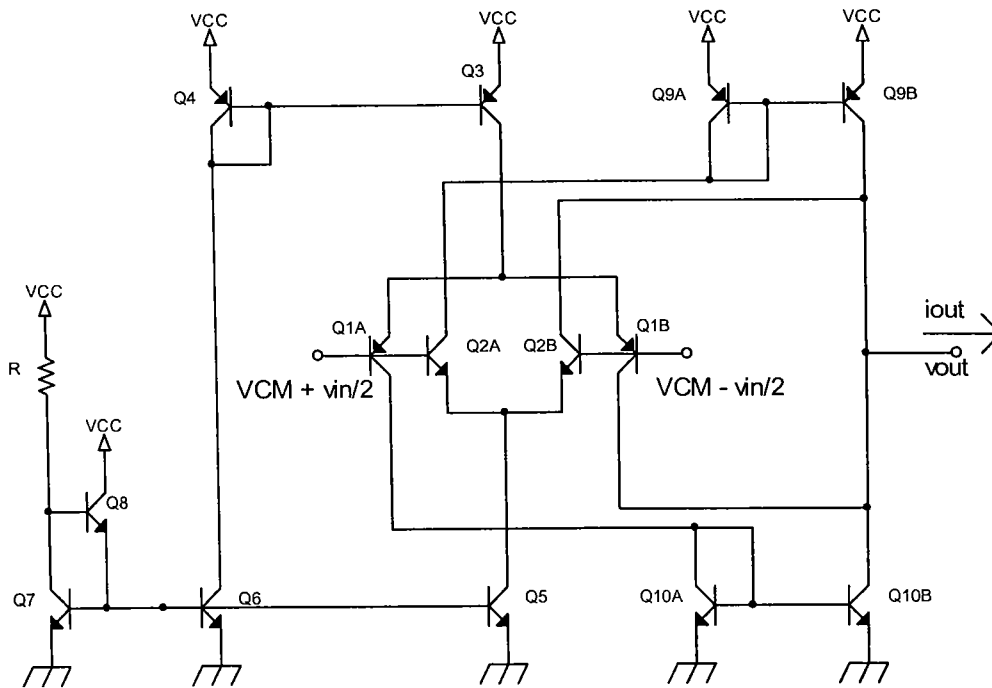


Figura 1

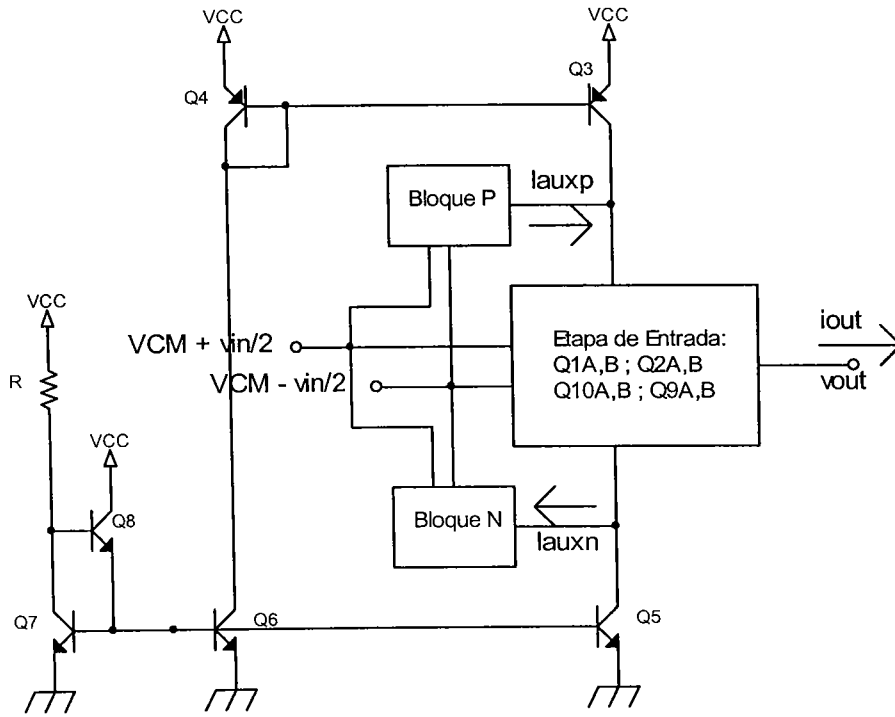


Figura 2

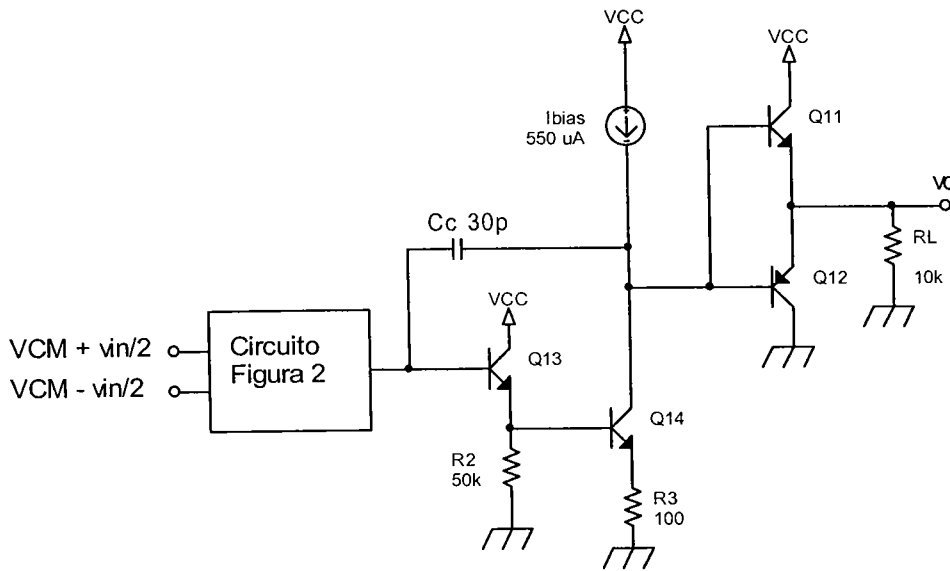


Figura 3

Pregunta :

- a) En los bloques de la Figura 1 calcular la corriente i_i en función de la corriente i_o si las tensiones aplicadas son tales que los transistores funcionan en la zona activa.
- b) En el circuito de la Figura 2, la fuente de corriente I_o requiere una tensión mínima en bornes para operar correctamente de valor V_{iomin} . Determinar la máxima potencia que se puede entregar a la carga R_L en función de I_o y V_{CC} , discutiendo para todo valor positivo de I_o y V_{CC} .
- c) Si los transistores Q_i tienen una tensión V_{BE}^i con i entre 1 y 5, determinar la relación $R2/R1$ necesaria para que el circuito opere correctamente en clase AB.
- d) Si se usa un preset para $R1$, indicar cómo se ajusta el mismo: en qué posición (valor máximo o valor mínimo) debe colocarse inicialmente y cómo se determina que se alcanzó el valor adecuado.

