



50706889

Examen de Electrónica 2
28/07/2004

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.

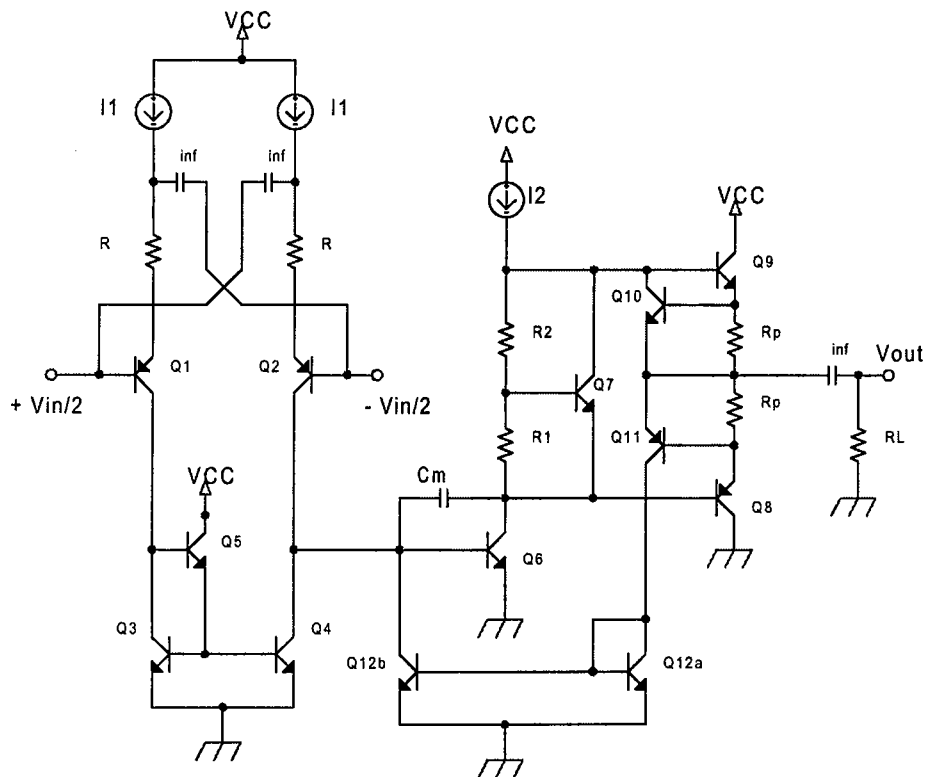
Problema 1 (40 puntos):

- a) En el circuito de la figura, calcule la ganancia a baja frecuencia.
- b) Determinar la frecuencia de transición del circuito, asumiendo un modelo de primer orden para el mismo.
- c) Explique la función de los transistores Q10 y Q11. Detalle cómo operan tanto para el caso de Q10 como el de Q11.

NOTAS:

Todos los transistores son idénticos, con $\beta \gg 1$ y se desprecia el efecto Early.

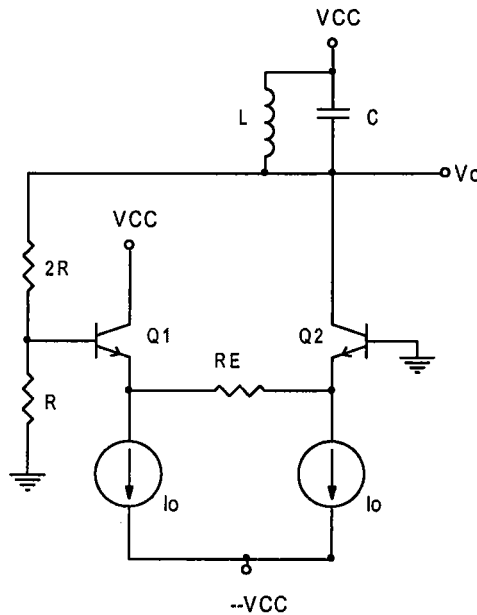
$R_p \ll R_L$



Problema 2 (40 puntos):

En el oscilador de la Figura todos los transistores son idénticos con $\beta \gg 1$ y se cumple que $R_{E}I_0/V_T \gg 2$, determinar:

- Frecuencia y condición de oscilación.
- ¿Cuál es la máxima amplitud de oscilación admisible para que el par diferencial T1, T2 opere en su zona lineal ?
- Si la resistencia R_E depende de la amplitud de pico en V_o según la siguiente expresión: $R_E = R_{E0}(1+k \cdot V_{op}^2)$. Determinar k para que el oscilador funcione correctamente con una amplitud que sea la mitad de la determinada en b). ¿Qué condición debe cumplir R_{E0} para que el oscilador arranque ?



