

**Examen de Electrónica 2**  
**21/02/2007**



50711995



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 (37 ptos):**

- a) Se desea expresar el circuito de la Figura 1 con el diagrama de bloques de la Figura 2
  - i) Dibujar los circuitos que implementan el bloque A y la realimentación  $\beta$  y calcular A y  $\beta$ .
  - ii) ¿Que condición asegura que la ganancia del amplificador de la figura 1 dependa solamente de  $R1$  y  $R2$ ?
- b) A los efectos de implementar un oscilador, el circuito de la Figura 1, se realimenta como se indica en la Figura 3. Calcular la frecuencia de oscilación  $\omega_o$ , la condición de oscilación y la condición de arranque. (Asumir que se cumple que  $|Z_v(j\omega_o)| \gg R_o$  siendo  $R_o$  la resistencia de salida del amplificador de la Figura 1)

Los resultados se expresarán cuando corresponda en función de los siguientes parámetros que se asumen conocidos para todo el problema:

- M1 y M2 son idénticos con transconductancia  $g_{m1}$
- M3 tiene transconductancia  $g_{m2}$
- En todos los transistores se despreciará el Efecto Early.
- Resistencias:  $R, R1, R2, R3, R4$  y  $R5$
- Condensadores: C

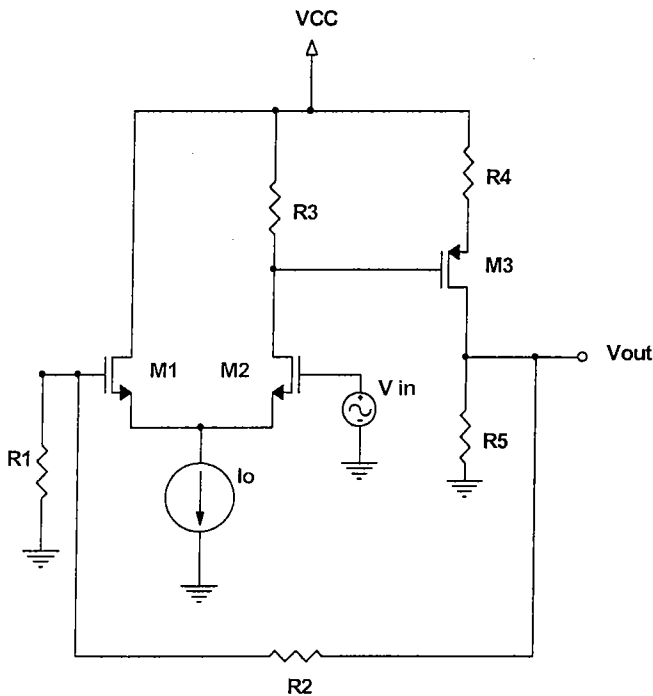


Figura 1

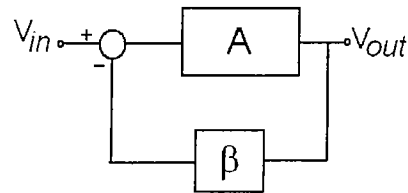


Figura 2

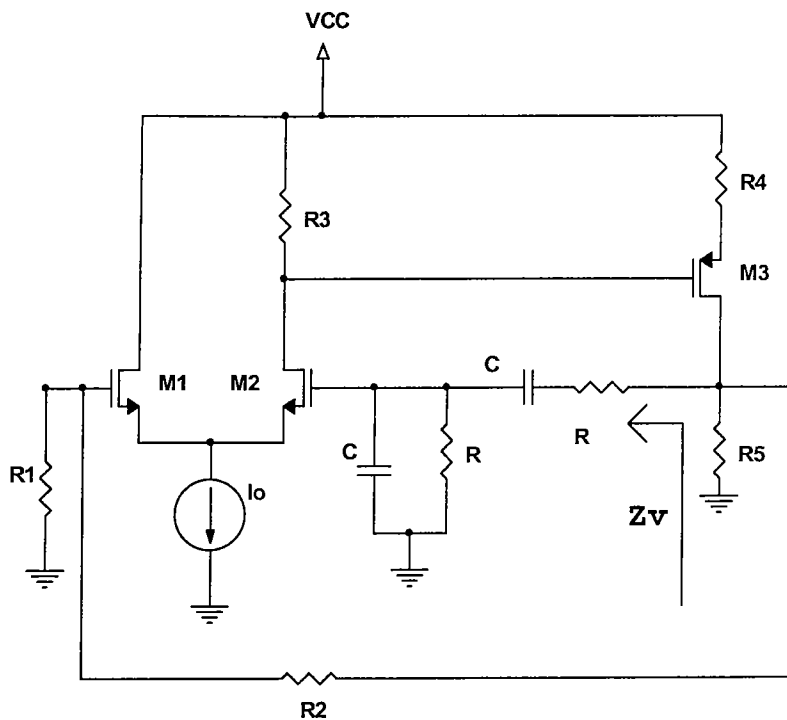


Figura 3

**Problema 2 (37 ptos):**

Calcular la frecuencia de corte superior para el circuito de la Figura 1.

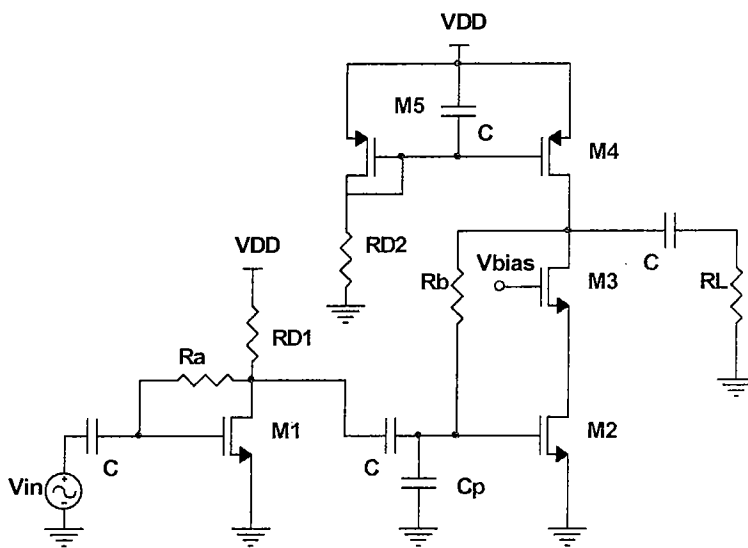


Figura 1

**Datos:**

$V_{DD}=5V$ ;  $V_{BIAS}=1.5V$ ;  $R_{D1}=5k\Omega$ ;  $R_{D2}=25k\Omega$ ;  $R_L=1k\Omega$ ;  $C_p=15pF$  (cap. parásita),  $C=\infty$ ;  
 Transistores MOS:  $V_T=0.8V$ ;  $k=\mu C_{OX}W/L=2mS$ ;  $V_A=20V$ ;  $C_{GS}=C_{GD}=2pF$

