

EXAMEN DE ELECTRONICA 1
16/02/12

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)

El circuito de la figura monitorea el valor de la corriente I_{stim} y prende una alarma (el LED D1) cuando esa corriente supera un cierto umbral.

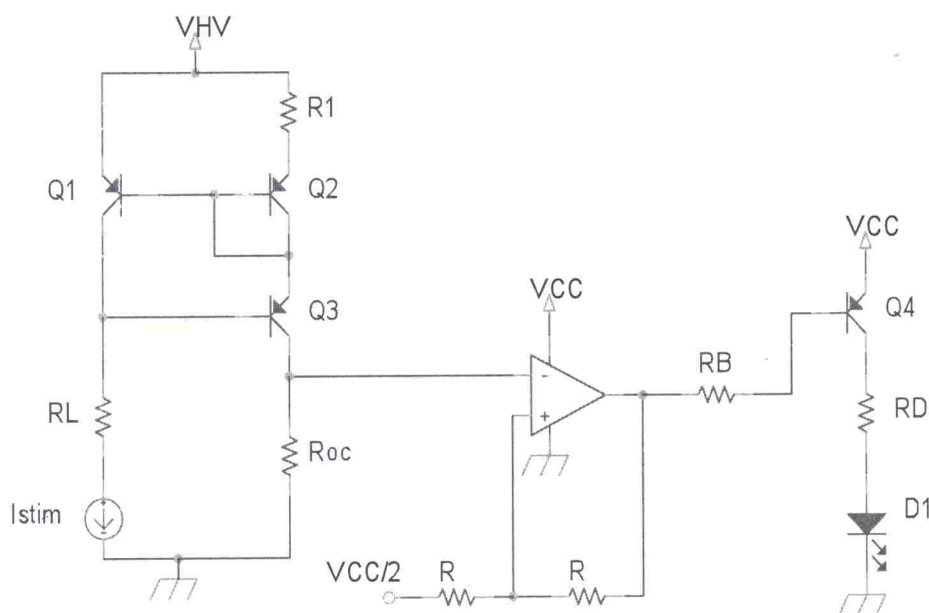
- Elija valores para R_B y R_D que aseguren que el LED encienda cuando la salida del amplificador esta a 0V.
- Grafique en función de la tensión en bornes de la resistencia R_{oc} , la tensión a la salida del amplificador. Indique todos los puntos notables y marque claramente en que parte de la curva el LED se encuentra encendido.
- Suponiendo que la fuente de corriente I_{stim} entrega pulsos de corriente positivos a la carga R_L , determine cuál es el máximo valor de esos pulsos que NO enciende el LED.
- Si la fuente I_{stim} precisa al menos 0.2 V entre sus bornes para funcionar, ¿cuál es el valor máximo de R_L que puede utilizar el circuito si la fuente I_{stim} entrega un pulso del valor hallado en c)?

Datos:

$V_{CC} = 5\text{ V}$, $V_{HV} = 15\text{ V}$, $R_1 = 1.2\text{ k}\Omega$, $R_{oc} = 39\text{ k}\Omega$

Todos los transistores son idénticos. Medidos con $I_C = 10\text{ mA}$ tienen los siguientes parámetros: $V_{EB} = 0.7\text{ V}$, $V_{ECsat} = 0.3\text{ V}$, $\beta = 100$

LED: $V_{D1} = 0.7\text{ V}$ @ ($I_{D1} = 10\text{ mA}$)



PROBLEMA 2 (40 puntos)