Pregunta (20 puntos):

Para los circuitos de las Figuras 1 y 2, compare la ganancia a frecuencias medias y la frecuencia de corte superior. Fundamente cualitativamente.

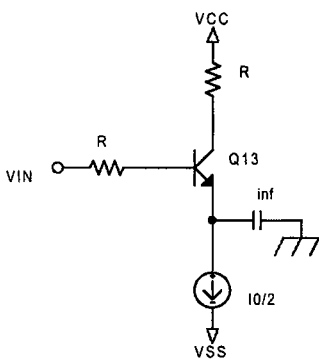


Figura 1

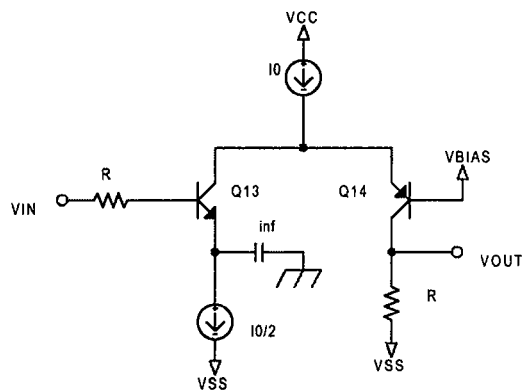
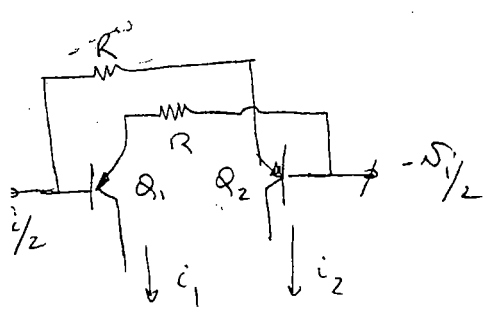
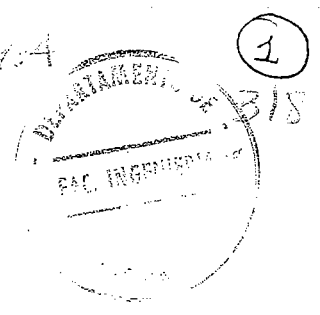


Figura 2

ELECTRONICA 2, 7/2004

204



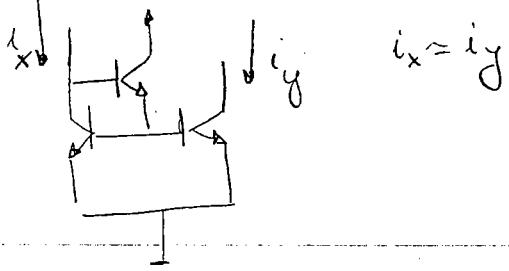
$$\begin{cases} i_1 = g_m (v_{eQ1} - v_{i/2}) \\ i_1 = \frac{-v_{i/2} - v_{eQ1}}{R} \end{cases}$$

despejando

$$\rightarrow v_{eQ1} = \frac{g_m R - 1}{1 + g_m R} \frac{v_i}{2} \rightarrow i_1 = \frac{-g_m}{1 + g_m R} v_i$$

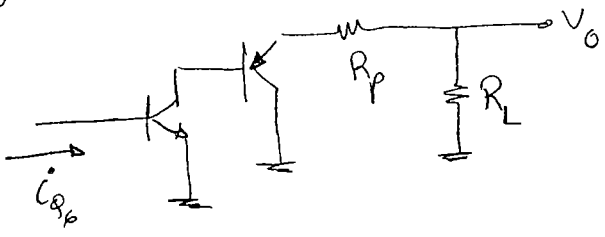
analogamente: $i_2 = \frac{g_m}{1 + g_m R} v_i$