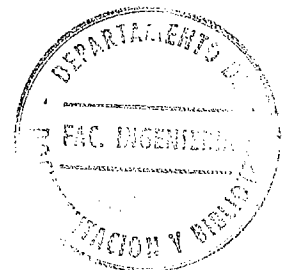
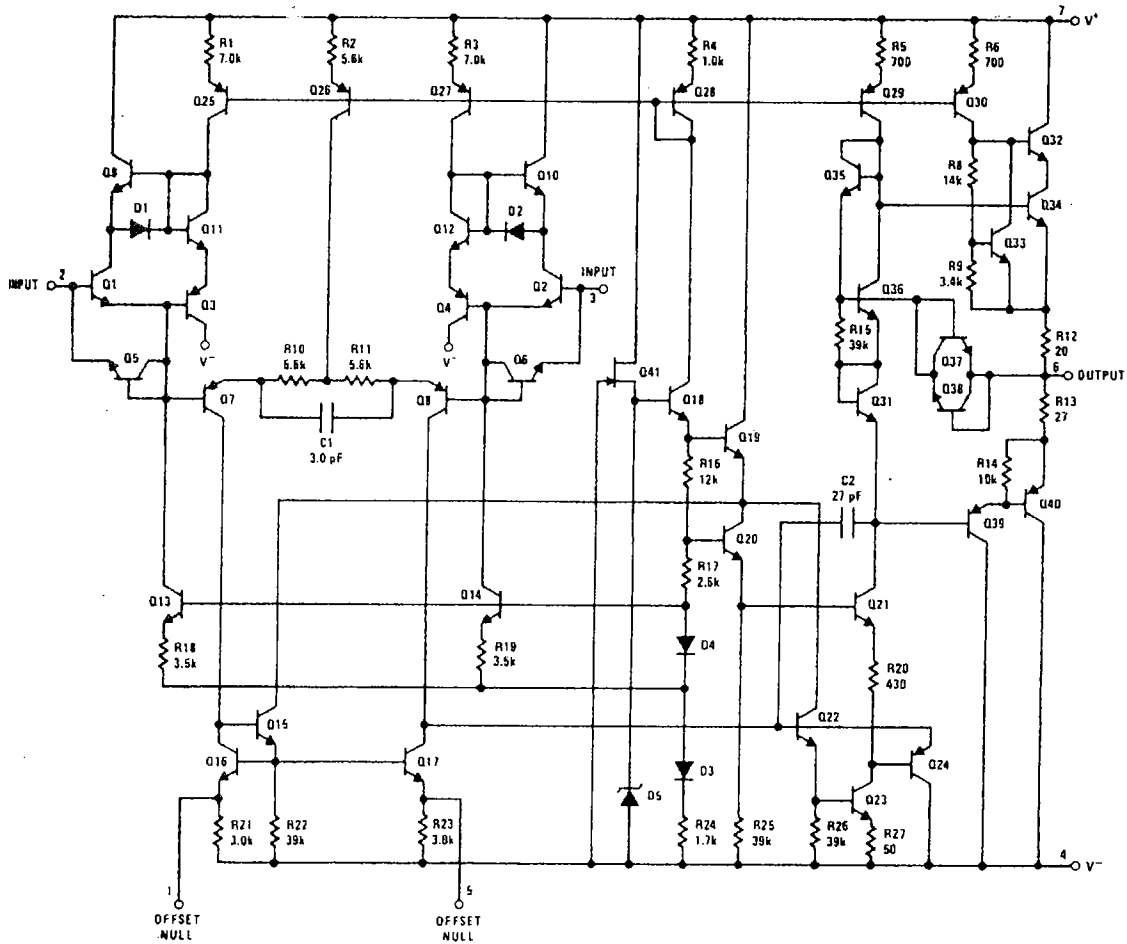
**Observación:** Ra y Rb son resistencias de alto valor que permiten que las tensiones DC de gate de M1 y M2 se ajusten de acuerdo a la polarización deseada, despreciándose su efecto en la ganancia y en la respuesta en frecuencia del circuito.

317

**Pregunta (26 pts):**

El amplificador de la Figura es un LM143, amplificador operacional con amplio rango de entrada de modo común, protección contra sobretensiones de entrada y reducción de corrientes de polarización. En el mismo, el JFET Q41 se puede considerar como una fuente de corriente.

- Indicar que componentes forman el par diferencial que da la característica diferencial a la primera etapa y su fuente de corriente.
- Indicar que componentes forman la segunda etapa de ganancia a la salida del par diferencial.
- Explicar que función cumplen Q15 y R22.
- Dibujar como debe conectarse el potenciómetro de ajuste de offset y cómo actúa el mismo para compensar el offset.
- Identifique cuál es la entrada NO inversora, fundamentando claramente su respuesta.



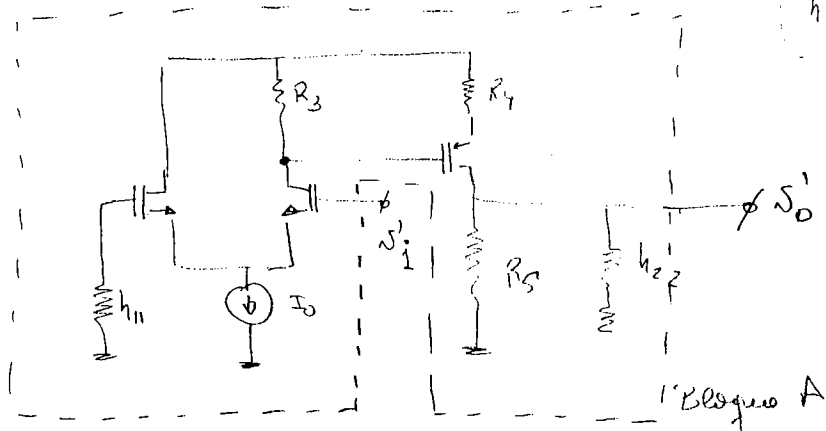
BLEQA 1

Donde:

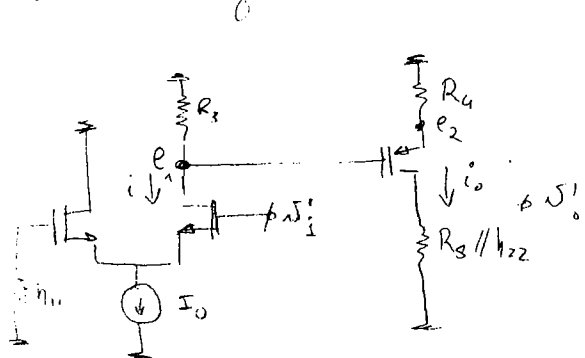
$$h_{22} = R_1 + R_2$$

$$h_{11} = R_1 // R_2$$

cuando A es:



nos o calcula la ganancia A



$$i_1 = g_{m1} \frac{v_1}{2} \Rightarrow e_1 = -g_{m1} R_3 \frac{v_1}{2}$$

$$v_o = g_{m2} (v_2 - e_1)$$

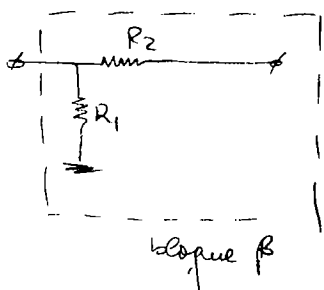
Ademas, 
$$i_o = \frac{v_o}{R_5 // h_{22}}$$

$$i_o = g_{m2} (v_2 - e_1) = g_{m2} (-i_o R_4 + g_{m1} R_3 \frac{v_1}{2})$$

$$i_o = \frac{g_{m1} g_{m2} R_3 v_1}{2(1 + g_{m2} R_4)}$$

$$A = \frac{v_o}{v_i} = \frac{(R_5 // h_{22}) g_{m1} g_{m2} R_3}{2(1 + g_{m2} R_4)}$$

bloque  $\beta$  es:



$$\beta = h_{12} = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$



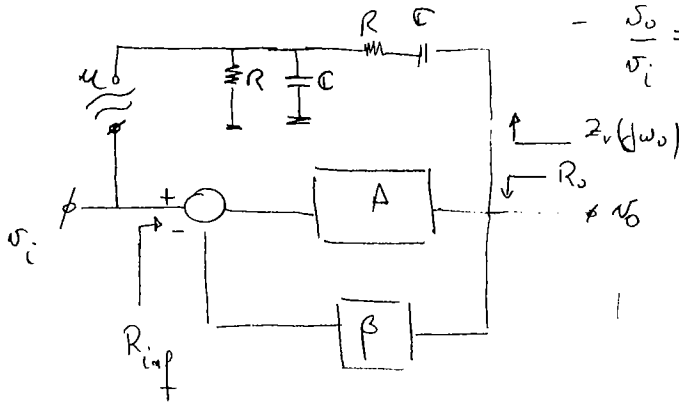
2ii

$$A\beta \gg 1$$

$$R_{inf} = R_i(1+A\beta) \text{ pero } R_i = \infty \rightarrow R_{inf} = \infty$$

157

b



$$\frac{v_o}{v_i} = \frac{A}{1+A\beta} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

$$|Z_v(j\omega_0)| \gg R_0$$

$$\frac{v_o}{v_i} = \frac{R}{1+RCs} \cdot \frac{1}{\frac{R}{1+RCs} + R + \frac{1}{Cs}} = \frac{RCs}{RCs + (1+RCs)^2} = \frac{1}{1 + \frac{(1+RCs)^2}{RCs}}$$

$$\Rightarrow \text{frecuencia de oscilacion } \omega_0 / \text{Im} \left[ \frac{1}{1 + \frac{(1+RCj\omega_0)^2}{RCj\omega_0}} \right] = \phi \quad (\phi = 2k\pi, k=0,1,\dots)$$

$$\text{pues } 1 - RC^2\omega_0^2 = \phi \Rightarrow \boxed{\omega_0 = \frac{1}{RC}}$$

$$\text{A esa frecuencia } \frac{v_o}{v_i} = \frac{1}{3} \Rightarrow \frac{v_o}{v_i} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \frac{1}{3} \text{ y la condici3n de oscilacion es}$$

$$\boxed{\frac{R_2}{R_1} = 2}$$

Condici3n de arranque

$$\text{Re} \left( \frac{v_o}{v_i} \right) \Big|_{\omega_0} > 1 \Rightarrow \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \frac{1}{3} > 1$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{R_2 > 2R_1}}$$

