

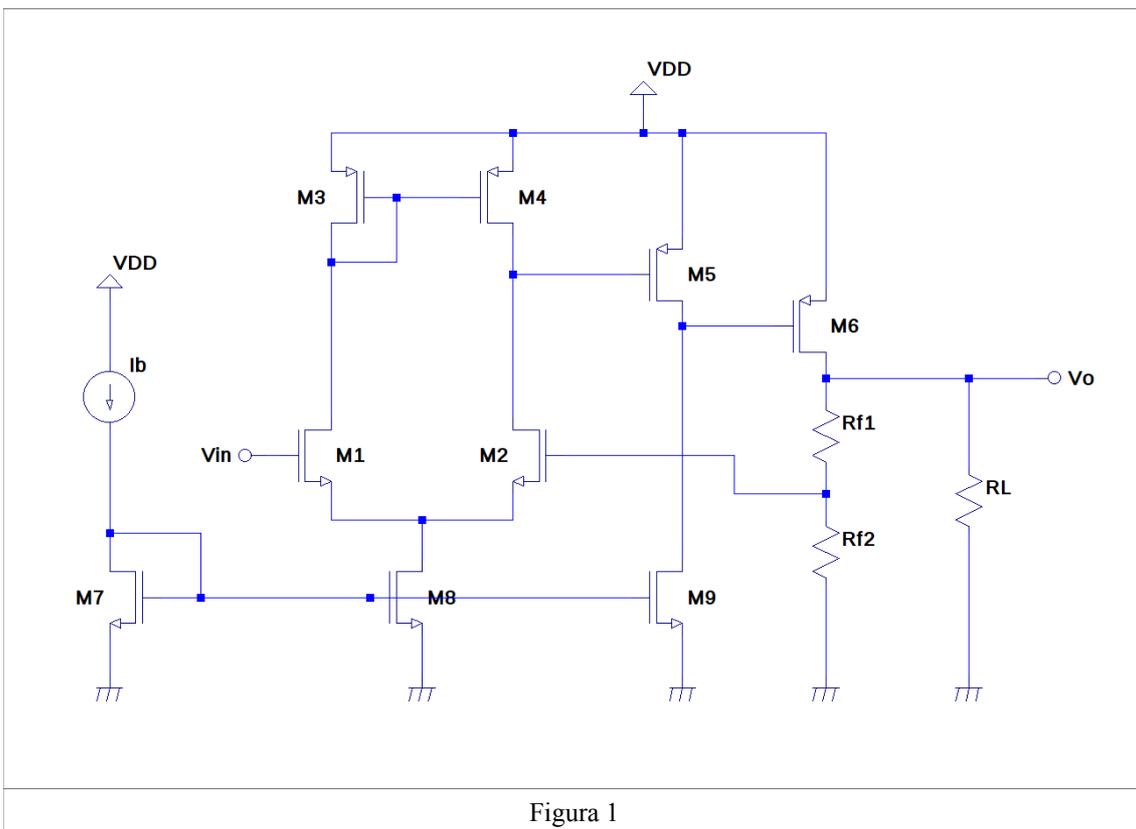
2^{do} Parcial de Electrónica 2
22/11/2017

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 (30 pts):

Para el circuito de la figura 1:

- La tensión DC a la salida (V_{oDC}) se fija a través de una realimentación (R_{f1} y R_{f2}). Analizar cualitativamente que ocurre si V_{oDC} aumenta respecto a dicho valor nominal.
- Calcule la tensión DC en la salida V_o en función de la tensión DC a la entrada V_{inDC} y los parámetros del circuito.
- Calcule la ganancia V_o/V_{in} , identificando claramente sus bloques A y β . Asuma unidireccionalidad de los bloques.
- Indique, en función de los parámetros del circuito, que condiciones deben cumplirse para que la ganancia del circuito solo dependa de R_{f1} y R_{f2} , y cuanto vale la misma.



