

Examen de Electrónica 2
21/03/2003

Resolver cada problema en hojas separadas.

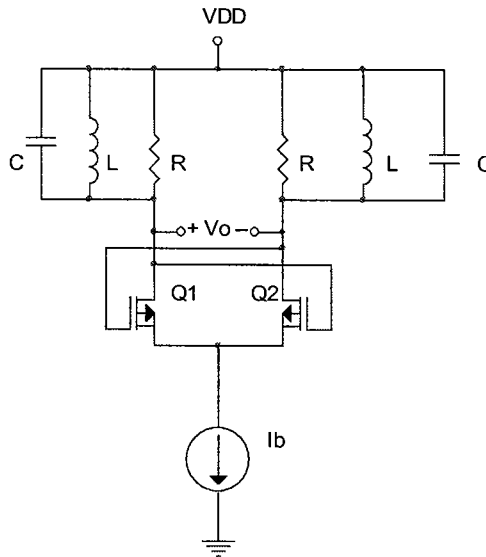
Duración de la prueba: 3 horas 30 minutos.

La prueba es sin material.

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

Problema 1 : (40 puntos)

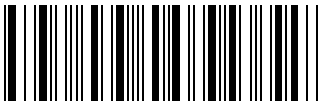
- Para el circuito de la figura calcular la frecuencia y la condición de oscilación.
- Si la corriente I_b depende de la tensión de pico a la salida (V_{opico}) de acuerdo a la ecuación: $I_b = I_0 + \alpha \cdot (V_{\text{opico}})^2$, cuál debe ser el signo de α y qué condición debe cumplir I_0 para que el circuito arranque.
- En las condiciones calculadas en b) determinar la amplitud de las oscilaciones.



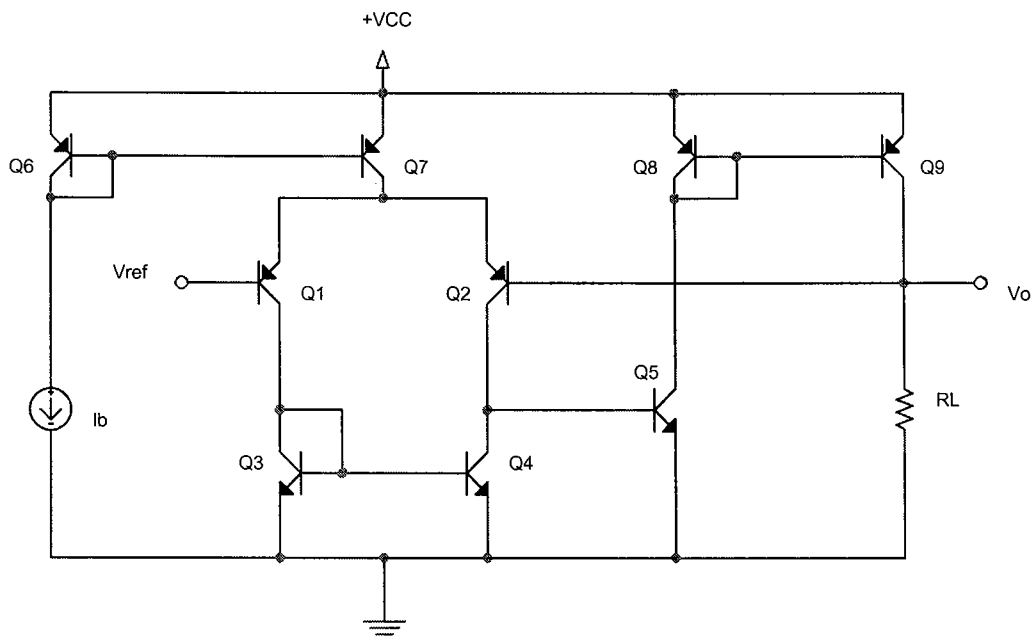
Problema 2:(35 puntos)

El circuito de la figura es un regulador de tensión con $V_{\text{ref}} > V_{\text{be}}$.

- Calcular la tensión V_o a la salida en función de V_{ref} y R_L .
- Calcular la mínima tensión de alimentación V_{cc} para que el circuito funcione correctamente en función de V_{ref} .
- Si el circuito opera a una temperatura ambiente T_{amb} , cada transistor tiene una resistencia térmica de la juntura con el ambiente $\theta_{j-\text{amb}}$ y los transistores tienen una temperatura máxima de juntura T_{max} , indicar cuál es el transistor que debe disipar la mayor potencia y cuál es el valor mínimo admisible para R_L desde el punto de vista de la disipación de potencia del circuito. Para esta parte se supondrá que I_b es mucho menor que la corriente por R_L .