*John Carlos*



# Problema 2 :

61<sup>c</sup>



$$I_D = \frac{k}{2} (V_{GS} - V_T)^2$$

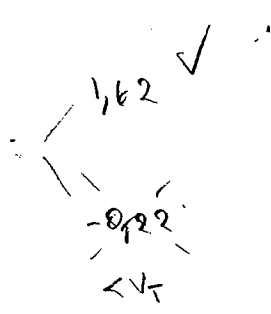
$$V_{GS} = V_{DS} = V_{DD} - R_{D1} I_D$$

$$V_{GS} = V_{DD} - \frac{R_{D1} k}{2} V_{GS}^2 + F_{D1} k \cdot V_{GS} \cdot V_T + R_{D1} \frac{k}{2} V_T^2$$

$$\frac{R_{D1} k}{2} V_{GS}^2 + (1 - F_{D1} k \cdot V_T) V_{GS} - V_{DD} + R_{D1} \frac{k}{2} V_T^2 = 0$$

$$5 \quad -1 \quad -1,8$$

$$7 \pm \frac{\sqrt{49 + 4 \cdot 5 \cdot 1,8}}{2 \cdot 5} = 7 \pm \frac{9,22}{10}$$



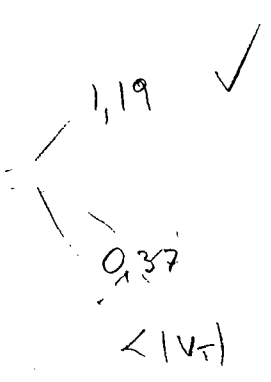
$$I_{D1} = \frac{5 - 1,62}{5 \cdot 10^3} = 0,67 \text{ mA} \Rightarrow g_{m1} = \sqrt{2k I_{D1}} = 1,64 \text{ ms}$$

$$\frac{k}{2} (V_{GS} - V_T)^2 = \frac{V_{DD} - V_{GS}}{R_{D2}}$$

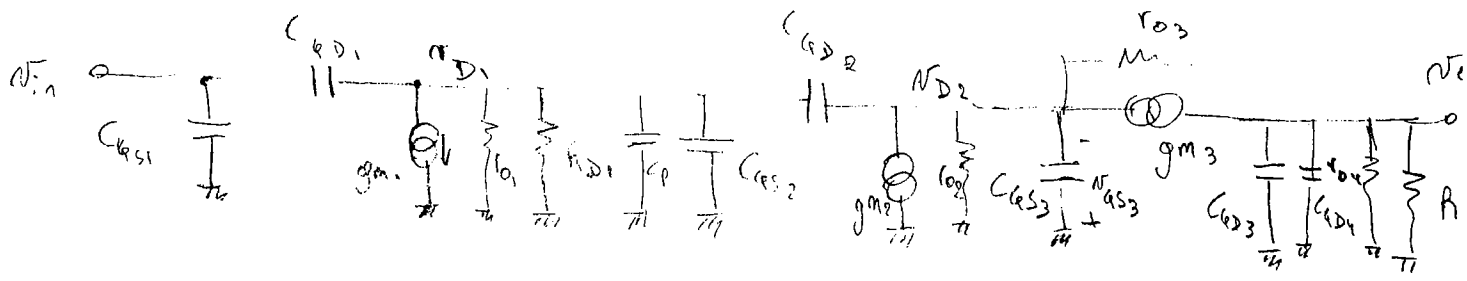
$$R_{D2} \frac{k}{2} V_{GS}^2 + (1 - R_{D2} k \cdot V_T) V_{GS} - V_{DD} + R_{D2} \frac{k}{2} V_T^2 = 0$$

$$25 \quad -39 \quad 11$$

$$39 \pm \frac{\sqrt{39^2 - 4 \cdot 25 \cdot 11}}{2 \cdot 25} = \frac{39 \pm 20,5}{50}$$



$$I_{D2} = \frac{5 - 1,19}{25 \cdot 10^3} = 0,15 \text{ mA} \Rightarrow g_{m2} = \sqrt{2k I_{D2}} = 0,78 \text{ ms}$$