Datos:

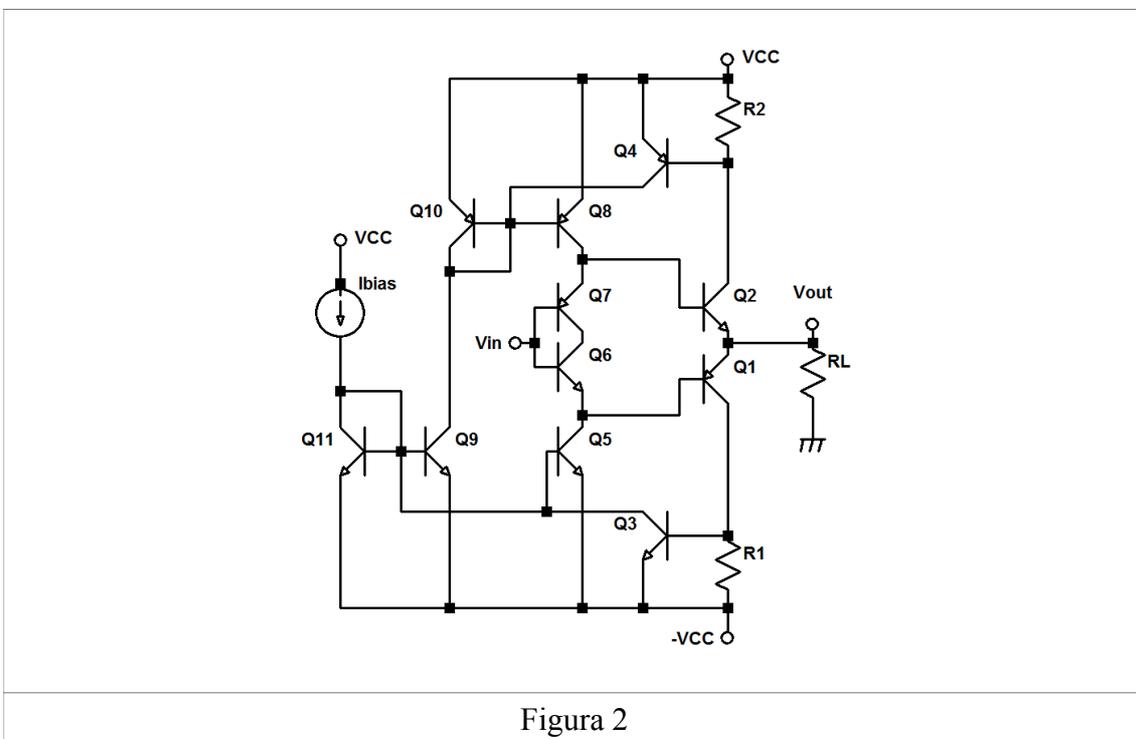
V_{DD} y V_{inDC} son tales que todos los transistores operan en zona de saturación.
Todos los transistores tienen tensión de Early V_A .

Problema 2 (35 ptos):

El circuito de la figura 2 es una etapa de potencia con protección contra cortocircuitos a la salida.

Salvo en la parte d) en que se dan datos numéricos, a los efectos de las otras partes se considerarán los valores literales indicados en la figura y los siguientes. Todos los transistores tienen el mismo valor de V_{BE} (o V_{EB} según el tipo de transistor) y de V_{CESAT} (o V_{ECSAT} según tipo de transistor). $\beta_{Q1} = \beta_{Q2} = \beta_{POT}$, β del resto de los transistores de valor β_{SIG} . $R1 = R2 = R$.

- a) Indicar si la etapa opera en clase AB o en clase B. Fundamente su respuesta.
- b) Determinar para qué valor de corriente de pico a la salida comienza a actuar la protección. Explicar cuándo se activa la protección y cómo logra limitar la corriente de cortocircuito.
- c) Determinar la máxima potencia que la etapa puede entregar a la salida (asumiendo que con la carga R_L mostrada en la figura y los restantes datos del problema la protección no actúa).
- d) Si se desean entregar 16 W a la carga en la siguiente situación: $R_L = 4 \text{ Ohm}$, $R=0.11 \text{ Ohm}$, $V_{BE} = 0.7 \text{ V}$, $V_{CESAT} = 0.3 \text{ V}$, $\beta_{POT} = 25$, $\beta_{SIG} = 150$, $V_{CC}=15\text{V}$.
 - i. ¿ Qué condición debe cumplir I_{bias} para que se pueda entregar la potencia deseada a la salida ?
 - ii. Si I_{bias} cumple la condición anterior, ¿ qué eficiencia se tiene cuando se están entregando los 16W a la salida ? A los efectos de este cálculo considerar solo el consumo debido a la rama de salida del amplificador y se podrá despreciar la disipación en $R1$ y $R2$.



