

Examen de Electrónica 2
19/12/2014

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: (38 puntos)

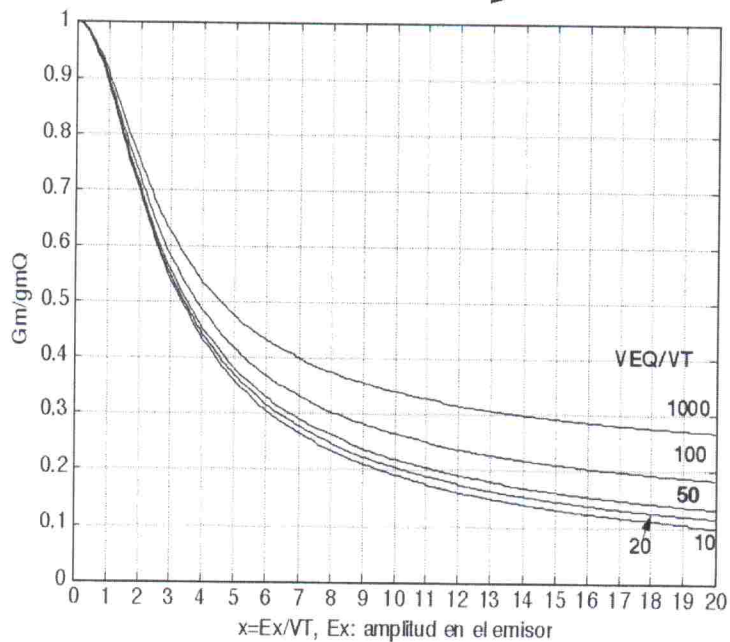
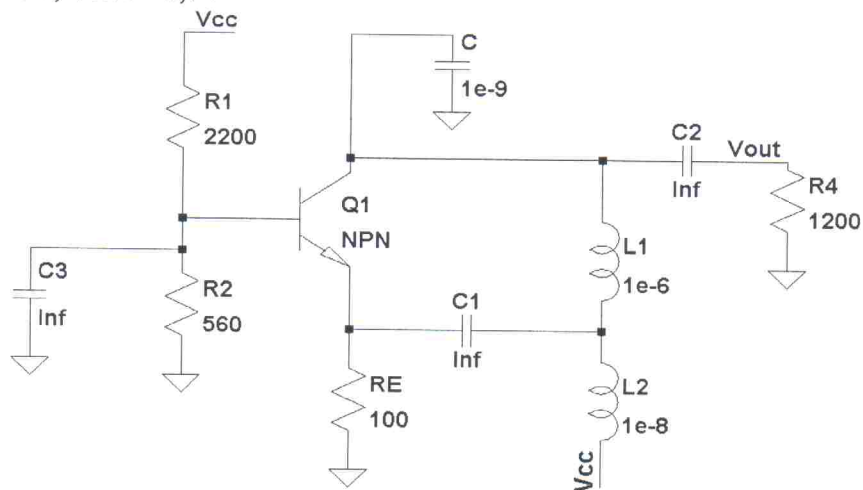
Para el circuito de la figura calcule:

- a) Frecuencia y condición de oscilación.
- b) Amplitud de oscilación.
- c) Si se sabe que las resistencias usadas tienen una incertidumbre del 5%, se puede asegurar que el circuito va a arrancar a oscilar? Justifique.

Se sabe que el condensador C esta dañado y como consecuencia su verdadero valor es la mitad del nominal, y tiene fugas asociadas que se pueden asociar a una resistencia paralela de 1 kΩ.

d) Calcule la nueva amplitud y frecuencia de oscilación.