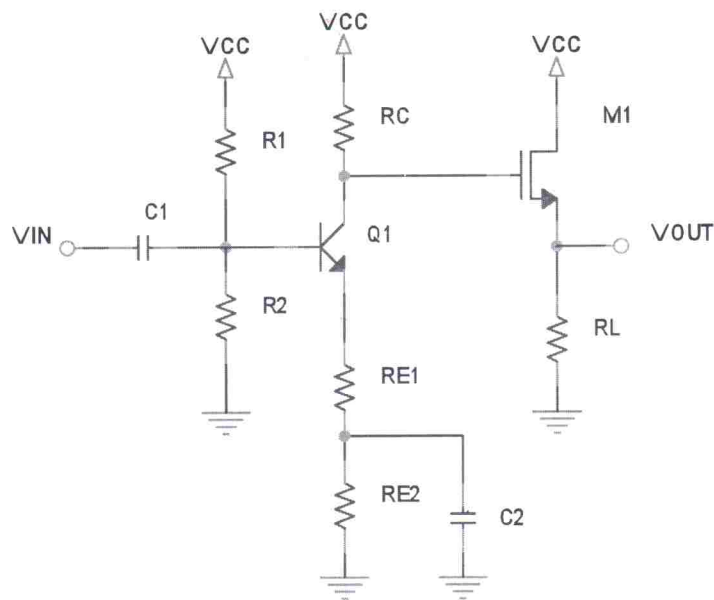
- Determinar qué condición debe cumplir R_L para que la ganancia se pueda considerar independiente del valor de R_L .
- Si R_L cumple la condición hallada en a), diseñar R_1 , R_2 , R_{E1} , R_{E2} , C_1 y C_2 para que el amplificador tenga: ganancia a frecuencias medias de 20, frecuencia de corte inferior de 3dB a 25Hz y máxima excursión.
- Si $R_L = 4.7 \text{ k}\Omega$, ¿cuál es la tensión V_{OUT} en continua?. ¿Se cumple la condición hallada en a)?

DATOS:

$$V_{CC} = 15\text{V}, R_C = 8.2 \text{ k}\Omega$$

$$Q1: \beta_{NPN} = 100, V_{BE} = 0.7\text{V}, V_{CESAT} = 0.3\text{V}$$

$$M1: \beta_{MOS} = 7\text{mA/V}^2, V_{T0} = 1\text{V}, \delta = 0.$$



PREGUNTA (20 puntos)

El par diferencial de la Figura 1 amplifica la señal de salida de un sensor representada por V_{sensor} . Entre la tierra del par diferencial y la tierra del sensor hay un ruido representado en la Figura 1 como V_{ruido} . Para evitar amplificar la señal de ruido se utiliza la configuración que se muestra. Se desea analizar la influencia del apareo de los transistores $Q1$ y $Q2$ y de la resistencia de salida R_{out} de la fuente de corriente I_0 en la anulación de la señal de ruido. La salida del par diferencial se puede ver en forma “single-ended” en V_{o1} o en forma diferencial en V_{o2} . Indique en las dos tablas que se muestran los casos en que la señal de ruido es anulada (con un “SI”) y los casos en que no lo es (con un “NO”). Fundamente claramente sus respuestas (de completarse solamente las tablas sin fundamentación el problema no tendrá valor). Se supondrá que la tensión de Early de $Q1$ y $Q2$ es ∞ .

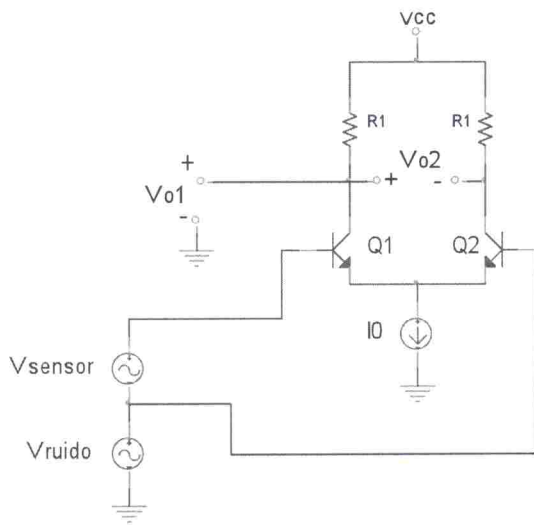
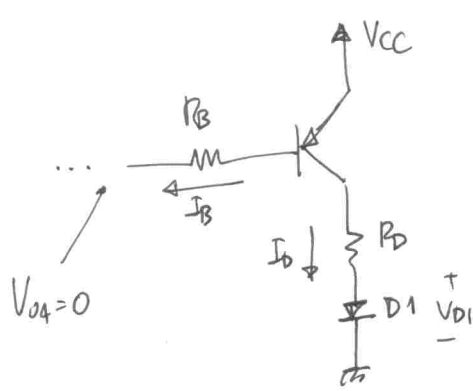


Figura 1

V_{o1}	I_0 ideal ($R_{out} = \infty$)	I_0 real ($R_{out} \neq \infty$)
$Q1 \equiv Q2$	SI	NO
$Q1 \neq Q2$	SI	NO

V_{o2}	I_0 ideal ($R_{out} = \infty$)	I_0 real ($R_{out} \neq \infty$)
$Q1 \equiv Q2$	SI	SI
$Q1 \neq Q2$	SI	NO

1 (a)



Q_4 funciona como llave (corte/sat) para apagar/prender el LED.