Problema 3 (35 pts): (Ejercicio 7 Practico 7)

Considere el circuito de la figura 3 donde todos los transistores son idénticos con ganancia en corriente β , tensión base emisor V_{BE} y la tensión de saturación V_{CESAT} .

- Indicar terminales de entrada inversor y no inversor.
- Indicar el valor de la corriente I en función de I_o e I_a , para que la tensión V_o de reposo sea $0V$. Calcular I_a
- Calcular la ganancia en función de V_a
- Calcular la máxima excursión pico a pico de salida. Se asume que la mínima tensión admisible en las fuentes de corriente I es V_{BE} .

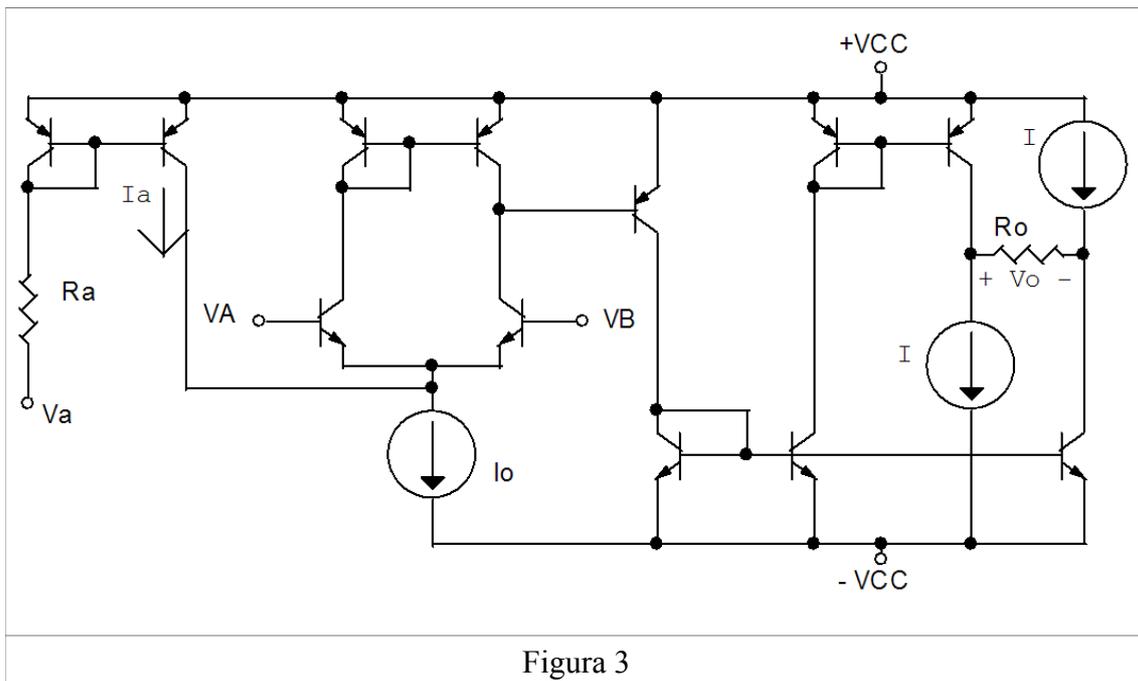


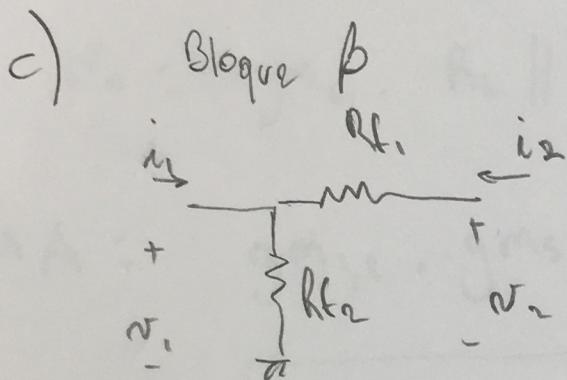
Figura 3

Problema 1) :

a) $V_{DC} \uparrow \rightarrow V_{CE2} \uparrow \rightarrow i_{M2} \uparrow \rightarrow V_{CE5} \downarrow \rightarrow V_{CE6} \uparrow \rightarrow V_{DC} \downarrow$
 Realimentación negativa.