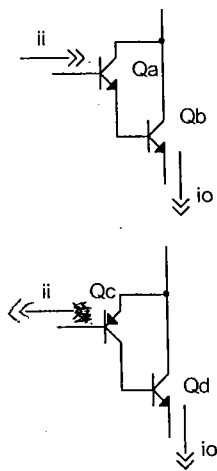


Figura 1

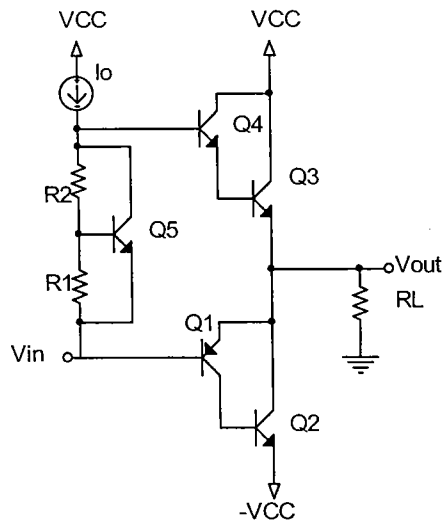
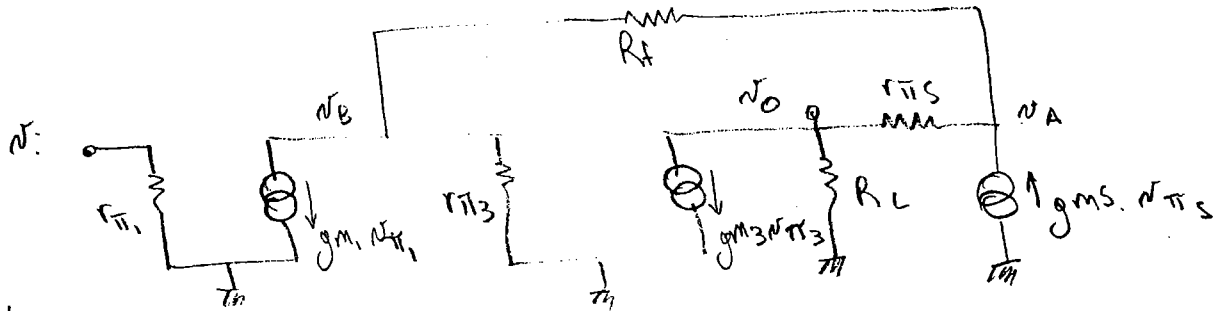


Figura 2

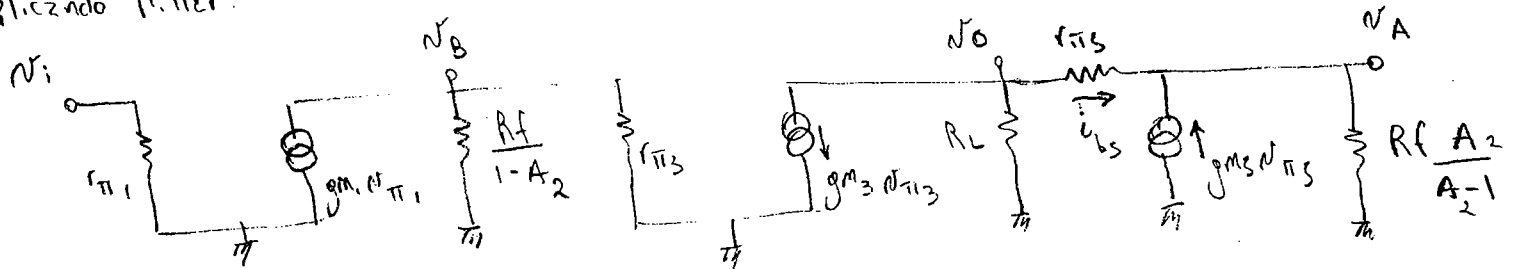
22/12/04

problema 1 :

Circuito simétrico. considere una mitad.



aplicando Miller.



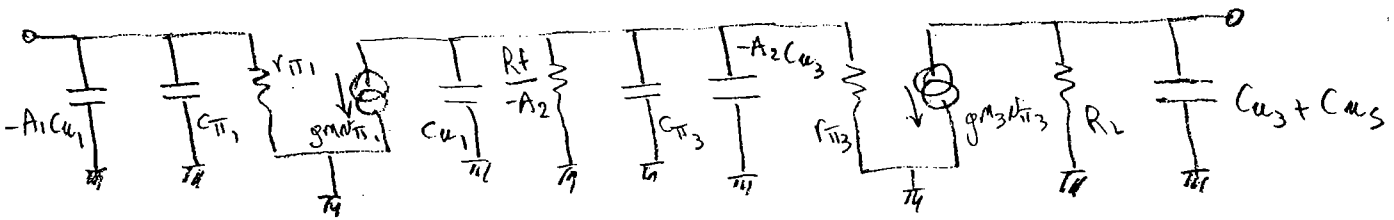
De la letra $N_A = N_0$, $N_{b5} \approx 0$