Datos: $V_{CC} = 10V$, $V_{BE} = 0,7V$

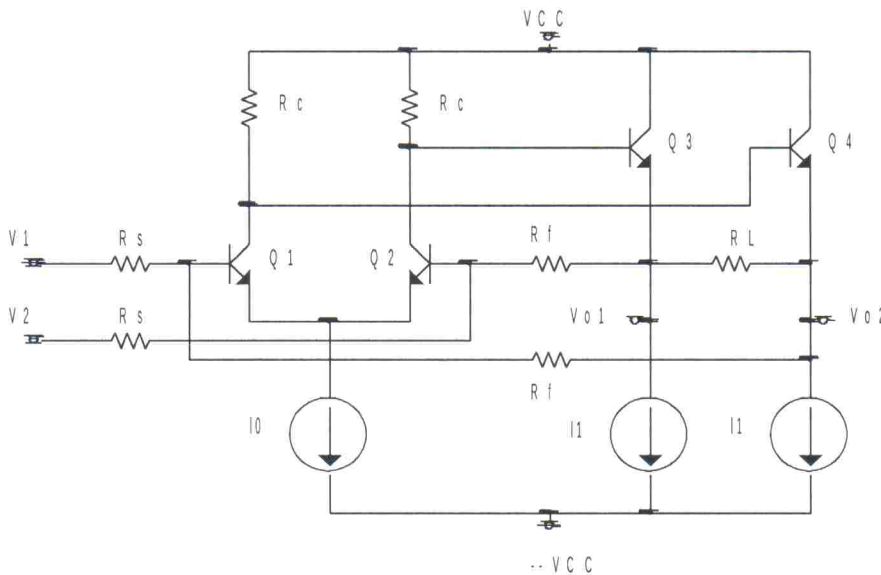


Problema 2: (38 puntos)

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

- los transistores Q3 y Q4 se puede suponer que se comportan a baja frecuencia como seguidores ideales y la corriente de base de Q3 y Q4, tanto en continua como en señal es despreciable,
- $g_{m1,2} \cdot R_c \gg 1$, siendo $g_{m1,2}$ la transconductancia de los transistores Q1 y Q2.
- los transistores operan en la zona activa.

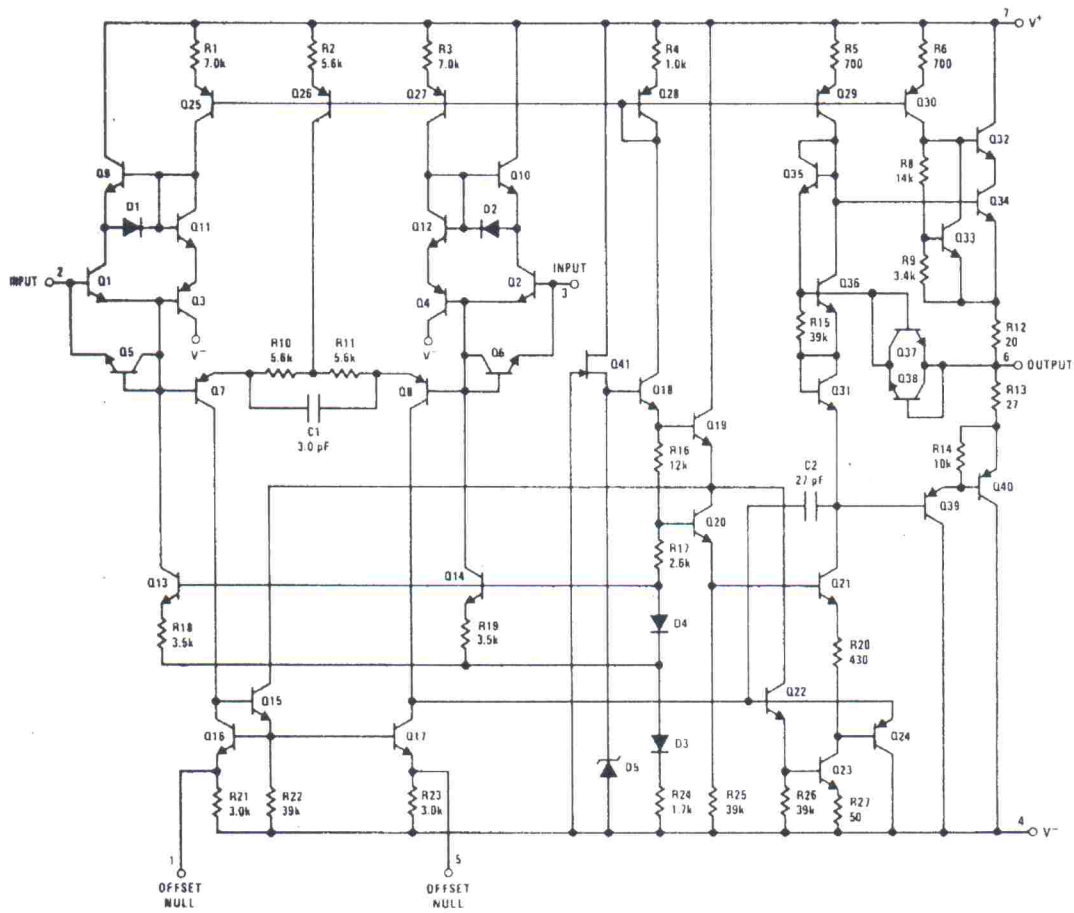
- a) Calcular la ganancia $V_{o1} - V_{o2} / V_1 - V_2$ en baja frecuencia.
- b) Considerando que se puede mostrar que el efecto de los condensadores c_π de Q3 y Q4 es despreciable, dar la expresión numérica y literal del polo dominante del circuito si:
 - $I_0 = 10 \text{ mA}$, $I_1 = 8 \text{ mA}$, $R_L = 200 \Omega$, $R_f = 25 \text{ k}\Omega$, $R_c = 1 \text{ k}\Omega$, $R_s = 1.5 \text{ k}\Omega$
 - Q1 y Q2 tienen $f_T = 300 \text{ MHz}$ @ $I_c = 10 \text{ mA}$, $c_\mu = 4 \text{ pF}$ y $c_{je} = 20 \text{ pF}$, $\beta = 300$ y
 - Q3 y Q4 tienen $c_\mu = 4 \text{ pF}$