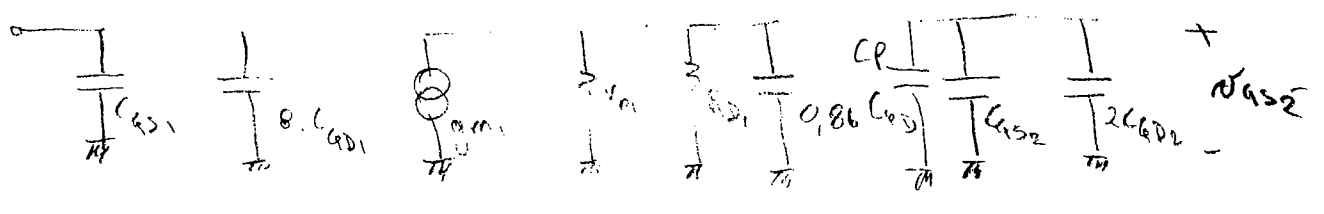


$$f_{01} = \frac{V_A}{I_{D1}} = 29,85 \text{ K}$$

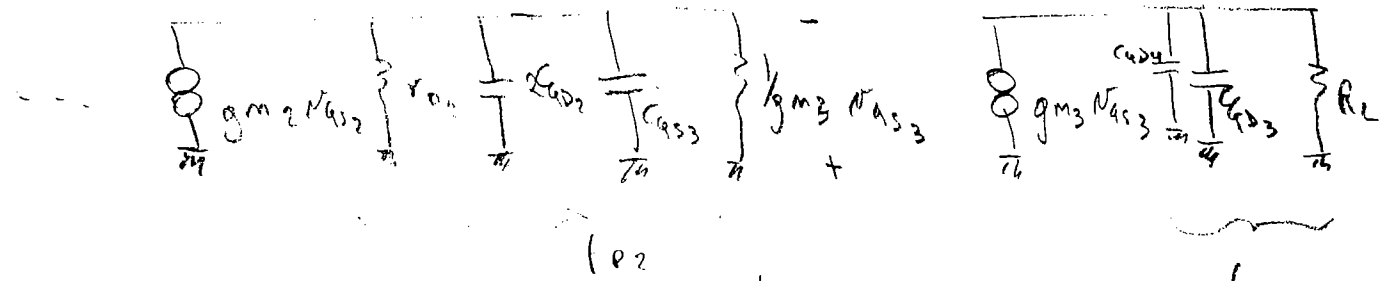
$$f_{02} = f_{03} = f_{04} = 133 \text{ K}$$

freq. medias  $\frac{v_{D1}}{v_{in}} = -g_{m1} \cdot (r_{01} \parallel R_{D1}) = -0,64 \text{ mS} \cdot 4,282 \text{ K} = -7$

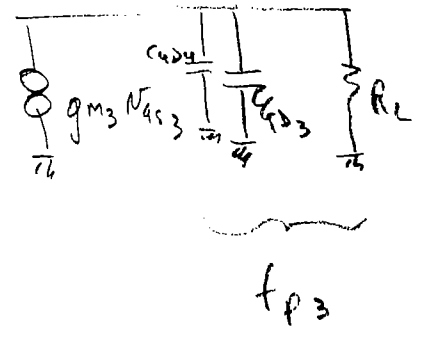
$$\frac{v_{D2}}{v_{D1}} = -g_{m2} \cdot \frac{1}{g_{m3}} = -1$$



fp1



fp2



fp3

$$f_{p1} = \frac{1}{2\pi \cdot (r_{01} \parallel R_{D1}) \cdot (2,86 \text{ nF} + C_{gs2} + C_p)} = 1,6 \text{ MHz}$$

$$f_{p2} = \frac{1}{2\pi \cdot (r_{02} \parallel \frac{1}{g_{m3}}) \cdot (2C_{gs2} + C_{gs3})} = 20 \text{ MHz}$$

$$f_{p3} = \frac{1}{2\pi \cdot R_L \cdot (C_{gs3} + C_{gs4})} = 39,8 \text{ MHz}$$



ELECTRÓNICA 2 - EXAMEN - FEB/2007

Pregunta:

(a) Por diferenciales:  $Q_7, R_{D1}, R_{D2}, Q_8$

El bloque formado por  $Q_1, Q_3, Q_5, Q_9, Q_{11}$   
 y su simétrico ( $Q_2, Q_4, Q_6, Q_{10}, Q_{12}$ ) reduce la  
 corriente de polarización a las entradas del  
 amplificador