$$A_2 = \frac{N_0}{N_B} = -g_{m3} \cdot R_L$$

$$A_1 = \frac{N_B}{N_i} = -g_{m1} \cdot \frac{R_f}{g_{m3} \cdot R_L} \parallel r_{\pi 3} = -g_{m1} \cdot \frac{R_f}{g_{m3} R_L + r_{\pi 3}}$$

$$\frac{N_B}{N_i} = \frac{-g_{m1} \cdot R_f \cdot r_{\pi 3}}{R_f + g_{m3} r_{\pi 3} \cdot R_L} = \frac{-g_{m1} \cdot R_f \cdot r_{\pi 3}}{R_f + \beta \cdot R_L} = \frac{-\beta R_f}{R_f + \beta R_L}$$

$$A = A_1 \cdot A_2 = \frac{g_{m3} \cdot \beta \cdot R_f \cdot R_L}{R_f + \beta R_L}$$



$$\omega_{p1} = \frac{1}{\frac{R_F}{g_{m1} R_L} \parallel r_{\pi 1} (C_{w1} + C_{\pi 3} + g_{m3} R_L C_w)}$$

$$\omega_{p2} = \frac{1}{R_{L2} (C_{w3} + C_{w5})}$$

$$f_T = 300 \text{ MHz} \quad \text{② } I_C = 10 \text{ mA}$$

$$\frac{g_m = \frac{10 \text{ mA}}{26 \text{ mV}}}{2\pi (C_{\pi} + C_w)} = 300 \text{ MHz} \Rightarrow C_{\pi} + C_w = 204 \text{ pF}$$

$$C_w = 4 \text{ pF} \Rightarrow C_{\pi} = 200 \text{ pF} = C_{j2} + K \cdot I$$

$$\Rightarrow K = 18 \text{ pF/mA}$$

$$C_{\pi} \text{ ② } I_C = 5 \text{ mA} = 20 + 18 \cdot 5 = 110 \text{ pF}$$

$$f_{p1} = 7.16 \text{ MHz}$$

$$\Rightarrow f_{p2} = 199 \text{ MHz}$$

Problema 2

(e) Tengo q' analizar e q' rango funcionan los ptes $Q_{1A,B}$ y $Q_{2A,B}$:

$Q_{1A,B}$: $\rightarrow V_{cm} < V_{cc} - (V_{BE} + V_{CEsat})$ (por encima la fuente Q_3 se corta)

$\rightarrow V_{cm} > V_{BEq10} + V_{CEsat} - V_{BE} = 0$
 (por debajo, Q_{1A} se corta debido al espejo Q_{10A})

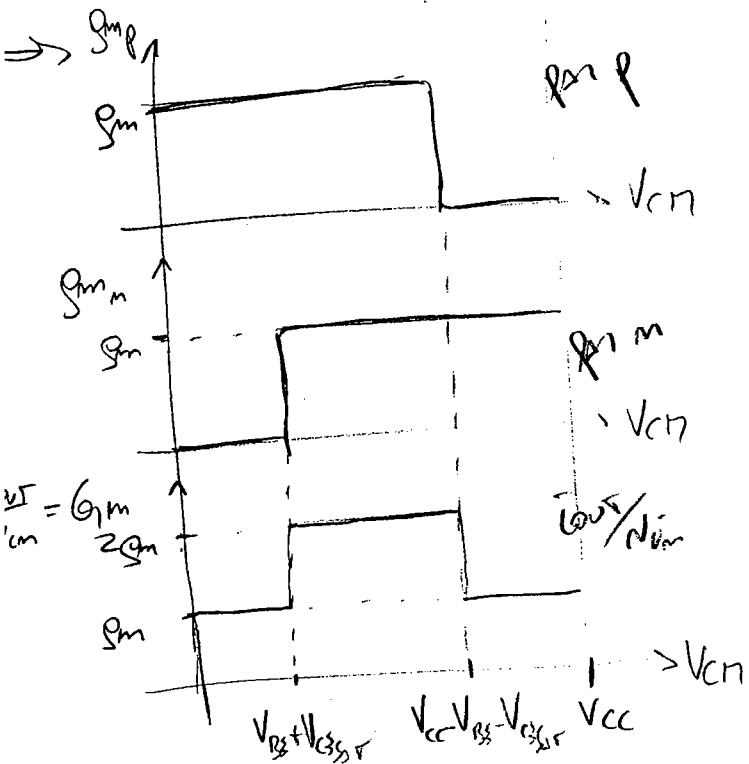
$Q_{2A,B}$: $\rightarrow V_{cm} > V_{BE} + V_{CEsat}$ (por debajo la fuente Q_5 se corta)