Cuando D1 ON, Q_4 tiene que estar ON (sat)

$$\left. \begin{array}{l} D1 \text{ ON} \Rightarrow I_D \geq 10 \text{ mA} \text{ y } V_{D1} = 0,7 \text{ V} \\ Q_4 \text{ SAT} \Rightarrow V_{CEQ4} = V_{CESAT} \\ V_{CC} - V_{CEQ4} - V_{D1} = I_D R_D \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{V_{CC} - V_{CESAT} - 0,7 \text{ V}}{R_D} \geq 10 \text{ mA} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow R_D \leq 400 \Omega \Rightarrow \boxed{R_D = 390 \Omega}$$

$$V_{CC} - V_{BE} - R_B I_B = 0 \Rightarrow I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B} \quad \left. \right\} \Rightarrow$$

Para garantizar que Q_4 está SAT impongo $I_B \gg \frac{I_D}{\beta}$

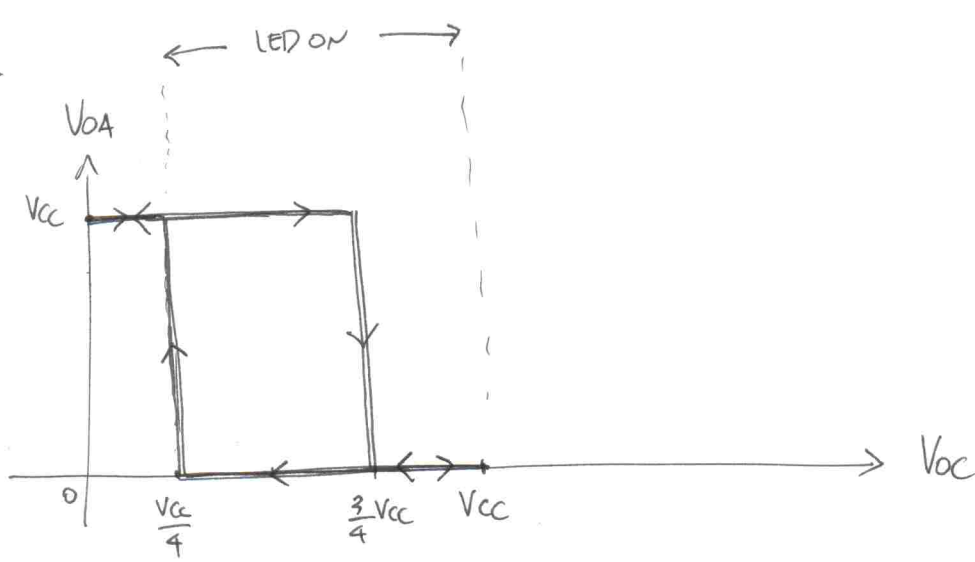
$$\Rightarrow R_B \ll \frac{\beta (V_{CC} - V_{BE})}{I_D} \approx 42 \text{ k}\Omega \Rightarrow \boxed{R_B = 3,9 \text{ k}\Omega}$$

(b) OA realimentado positivo: Si $V^+ > V^- \Rightarrow V_{OA} = V_{CC}$
Si $V^+ < V^- \Rightarrow V_{OA} = 0$

$$\text{Si } V_{OA} = 0 \Rightarrow V^+ = \frac{V_{CC}}{4} \quad \begin{array}{l} \nearrow \frac{V_{CC}}{4} > V_{OC} \Rightarrow V_{OA} = V_{CC} \\ \searrow \frac{V_{CC}}{4} < V_{OC} \Rightarrow V_{OA} = 0 \end{array}$$

$$\text{Si } V_{OA} = V_{CC} \Rightarrow V^+ = \frac{3}{4} V_{CC} \quad \begin{array}{l} \nearrow \frac{3}{4} V_{CC} > V_{OC} \Rightarrow V_{OA} = V_{CC} \\ \searrow \frac{3}{4} V_{CC} < V_{OC} \Rightarrow V_{OA} = 0 \end{array}$$