Pregunta : (24 puntos)

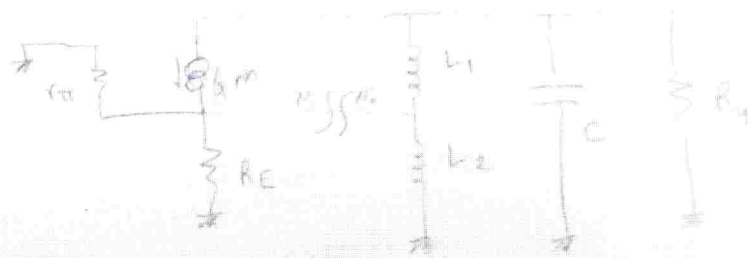
El amplificador de la Figura es un LM143, amplificador operacional con amplio rango de entrada de modo común, protección contra sobretensiones de entrada y reducción de corrientes de polarización. En el mismo, el JFET Q41 se puede considerar como una fuente de corriente.

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



Problema 1:

a)



Abro el lazo y calculo ganancias en lazo abierto

$$N_o = g_m R_i \cdot \left((L_1 + L_2) s \parallel \frac{1}{C_s} \parallel R_L \right) \cdot \frac{L_2 s}{(L_1 + L_2) s}$$

$$= g_m R_i \cdot \frac{L_2 s}{(L_1 + L_2) s} \cdot \frac{1}{\frac{1}{R_L(L_1 + L_2) s} + C_s + \frac{1}{R_L}} =$$

$$= g_m R_i \cdot \frac{L_2 s}{(L_1 + L_2) s} \cdot \frac{R_L (L_1 + L_2) s}{R_L + R_L(L_1 + L_2) C_s^2 + (L_1 + L_2) s} =$$

$$= \frac{g_m R_i R_L L_2 s}{R_L(L_1 + L_2) C_s^2 + (L_1 + L_2) s + R_L} \Rightarrow \frac{A_o}{A_i} = \frac{g_m R_L L_2 s}{R_L(L_1 + L_2) C_s^2 + (L_1 + L_2) s + R_L}$$

$$s = j\omega \quad \omega_{osc} \Rightarrow \text{Im} = 0 \Rightarrow -R_L(L_1 + L_2) C_s^2 + R_L = 0 \Rightarrow \omega_{osc}^2 = \frac{1}{(L_1 + L_2) C_s}$$

$$\omega_{osc} = \frac{1}{\sqrt{(L_1 + L_2) C_s}} \Rightarrow f_{osc} = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{1}{\sqrt{(L_1 + L_2) C_s}} = 1000 \text{ Hz}$$