$\rightarrow V_{cm} < V_{cc} - V_{BEq10} - V_{CEsat} + V_{BE} = V_{cc}$
 (por encima Q_{2A} se corta debido al espejo Q_{9A})

Esta por afecta a la corriente i_{out} una corriente $g_m v_{in}$ cuando están funcionando.

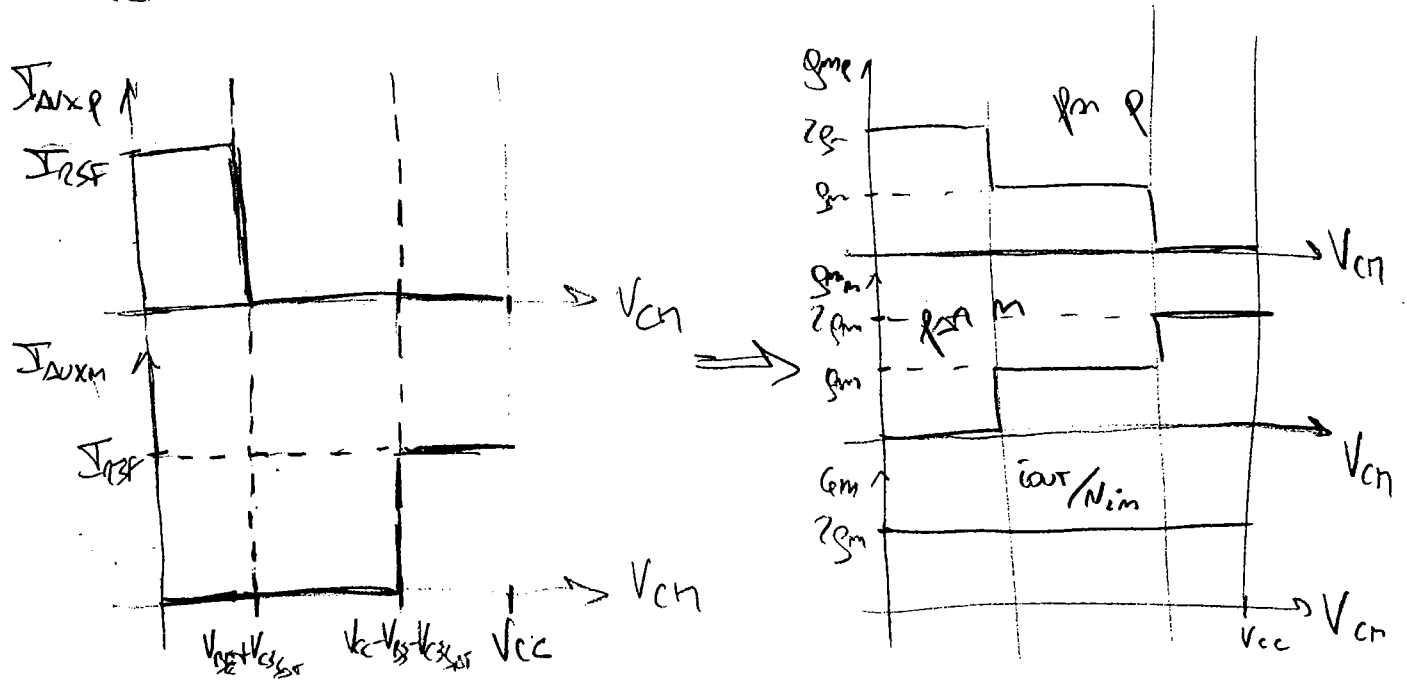
donde $g_m = \frac{I_{REF}}{2V_T}$ / $I_{REF} = \frac{V_{cc} - 2V_{BE}}{R}$ es

la corriente de polarización de los ptes generada por Q_7, Q_8 y R



En los extremos del rango de todo común tenemos $G_m = g_m = \frac{I_{REF}}{2V_T}$ y en la zona media $G_m = 2g_m = \frac{I_{REF}}{V_T}$