En el bloque que carga lo etapo de entrada



Segundo etapo, en senal, medio ciclo

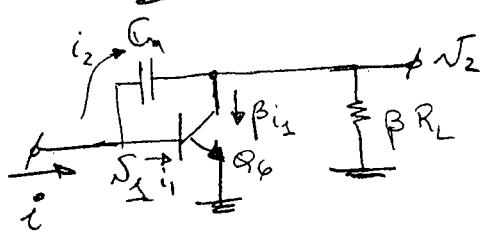
$$\rightarrow i_{Q6} = \frac{2 g_m}{1 + g_m R} v_i$$



$$\rightarrow v_o = -R_L \cdot \beta^2 \frac{2 g_m}{1 + g_m R} v_i$$

$$\Rightarrow \boxed{A = -\beta^2 R_L \cdot \frac{2 g_m}{1 + g_m R}} \quad g_{mQ1} = g_{mQ2} = \frac{I_1}{V_T}$$

b) comune 2



1) $i = i_1 + i_2$

2) $\beta i_1 - i_2 = -\frac{v_o}{\beta R_L}$

3) $v_1 = i_1 r_{\pi}$

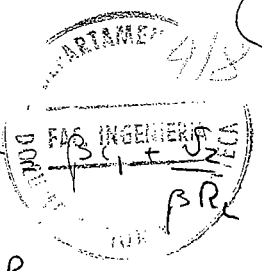
4) $(v_1 - v_2) C_m s = i_2$

($R_p \ll R_L$ por letra)

$$r_{\pi} = r_{\pi Q6} = \frac{\beta V_T}{I_2}$$

casos 4 ecuaciones:

Z/A



$$\begin{aligned} 1) & \rightarrow (r_{\pi} i_1 - v_2) C_m s = i_2 \\ 2) & \rightarrow \beta i_1 + \frac{v_2}{\beta R_L} = i_2 \end{aligned}$$

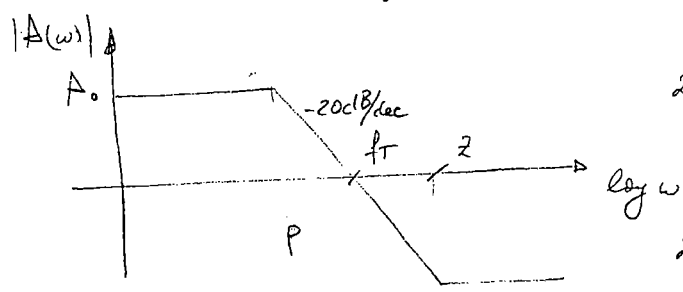
$$\begin{aligned} & \rightarrow (r_{\pi} i_1 - v_2) C_m s = i_2 \\ & \Rightarrow i_1 = \frac{C_m s + 1/\beta R_L}{r_{\pi} C_m s - \beta} v_2 \\ & \Rightarrow i_2 = \left[\frac{1}{\beta R_L} + \beta \cdot \frac{C_m s + 1/\beta R_L}{r_{\pi} C_m s - \beta} \right] v_2 \end{aligned}$$

$$\Rightarrow i = \frac{v_2}{\beta R_L (r_{\pi} C_m s - \beta)} \cdot \left[\beta R_L C_m s + 1 + (r_{\pi} + \beta^2 R_L) C_m s \right]$$

con unas cuentas $G = \frac{v_2}{i} = \frac{\beta R_L (r_{\pi} C_m s - \beta)}{(\beta^2 R_L + \beta R_L + r_{\pi}) C_m s + 1}$

Finalmente $\frac{v_o}{v_i} \approx 1$ y $i = \frac{2g_m}{1+g_m R} v_i$

$$\Rightarrow A(s) = \frac{v_o}{v_i} \approx \frac{2g_m}{1+g_m R} \cdot \frac{\beta R_L (r_{\pi} C_m s - \beta)}{1 + (\beta^2 R_L + \beta R_L + r_{\pi}) C_m s}$$