Fuente de corriente  
del por diferencial:

Es el de corriente formado  
 por  $Q_{22}, R_{24}, Q_{26}, R_{22}$

(b) 2da etapa:

$Q_{22}$ : segunda etapa

$Q_{23}$ : etapa común

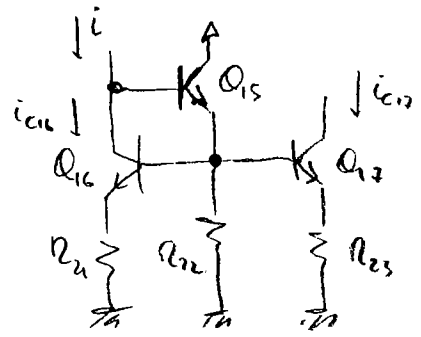
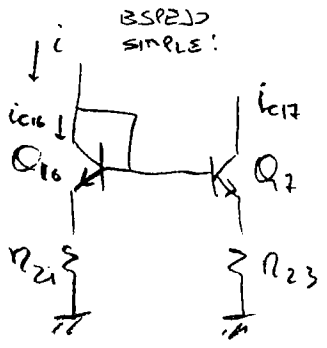
$Q_{25}, R_{25}$ : cascode a la salida de  $Q_{23}$

~~110~~



(c)  $Q_{15}, R_{22}$

Junto con  $Q_6, R_{21}$  y  $Q_7, R_{23}$  forman un espejo de  
 corriente de mayor precisión a la copia a señal



$$\frac{i - i_{c17}}{i_{c17}} = \frac{r_{r16} + (\beta+1)R_{21} + 2R_{22}}{\beta^2 R_{22}}$$

ASUMOS:  $\beta = 100, r_{r16} \ll (\beta+1)R_{21}$

$$\frac{i - i_{c17}}{i_{c17}} = \frac{2}{\beta} = 2 \times 10^{-2}$$

BSPED EN EL  
 AMPLIFICADOR

$$\rightarrow \frac{i - i_{c17}}{i_{c17}} \approx 1 \times 10^{-3} \text{ 20 veces mejor}$$

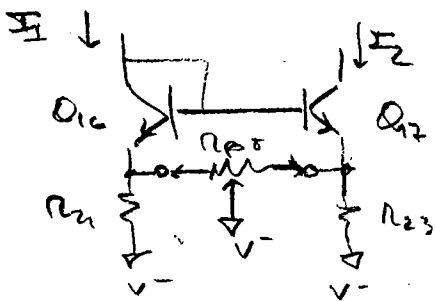


(c) (sigue)

$R_{22}$  es necesario para polarizar  $Q_{15}$  con  $I_{C15} \gg 2I_{B16}$   
 para q' la respuesta a frecuencia de  $Q_{15}$  sea lo  
 suficiente para la buena  $\rightarrow$  a DC el emisor  
 la copia no requiere mod  
 para este caso

(d) Compresión de OFFSET

(con  $Q_5, R_{22}$ )



Con  $R_{22}$  conectada de esta  
 forma pasa a tener  $R_{23} \parallel x R_{21}$   
 a el emisor de  $Q_{16} \rightarrow R_{21} \parallel (1-x) R_{23}$   
 a el emisor de  $Q_{17}$ .

$\rightarrow$  Variando  $x$  se puede comprimir  
 cualquier factor de transpuesta entre  $I_1$  e  $I_2$

(e) Considero entrada a pin 2 (base de  $Q_5$ )

si  $\boxed{V_{B1} \uparrow} \Rightarrow V_{B7} \uparrow \Rightarrow i_{C7} \downarrow \Rightarrow i_{C17} \downarrow \Rightarrow i_{C8} - i_{C7} \uparrow$   
 $\Rightarrow V_{B22} \uparrow \Rightarrow V_{B23} \uparrow \Rightarrow V_{C23} \downarrow \Rightarrow V_{C21} \downarrow$

$\Rightarrow V_{B38} = V_{B40} \downarrow \Rightarrow \boxed{OUT} \downarrow \rightarrow$  pin 2 es la  
 entrada inversa

$\Rightarrow$  ENTRADA NO-INVERSORA: PIN 3