(b) Como no pueden generar I_{auxp} e I_{auxm} en las zonas donde los pnpes corresp. no funcionan, para lograr un $G_m = \frac{I_{REF}}{V_T}$ en todo el rango precisamos q' $g_{m_n} \rightarrow g_{m_p}$ tengan el doble de valor en las zonas donde cada par opera solo \Rightarrow preciso el doble de corriente en esas zonas.



EXAMEN ELECTRONICA DC/2004

(c) El circuito de la figura 2 es una transconductancia de valor G_m . Si se le aplica un modelo de 1ª orden y q' la ganancia de la segunda etapa (Q_{13}, Q_{14}) $\gg 1$

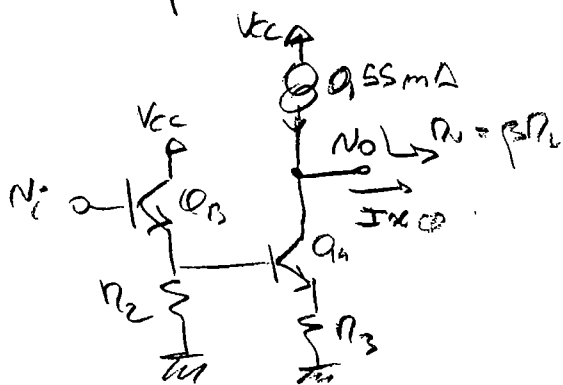
→ Frecuencia: $\omega_T = \frac{G_m}{C_c}$

$I_{REF} = \frac{V_{CC} - 2V_{BE}}{R} = 10,7 \mu A$

→ $G_m = \frac{I_{REF}}{V} = 0,41 \text{ mA/V}$

→ $f_T = \frac{G_m}{2\pi C_c} = 2,18 \text{ MHz}$

Debo verificar q' la ganancia de la segunda etapa es $\gg 1$:



$I_{C14} = 0,55 \text{ mA} \Rightarrow \begin{cases} g_{m14} = 21,2 \text{ mA/V} \\ r_{\pi 14} = 4,74 \Omega \\ r_{o14} = 182 \text{ k}\Omega \end{cases}$

→ $V_{E13} = 0,755 \text{ mV}$

→ $I_{C13} = 15 \mu A \Rightarrow g_{m13} = 0,58 \text{ mA/V}$

$R_{U13} = R_2 \parallel (r_{\pi 14} + \beta R_3) = 11,36 \text{ k}\Omega$

→ $\frac{N_{B14}}{N_i} = \frac{g_{m13} R_{U13}}{1 + g_{m13} R_{U13}} = 0,87$

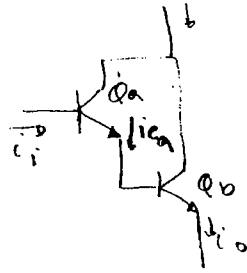
$N_{O14} = r_{o14} (1 + g_{m14} (R_3 \parallel (r_{\pi 14} + R_{U14}))) \approx r_{o14} (1 + g_{m14} R_3) = 0,57 \text{ M}\Omega$

→ $|A_2| = \frac{N_{B14}}{N_i} \cdot \frac{N_O}{N_{B14}} \approx 0,87 \times \frac{g_{m14} (N_{O14} \parallel \beta R_L)}{1 + g_{m14} R_2} \approx 503 \text{ V/V} \gg 1$

Pregunta. Examen - E2 - Diciembre - 2004

a)

Bloque 1:
(Configuración Darlington)