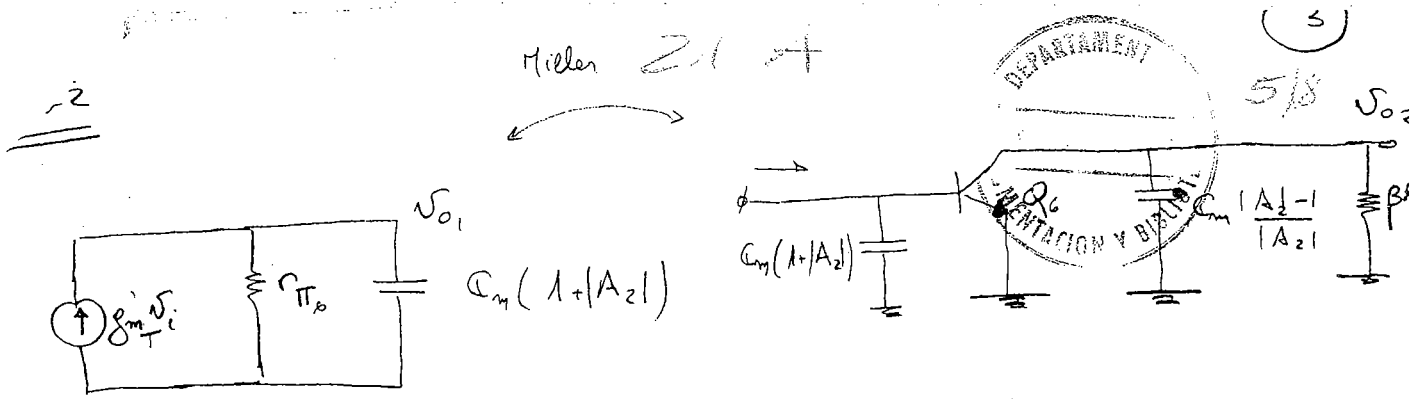
$$2\pi f_p \approx \frac{1}{\beta^2 R_L C_m}$$

$$2\pi f_z = \frac{\beta}{r_{\pi} C_m}$$

$$A_0 = \frac{2g_m \beta^2 R_L}{1+g_m R} \Rightarrow A_0 \cdot f_T = f_T$$

$$f_T = \frac{2g_m}{2\pi(1+g_m R) C_m}$$

g_m de Q_1 y Q_2



modelo de primera etapa.

$$g_{mT} = \frac{2g_m}{1+g_m R}$$

$$\frac{v_{o1}}{v_i} = \frac{g_{mT} r_{\pi 6}}{s r_{\pi 5} C_m |A_2| + 1}$$

$$\Rightarrow \frac{v_{o2}}{v_i} = \frac{|A_2| g_{mT} r_{\pi 6}}{1 + r_{\pi 6} C_m |A_2| s}$$

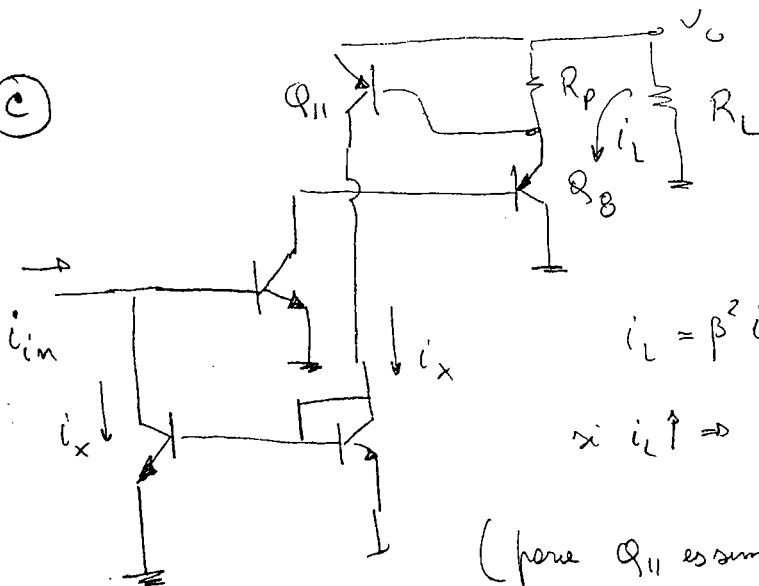
$$f_T / \frac{v_{o2}}{v_i} = 1 \quad \Rightarrow \quad \frac{v_{o2}}{v_i} = \frac{|A_2| g_{mT} r_{\pi 6}}{s r_{\pi 6} C_m |A_2| s}$$

($f_T \gg f_{p\text{dominante}}$)

$$\Rightarrow \omega_T = \frac{g_{mT}}{C_m}$$

$$\boxed{f_T = \frac{2g_m}{2\pi(1+g_m R) C_m}}$$

(c)



$$i_L = \beta^2 i$$

$$\text{si } i_L \uparrow \Rightarrow V_{EBQ_{11}} \uparrow \rightarrow i_x \uparrow \rightarrow i_b \rightarrow i_L$$

(para Q_{11} es similar con el otro $1/2$ ciclo)

$\Rightarrow Q_{11}$ y Q_{10} implementan protecciones.