b) V_{DC} se mantiene estable si $V_{CE1} = V_{CE2} = V_{DC}$

$$V_{CE2} = V_{DC} \cdot \frac{R_{t2}}{R_{t1} + R_{t2}} \Rightarrow V_{DC} = \left(1 + \frac{R_{t1}}{R_{t2}}\right) V_{CE2} = \left(1 + \frac{R_{t1}}{R_{t2}}\right) V_{DC}$$



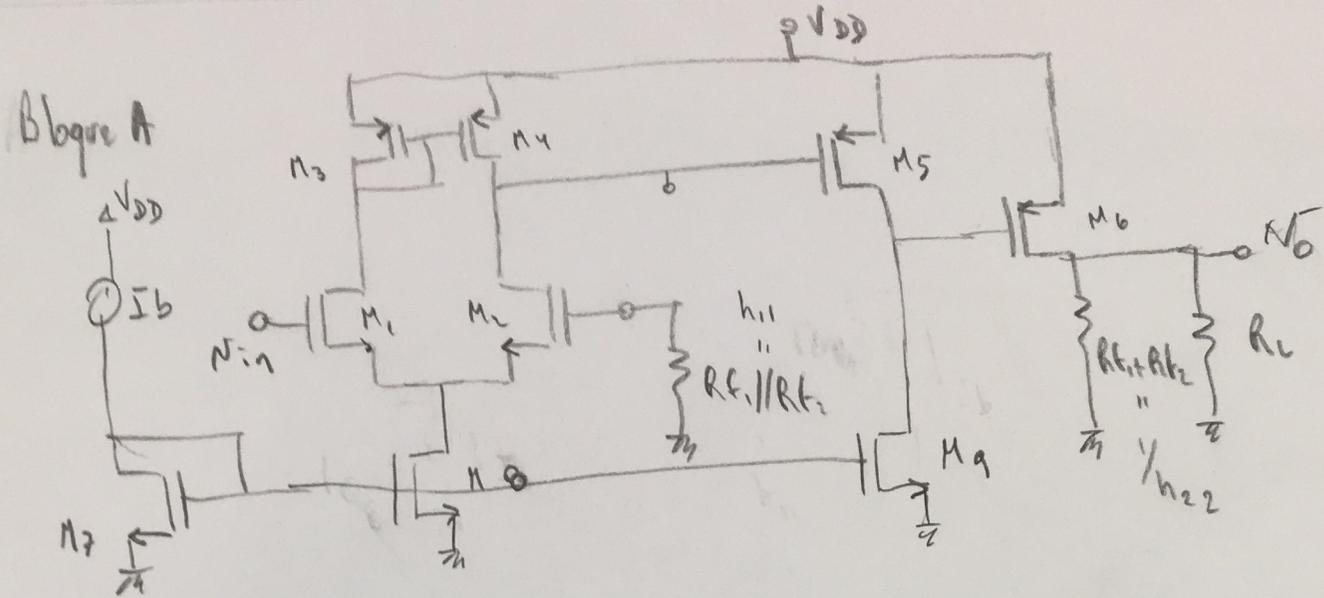
$$h_{11\beta} = \frac{v_1}{i_1} \Big|_{v_2=0} \Rightarrow h_{11\beta} = R_{t1} \parallel R_{t2}$$

$$h_{12\beta} = \frac{v_1}{v_2} \Big|_{i_1=0} \Rightarrow h_{12\beta} = \frac{R_{t2}}{R_{t1} + R_{t2}} = \beta$$

$$h_{21\beta} = \frac{i_2}{i_1} \Big|_{v_2=0} \Rightarrow i_2 = \frac{-v_1}{R_{t1}} = -i_1 \frac{R_{t1} \parallel R_{t2}}{R_{t1}} = \frac{-i_1 R_{t2}}{R_{t1} + R_{t2}}$$