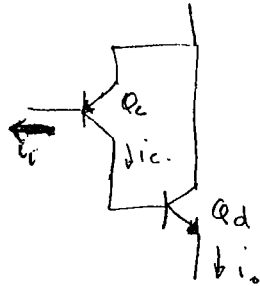


$$i_{e1} \approx \beta_N \cdot i_i$$

$$\Rightarrow i_o = \beta_N^2 \cdot i_i$$

$$i_o = \beta_N \cdot i_{e2} = \beta_N^2 \cdot i_i$$

Bloque 2:
(Configuración push-pull)

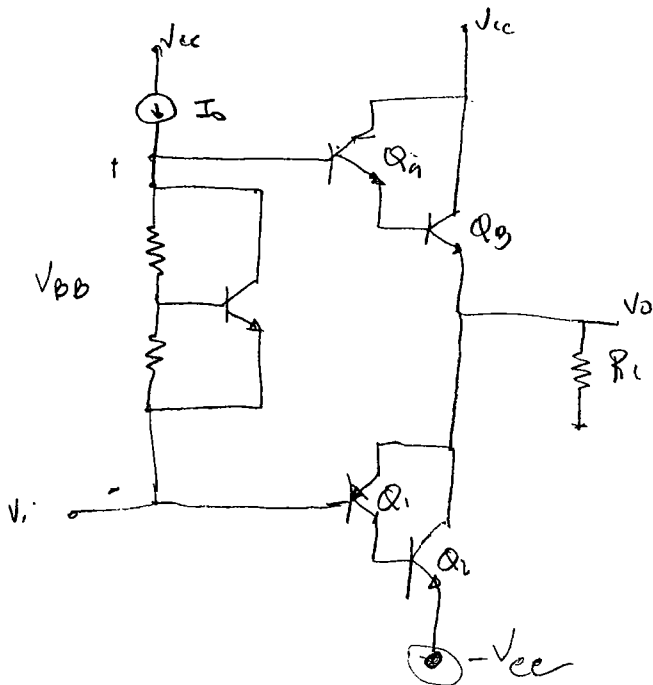


$$i_{e1} \approx \beta_P \cdot i_i$$

$$\Rightarrow i_o = \beta_N \beta_P i_i$$

$$i_o \approx \beta_N i_{c1} = \beta_N \beta_P i_i$$

b)



$$V_{cc}: P_{M\acute{o}x} = \frac{V_o^2}{2 R_L}$$

Para q' los transistors funcionen en zona activa, hay un límite

en $V_o^{\acute{m}o}x$:
$$V_o^{\acute{m}o}x = V_{cc} - V_{i\acute{o}m\acute{i}n} - V_{BE}^{Q4} - V_{BE}^{Q3}$$

En el caso límite:
$$P_{M\acute{o}x}^{V_{cc}} = \frac{(V_{cc} - V_{i\acute{o}m\acute{i}n} - V_{BE}^{Q4} - V_{BE}^{Q3})^2}{2 R_L}$$

I_0 : Despreciando la corriente por R_1 y R_2 y considerando el caso límite, cuando I_0 pasa completamente por Q_4 y Q_3 :

$$I_L^{max} \approx \beta_N^2 \cdot I_0 \Rightarrow V_{out} = I_L^{max} \cdot R_L$$

$$\rightarrow P_{max} = \frac{\beta_N^4 \cdot I_0^2 \cdot R_L}{2}$$

$$\Rightarrow P_{min} = \min \left\{ P_{max}^{V_{cc}}, P_{max}^{I_0} \right\}$$

$$c) V_{BE3} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) = V_{BE1} + V_{BE4} + V_{BE3}$$

$$\rightarrow \boxed{\frac{R_2}{R_1} = \frac{V_{BE1} + V_{BE4} + V_{BE3}}{V_{BE3}} - 1}$$

d) se varía R_1 pues si se varía R_2 puede cortarse Q_3 . Podría ocurrir lo mismo si $R_1 \rightarrow 0$, entonces se agrega un potenciómetro en serie con R_1 .

Este preset inicialmente, se coloca en la posición de resistencia, así R_1 es máxima y la caída V_{BE} es mínima de forma q' por Q_1 a Q_4 no circula mucha corriente.

El preset luego se ajusta, alcanzándose el valor adecuado cuando ~~se~~ desaparece la distorsión por cwise. —

Rafael Padilla