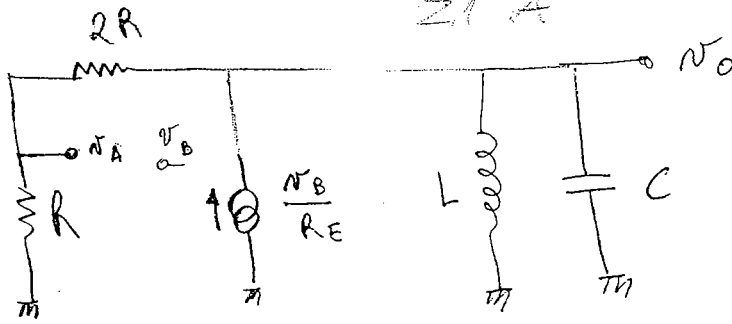
ma 2)

Electrónica 2

21 A

28/07/04

6/8



$$N_A = \frac{N_0 \cdot R}{3R} = \frac{N_0}{3}$$

$$N_0 = \frac{N_B}{R_E} \cdot \left(Ls \parallel \frac{1}{Cs} \parallel 3R \right) = \frac{N_B}{R_E} \cdot \left(\frac{1}{Ls} + Cs + \frac{1}{3R} \right)^{-1}$$

$$= \frac{N_B}{R_E} \cdot \frac{3RLs}{3R + 3RLCs^2 + Ls}$$

$$\Rightarrow \frac{N_A}{N_0} = \frac{RLs}{R(3RLCs^2 + Ls + 3R)} = -A\beta$$

$$\text{Im. } A\beta = 0 \Rightarrow -3RLC\omega^2 + 3R = 0$$

$$\Rightarrow \boxed{\omega = \sqrt{\frac{1}{LC}}}$$

$$-A\beta = 1$$

$$\frac{R}{R_E} = 1 \Rightarrow \boxed{R = R_E}$$

b) Para que el par dif. opere en su zona lineal

$$\hat{v}_{in} \leq I_{oRE} \Rightarrow \frac{V_{op}}{3} \leq I_{oRE} \Rightarrow V_{op} \leq 3 I_{oRE}$$

$$R_E = R_{E0} (1 + K V_{op}^2)$$

Z/A



$$V_{op} = \frac{3 I_0 R_E}{2}$$

Cond. Osc. $R = R_E$

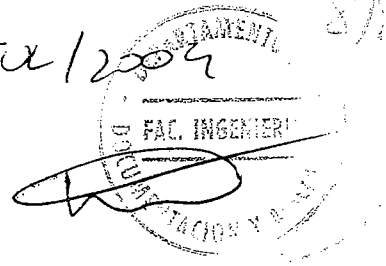
$$R_E = R_{E0} \left(1 + K \left(\frac{3 I_0 R_E}{2} \right)^2 \right) = R$$

$$R_{E0} \left(1 + K \frac{9 I_0^2}{4} R^2 \right) = R$$

$$K = \left(\frac{R}{R_{E0}} - 1 \right) \frac{4}{9 I_0^2 R^2}$$

Para que el osc. arranque $|A\beta| > 1$

$$\Rightarrow R_E \Big|_{V_0=0} < R \quad \Rightarrow R_{E0} < R$$



Pregunta

El circuito de la figura 1 tiene

ganancia:
$$g_{AV1} = g_m R \frac{r_{\pi}}{R+r_{\pi}} \Rightarrow g_{AV1} = \frac{\beta R}{R+r_{\pi}}$$

y la frecuencia del polo dominante es:

(por Miller):
$$f_{3dB1} = \frac{1}{(R/r_{\pi})(C_{\mu} + C_{\pi}(g_m R + 1))}$$

En el circuito de la figura 2 la ganancia entre la entrada y el colector de Q_{13}

es:
$$g_{AV2} = g_m R_V \frac{r_{\pi}}{R+r_{\pi}} \quad \text{con } R_V = 1/g_m$$

la ganancia del transistor Q_{14} es:

$$g_{AV2b} = g_m R$$

$$\Rightarrow g_{AV2} = \frac{\beta R}{R+r_{\pi}} = g_{AV1}$$

sin embargo no hay efecto Miller \checkmark con ganancia alta
de los C 's del circuito \checkmark a mayor

$$\Rightarrow f_{3dB2} \gg f_{3dB1}$$

\Rightarrow Se logró la misma ganancia con mucho más ancho de banda