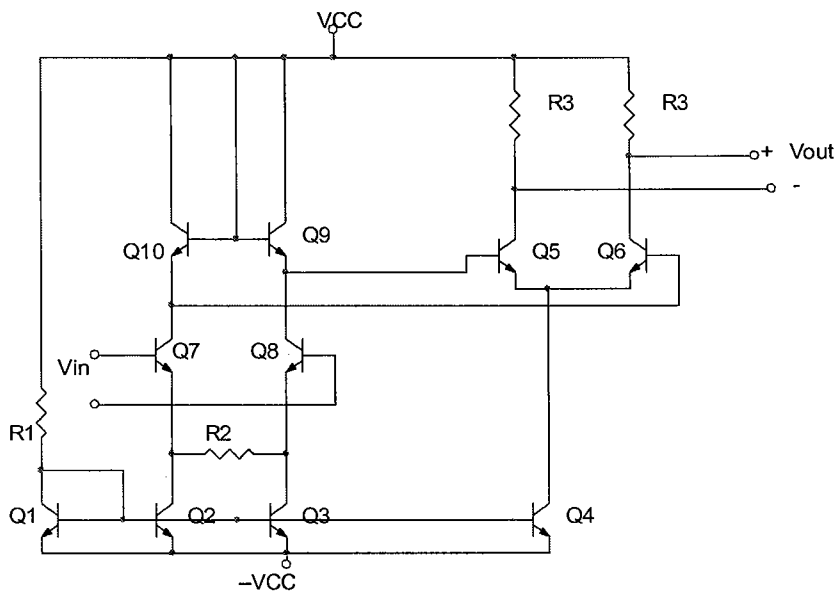
50701742



Problema 3 : (25 puntos)

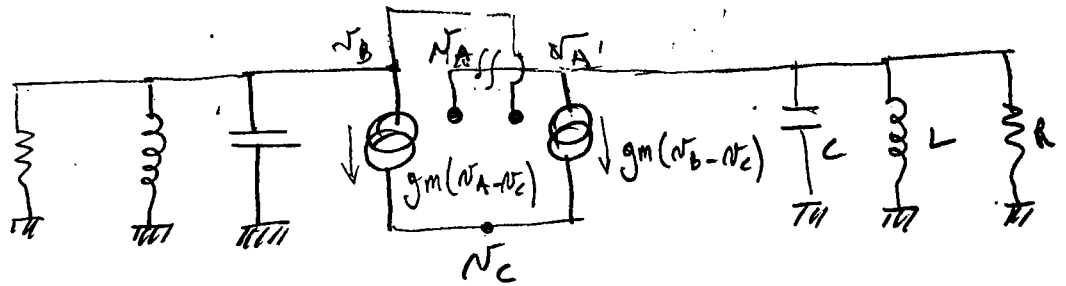
En el circuito de la figura:

- a) ¿Que función cumplen los transistores T9 y T10 ? Fundamentar analíticamente.
- b) Determinar la relación entre V_o y V_i .



Problema 1:

a)



$$v_B = -g_m (v_A - v_c) \left(L_s \parallel \frac{1}{C_s} \parallel R \right) \quad (I)$$

$$z = \frac{RLS}{RLC_s^2 + Ls + R}$$

$$v_{A'} = -g_m (v_B - v_c) \left(L_s \parallel \frac{1}{C_s} \parallel R \right) \quad (II)$$

$$(III) \quad g_m (v_A - v_c) = -g_m (v_B - v_c) \Rightarrow v_A + v_B = 2v_c \Rightarrow v_c = \frac{v_A + v_B}{2}$$

$$\Rightarrow v_c = \frac{v_A + v_B}{2}$$

Sustituyendo en (I) y (II)

$$v_B = -g_m z \left(\frac{v_A - v_B}{2} \right)$$

$$v_{A'} = -g_m z \left(\frac{v_B - v_A}{2} \right) = -\frac{g_m v_A z}{2} \left(\frac{g_m z}{2 - g_m z} + 1 \right)$$

$$-A\beta = \frac{v_{A'}}{v_A} = \frac{g_m R L s}{2 R L C s^2 + (2L - g_m R L) s + 2R}$$

$$\text{Im}(A\beta) = 0 \Rightarrow$$

$$-j2RLC\omega^3 + 2Rj\omega = 0 \Rightarrow LC\omega^2 = 1 \Rightarrow$$

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

$$|A\beta| = 1 \Rightarrow \frac{g_m R_L}{2L - g_m R_L} = \frac{g_m R}{2 - g_m R} = 1 \Rightarrow g_m R = 2 - g_m R$$