$$\Rightarrow h_{21\beta} = \frac{-R_{t2}}{R_{t1} + R_{t2}}$$

$$h_{22\beta} = \frac{i_2}{v_2} \Big|_{i_1=0} \Rightarrow h_{22\beta} = \frac{1}{R_{t2} + R_{t1}}$$



$$N_{ams} = g_{m_{1,2}} \cdot r_{o2} \parallel r_{o4} \cdot N_{in}$$

$$N_{am6} = g_{m5} \cdot r_{o5} \parallel r_{o7} \cdot N_{ams}$$

$$N_o = g_{m6} \cdot R_L \parallel (R_{t1} + R_{t2}) \cdot N_{am6}$$

$$G_A = g_{m_{1,2}} \cdot g_{m5} \cdot g_{m6} \cdot (r_{o2} \parallel r_{o4}) \cdot (r_{o5} \parallel r_{o7}) \cdot (R_L \parallel (R_{t1} + R_{t2}))$$

$$g_{m_{1,2}} = \sqrt{2 \beta_{M_{1,2}} \frac{I_b}{2}}$$

$$g_{m5} = \sqrt{2 \beta_{M5} I_b}$$

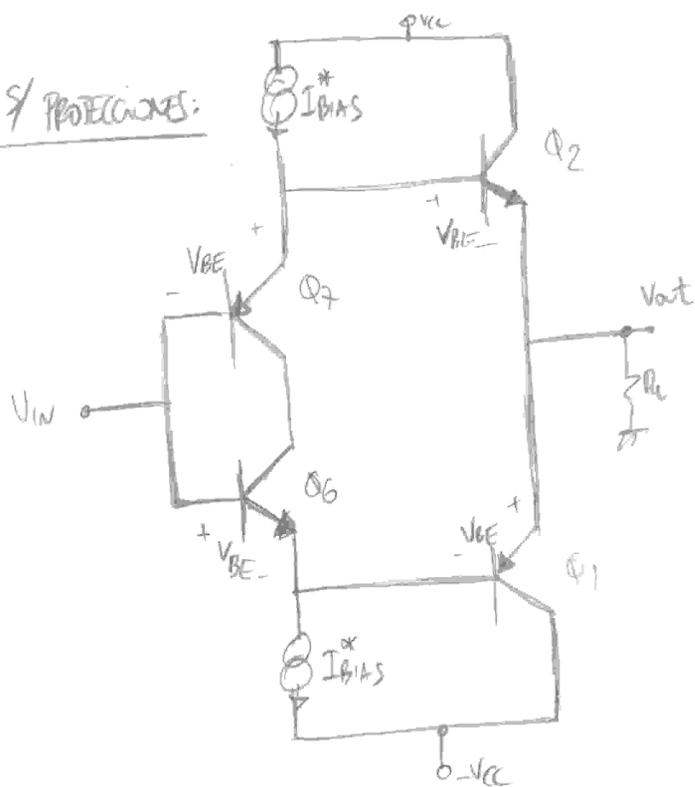
$$g_{m6} = \sqrt{2 \beta_{M6} I_{DC6}}$$

$$I_{DC6} = \frac{V_{DD}}{(R_{t1} + R_{t2}) \parallel R_L} = \frac{V_{inDC} \cdot (R_{t1} + R_{t2}) \cdot (R_{t1} + R_{t2} + R_L)}{(R_{t1} + R_{t2}) R_L R_{t2}} = \frac{V_{inDC} (R_{t1} + R_{t2} + R_L)}{R_L \cdot R_{t2}}$$

$$r_{o2} = r_{o4} = \frac{V_A}{I_b/2} \quad , \quad r_{o5} = r_{o7} = \frac{V_A}{I_b}$$

$$G_{CL} = \frac{G_A}{1 + G_A \cdot \beta} \approx \frac{1}{\beta} \quad \text{si: } G_A \gg 1$$

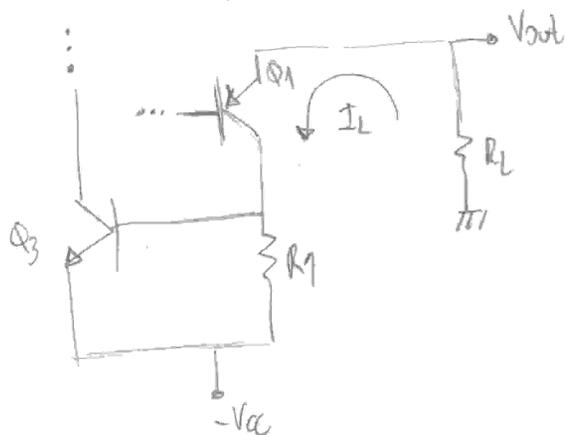
a) CIRCUITO Y PROTECCIONES:



- $I_{BAS}^* = I_{BIAS}$
- Voltaje entre las bases de Q_1 y Q_2 : $V_{EB} = V_{BEQ7} + V_{BEQ6} = 2V_{BE}$ } \Rightarrow
- Q_6 y Q_7 están en activa ($I_{CQ7} = I_{CQ6} = I_{BIAS} > 0$)

\Rightarrow El circuito opera en clase AB

b) Análisis para Q_3 (es análogo para Q_4)



(H) $I_{BQ3} \ll I_L$

- La protección se activa cuando Q_3

se prende: $\hat{I}_L = \frac{V_{BEQ3}}{R_1} \Rightarrow \left| \frac{\hat{I}_L}{I_L} = \frac{V_{BE}}{R} \right|$

- Para $I_L < \hat{I}_L$ $V_{BEQ3} < V_{BE} \Rightarrow Q_3$ cortado,

cuando $I_L = \hat{I}_L$ Q_3 se prende, Q_3 reduce la corriente de base de Q_5 y Q_8 (se reduce I_{BAS}^*) \Rightarrow

\Rightarrow se reduce corriente de base de $Q_1 \Rightarrow$

\Rightarrow se reduce I_L



$$c) P_L = \frac{1}{T} \int_0^T R_L i_{out}^2 dt = R_L \hat{I}_L \underbrace{\frac{1}{T} \int_0^T s^2(\omega t) dt}_{\frac{1}{2}} = \frac{1}{2} R_L \hat{I}_L^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{\hat{V}_{out}^2}{R_L} \quad (**)$$

$$- \text{máx } P_L \Leftrightarrow \text{máx } \hat{I}_L \Leftrightarrow \hat{I}_L \leq I_{BIAS} \cdot \beta_{TOT} \Rightarrow P_L^{max} = \frac{1}{2} R_L \beta_{TOT}^2 \cdot I_{BIAS}^2 \quad (1)$$

$$- \text{Por otro lado, } \hat{V}_{out} + V_{BEQ2} + V_{CEsatQ8} \leq V_{CC} \quad (***)$$

$$\Rightarrow \sqrt{2 P_L R_L} \leq V_{CC} - V_{BE} - V_{CESAT} \Leftrightarrow P_L^{max} = \frac{(V_{CC} - V_{BE} - V_{CESAT})^2}{2 R_L} \quad (2)$$

$$(1) \text{ y } (2) \Rightarrow P_L^{max} \text{ será el mínimo de } \left(\frac{1}{2} R_L \beta_{TOT}^2 I_{BIAS}^2, \frac{(V_{CC} - V_{BE} - V_{CESAT})^2}{2 R_L} \right) \quad ||$$

$$d) i) I_{BIAS} \geq \frac{\hat{I}_L}{\beta_{TOT}} \quad \Rightarrow \boxed{I_{BIAS} \geq 113 \text{ mA}}$$

$$P_L = \frac{1}{2} R_L \hat{I}_L^2 \Rightarrow \hat{I}_L = \sqrt{\frac{2 P_L}{R_L}} = 2,83 \text{ A} \text{ y } \hat{V}_{out} = 11,3 \text{ V}$$

$$\text{Verifico: } \Rightarrow \frac{(V_{CC} - V_{BE} - V_{CESAT})^2}{R_L} = 49 \text{ W} > 16 \text{ W} \quad \checkmark$$

$$2) \text{ La protección activa para } \hat{I}_L = \frac{V_{BE}}{R} = 6,3 \text{ A} > 2,83 \text{ A} \Rightarrow \text{No actúa protección}$$

$$ii) \eta_0 = \frac{P_L}{P_{TOTAL}} = \frac{\pi R_L \hat{I}_L}{4 V_{CC}} = 59\% \Rightarrow \boxed{\eta_0 = 59\%}$$