Cond. Osc. $A_o = 1 \Rightarrow \frac{g_m R_L L_2}{(L_1 + L_2)} = 1$

$$\Rightarrow g_m = \frac{(L_1 + L_2)}{L_2 \cdot R_L} = \frac{1000}{10 \cdot 100} = 10 \text{ mS}$$

$g_m = 83 \text{ mS}$
Cond. Osc.

$$b) \quad g_{mQ} = \frac{I_{CQ}}{V_T} \quad V_E = 1,33 \text{ V}$$

$$I_{CQ} = \frac{V_{CC} \cdot R_2}{R_1 + R_2} - \frac{V_{BE}}{R_E} = 13,3 \text{ mA}$$

$$\Rightarrow g_{mQ} = \frac{I_{CQ}}{V_T} = \frac{13,3 \text{ mA}}{26 \text{ mV}} = 510 \text{ mS}^{-1}$$

$$\frac{G_m}{g_{mQ}} = \frac{83 \text{ mS}^{-1}}{510 \text{ mS}^{-1}} = 0,162 \Rightarrow X = 16 \Rightarrow E_x = X \cdot V_T = 0,42$$

de crítica

$$\Rightarrow E_T = E_x \cdot N = 0,42 \cdot 100 = 42 \text{ V}$$

c) Para caso $R_2 \text{ min}, R_{E \text{ max}}, R_{E \text{ max}} \Rightarrow I_{CQ \text{ min}} \Rightarrow g_{m \text{ min}}$

$$I_{CQ \text{ min}} = \frac{V_{CC} \cdot R_2 \text{ min}}{R_1 \text{ max} + R_2 \text{ min}} - \frac{V_{BE}}{R_{E \text{ max}}} = 11,16 \text{ mA}$$

$$\Rightarrow g_{mQ} = \frac{11,16 \text{ mA}}{26 \text{ mV}} = 429 \text{ mS}^{-1}$$

En el arranque $G_m = g_{mQ} > G_{m \text{ cond. osc}} \quad 429 \text{ mS}^{-1} > 83 \text{ mS}^{-1}$

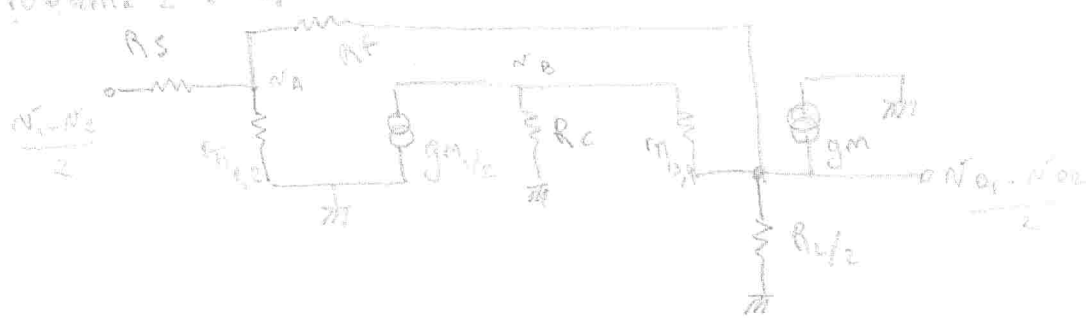
$$d) \quad f_{osc \text{ max}} = \frac{1}{2 \cdot \pi \sqrt{(L_1 + L_2) \cdot C/2}} = 7,1 \text{ MHz} \quad \checkmark$$

$$G_m^* = \frac{(L_1 + L_2)}{L_2 \cdot R_{u // R_p}} = \frac{100}{545} = 0,183 \Rightarrow \frac{G_m^*}{g_{mQ}} = 0,36 \Rightarrow X = 3,5$$