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

b) En el arranque:

$$|A\beta| > 1 \Rightarrow \frac{g_m R}{2 - g_m R} > 1 \Rightarrow g_m > \frac{1}{R}$$

luego debe bajar $\Rightarrow \boxed{\alpha < 0}$

$$g_m = \sqrt{2\beta I_b} = \sqrt{\beta I_b} > \frac{1}{R}$$

En el arranque $V_{opico} = 0 \Rightarrow I_b = I_0 \Rightarrow \sqrt{\beta I_0} > \frac{1}{R}$

$$\boxed{I_0 > \frac{1}{\beta R^2}}$$

c) En régimen $\frac{1}{g_m} = R$

$$\frac{1}{\sqrt{\beta I_b}} = R \Rightarrow I_0 + \alpha (V_{opico})^2 = \frac{1}{\beta R^2}$$

$$\Rightarrow \boxed{V_{opico} = \sqrt{\left(\frac{1}{\beta R^2} - I_0\right) \frac{1}{\alpha}}}$$

Solución:

a)

$$V_o = \frac{\text{corriente de colector de } Q_5}{\text{corriente de base de } Q_5} R_L$$
$$V_o = \beta g_m (V_{ref} - V_o) R_L$$

$$V_o = \frac{\beta g_m R_L}{1 + \beta g_m R_L} V_{ref} \cong V_{ref}$$

La tensión de salida es independiente de la resistencia de carga. El circuito funciona como regulador de tensión.

b)

El camino más crítico pasa por los transistores Q_1 y Q_7 , entonces

$$V_{cc} = V_{be} + V_{CE-SAT} + V_{ref}$$

c)

$$\theta_{j-amb}^{-1} (T - T_{amb}) = P_{disipada} = V_{CE} I$$

Los transistores más comprometidos son los de la salida (Q_5 , Q_8 y Q_9) y sus tensiones colector emisor son:

$$V_{CE-5} = V_{cc} - V_{be}$$

$$V_{CE-8} = V_{be}$$

$$V_{CE-9} = V_{cc} - V_{ref}$$

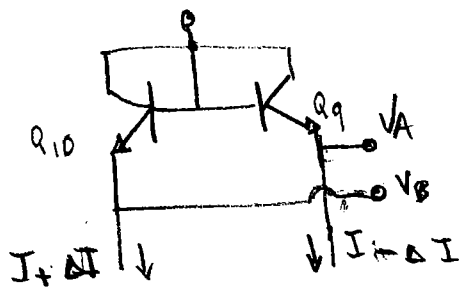
De lo anterior, el más comprometido de los tres es el transistor Q_5 . Por lo tanto

$$\theta_{j-amb}^{-1} (T - T_{amb}) = V_{CE-5} I_5 = (V_{cc} - V_{be}) \frac{V_{ref}}{R_L}$$

Como se debe cumplir que $T < T_{MAX}$, la resistencia de salida mínima será

$$R_L > R_{L-MIN} = \frac{(V_{cc} - V_{be}) V_{ref}}{\theta_{j-amb}^{-1} (T_{MAX} - T_{amb})}$$

a) Completen la función de predistorsionar la señal proveniente de Q_2 y Q_8 antes de aplicarla al par diferencial formado por Q_5 y Q_6



$$\Delta I = \frac{v_{in}}{R_2}$$

$$I_{E9} = I_{C9} = I_S e^{\frac{V_{BE9}}{V_T}} = I - \Delta I \Rightarrow V_{BE9} = V_T \ln\left(\frac{I - \Delta I}{I_S}\right)$$

$$\text{Idem} - V_{BE10} = V_T \ln\left(\frac{I + \Delta I}{I_S}\right)$$

$$V_A - V_B = (V_{CC} - V_{BE9}) - (V_{CC} - V_{BE10}) = V_{BE10} - V_{BE9}$$

$$V_A - V_B = V_T \ln\left(\frac{I + \Delta I}{I - \Delta I}\right) = \boxed{2V_T \tanh^{-1}\left(\frac{v_{in}}{I R_2}\right)}$$

b)

$$V_{out} = R_3 I \tanh^{-1}\left(\frac{V_A - V_B}{2V_T}\right) = \boxed{\frac{R_3}{R_2} v_{in}}$$