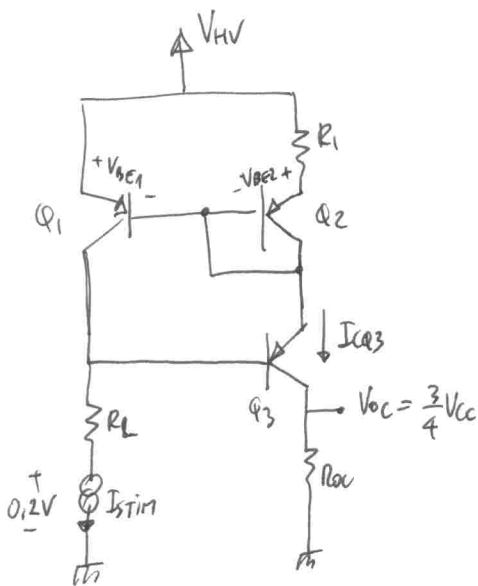
(b) (cont).



El Diodo prende cuando $V_{OC} > \frac{3}{4}V_{CC}$ y se apaga cuando $V_{OC} < \frac{V_{CC}}{4}$
 La transición OFF-ON es en $\frac{3}{4}V_{CC}$ y la ~~ON~~ ON-OFF en $\frac{1}{4}V_{CC}$

(c) LED OFF $\Rightarrow V_{OC} \leq \frac{3}{4}V_{CC}$ } $\Rightarrow I_{CQ3} < \frac{3V_{CC}}{4R_{OC}} \Rightarrow I_{CQ3} < 100\mu A$
 $I_{CQ3} = \frac{V_{OC}}{R_{OC}}$

I_{CQ3} e I_{stim} se vinculan a través del espejo $Q_1-Q_2-Q_3$:



\rightarrow Desprecio corrientes de base \rightarrow (solución aceptada. Ver solución considerando I_{B3} en la sigl. p. 8.)
 $\rightarrow I_{stim} = I_S e^{V_{BE1}/V_T}$
 $\rightarrow I_{CQ3} = I_{CQ2} = I_S e^{V_{BE2}/V_T}$ } $\Rightarrow \frac{I_{stim}}{I_{CQ3}} = e^{\frac{V_{BE1} - V_{BE2}}{V_T}}$
 $\rightarrow V_{HV} - V_{BE1} + V_{BE2} - R_1 I_{CQ3} = V_{HV} \Rightarrow V_{BE1} - V_{BE2} = R_1 I_{CQ3}$
 $\Rightarrow I_{stim} = I_{CQ3} \cdot e^{\frac{R_1 I_{CQ3}}{V_T}}$ } $\Rightarrow I_{stim}^{max} = 10,1 \mu A$
 Si $I_{CQ3} < 100 \mu A$

(d) $I_{stim} = 10 \mu A$, $I_{CQ3} = 100 \mu A$

$V_{HV} - R_1 \cdot I_{CQ3} - V_{BEQ2} - V_{BEQ3} - R_L I_{stim} \geq 0,2V \Rightarrow R_L \leq \frac{V_{HV} - R_1 I_{CQ3} - 2V_{BE} - 0,2V}{I_{stim}}$

$\Rightarrow R_L^{min} = 4,3 k\Omega$

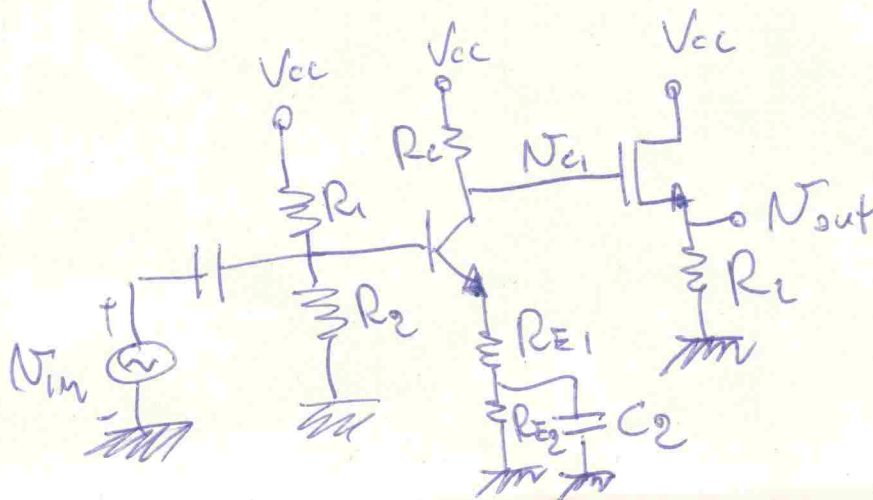
J.