de crítica

$$\Rightarrow E_x = 0,143 \Rightarrow E_T = N \cdot E_x = 14,3 \text{ V}$$

Problema 2 - a)



$$\frac{v_{01} - v_{02}}{2} = \dots$$

$$V_0 = \bar{n}_A \cdot g_{m_{1,2}} \cdot R_C \parallel (r_{\pi_{2,1}} + \beta_{2,1}) R_{B/2}$$

$$g_{m_{1,2}} = \frac{I_{0/2}}{V_T} = \frac{5 \text{ mA}}{26 \text{ mV}} = 0,19$$

$$r_{\pi_{1,2}} = 1,58 \text{ k}\Omega$$

$$g_{m_{2,1}} = \frac{I_1}{V_T} = \frac{8 \text{ mA}}{26 \text{ mV}} = 0,31$$

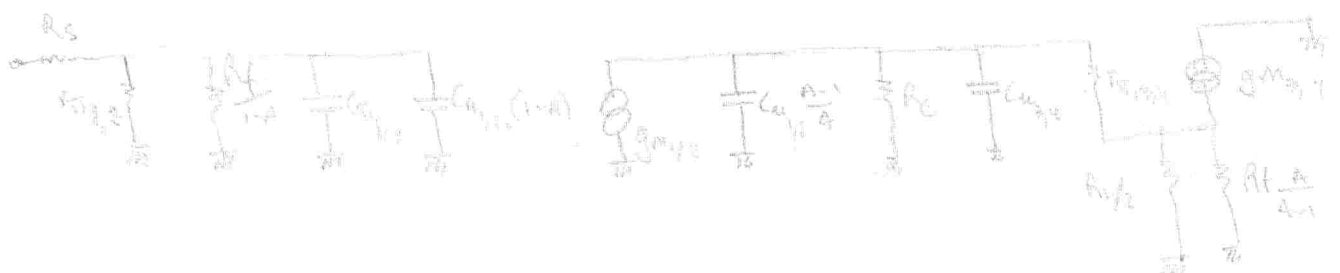
$$r_{\pi_{2,1}} = 775 \Omega$$

$$A = \frac{V_0}{v_1} = -g_{m_{1,2}} \cdot R_C = -190$$

$$\frac{v_{01} - v_{02}}{2} = \frac{v_1 - v_2}{2} \cdot \frac{R_F}{R_S + R_F} \cdot A = \frac{v_1 - v_2}{2} \cdot \frac{R_F/A}{R_S}$$

$$\Rightarrow \frac{v_{01} - v_{02}}{v_1 - v_2} = \left| -\frac{R_F}{R_S} \right| = -16,7$$

b)



Preguntas:

(a) Par diferencial: 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 par diferencial:

Espejo 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} : carga a la salida de Q_{23}

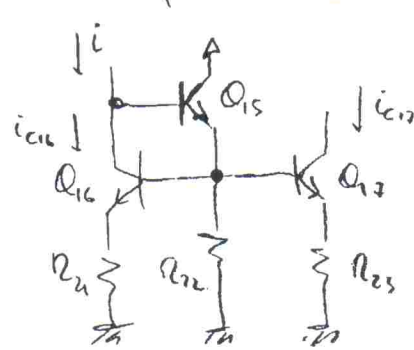
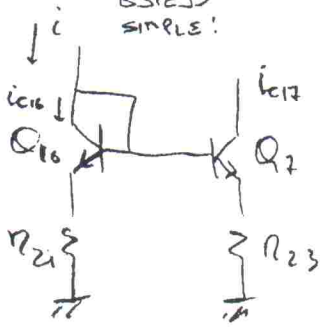
~~NO~~



(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

BSPED SIMPLE:



$$\frac{i - i_{c17}}{i_{c17}} = \frac{r_{e16} + (\beta+1)R_{21} + 2R_{22}}{\beta^2 R_{22}}$$

ASUMO: $\beta = 100, r_{e16} \ll (\beta+1)R_{21}$

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

BSPED SU AL
 AMPLIFICADOR

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