Problema 2

2)

M1 y R_L implementan un seguidor de source y la ganancia en banda pasante está dada por:

$$\frac{N_{out}}{N_{ci}} = \frac{g_{m1}^{mos} R_L}{1 + g_{m1}^{mos} R_L}$$

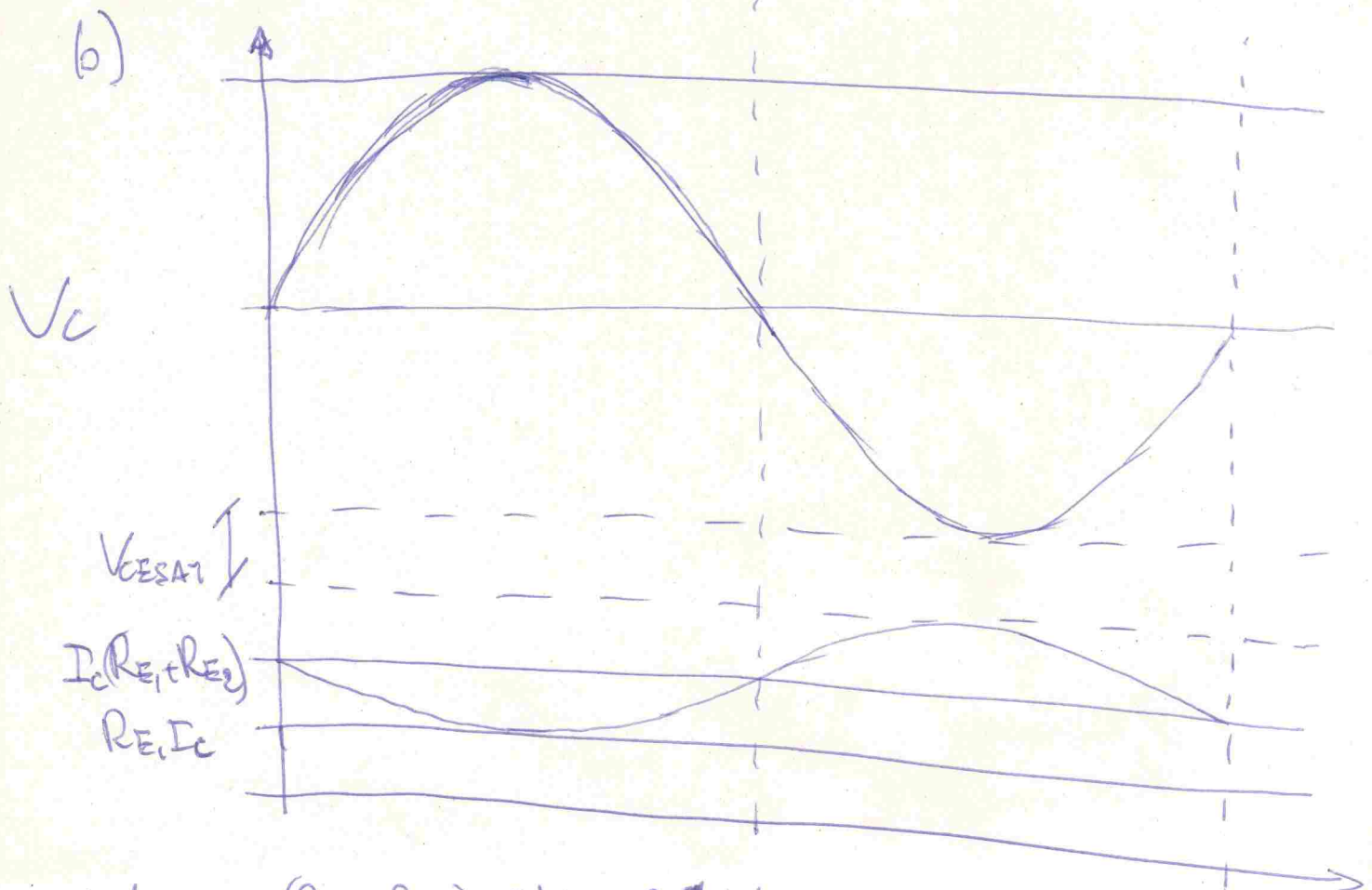


⇒ Para que la ganancia sea independiente de R_L se debe cumplir:

$$g_{m1}^{mos} R_L \gg 1$$

$$\Rightarrow \frac{N_{out}}{N_{ci}} \approx 1$$

Problema 2



$$* V_E = I_C(R_{E1} + R_{E2}) = 3V_{BE} = 2,1 \text{ V}$$

$$* V_C = \frac{1}{2} [V_{CC} + V_E + V_{CESAT}] = 8,7 \text{ V}$$

$$* V_{CC} - R_C I_C = V_C \Rightarrow I_C = 0,77 \text{ mA}$$

$$\Rightarrow R_{E1} + R_{E2} = \frac{3V_{BE}}{I_C} = 2733 \Omega$$

$$* G = -\frac{R_C}{R_{E1}} \Rightarrow R_{E1} = 410 \Omega$$

$$\Rightarrow R_{E2} = 2733 - 410 \Rightarrow R_{E2} = 2323 \Omega$$

$$* V_B = 4V_{BE} = 2,8 \text{ V}$$

$$* V_{CC} \frac{R_2}{R_1 + R_2} = V_B \Rightarrow R_2 = \frac{V_B R_1}{V_{CC} - V_B}$$

Problema 2

b) Elijo arbitrariamente

$$R_1 = 10 \text{ k}\Omega$$

$$\Rightarrow R_2 = 2295 \Omega$$

Considero un polo en 25 Hz y el otro una decada por debajo.

Impongo que el polo dominante lo pone C_1

$$f_1 = f_2 = \frac{1}{2\pi C_1 R_{in}} \quad \text{con } R_{in} = [R_1 || R_2] [R_1 || R_2]$$

$$\Rightarrow C_1 = 3,6 \mu\text{F}$$

$$f_2 = \frac{1}{2\pi C_2 (R_1 || R_2)} \Rightarrow C_2 = 185 \mu\text{F}$$

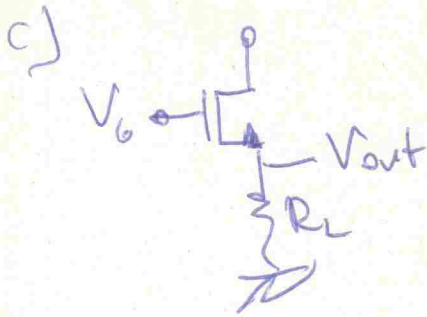


$$V_{out} = R_2 I_2$$

$$I_2 = \frac{V_{out}}{R_2} \Rightarrow V_{out} = R_2 \left(\frac{V_{out}}{R_2} \right)$$

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_G \Rightarrow V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_G$$

Problems 2



$$V_{out} = R_L I_D$$

$$I_D = \frac{\beta_{MOS}}{2} (V_G - V_{out} - V_{th_0})^2$$

$$\Rightarrow V_G - V_{out} - V_{th_0} = \sqrt{\frac{2 I_D}{\beta_{MOS}}} \Rightarrow V_{out} = V_G - V_{th_0} - \sqrt{\frac{2 I_D}{\beta_{MOS}}}$$

$$\Rightarrow V_G - V_{th_0} - \sqrt{\frac{2 I_D}{\beta_{MOS}}} = R_L I_D$$

$$\Rightarrow \text{Iterando } \boxed{I_D = 1,5 \text{ mA}}$$

$$\Rightarrow g_m = \beta_{MOS} \sqrt{\frac{R_L I_D}{2}} = 4,6 \text{ mA/V}$$

$$\Rightarrow \boxed{R_L g_m = 21,5 \gg 1} \checkmark$$