

**EXAMEN DE ELECTRONICA 1****31/07/2013**

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 (42 puntos)**

El circuito de la Figura busca medir el consumo de corriente continua  $IDUT$  del bloque DUT, dando a su salida una señal cuya frecuencia sea función de  $IDUT$ .

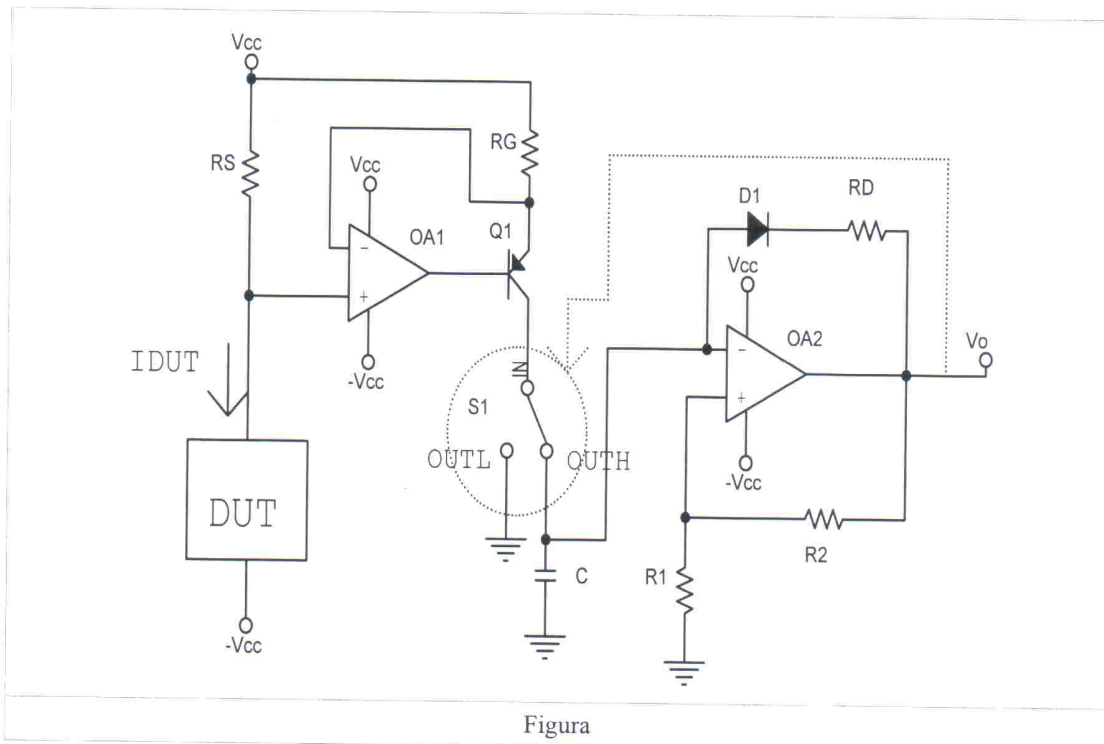
En todo el problema se tienen los siguientes datos:

La llave S1 conecta la entrada IN con OUTH cuando la señal de control ( $V_o$ ) es mayor que 0 y conecta IN con OUTL cuando la señal de control ( $V_o$ ) es menor que 0.

Datos Q1:  $V_{EB}$ ,  $\beta$ ,  $V_{ECSAT}$ , Tensión de Early infinita.

D1: ideal.

- Si se consideran los amplificadores ideales y la corriente  $IDUT$  tal que Q1 opera en zona activa, determinar como se relaciona la frecuencia de la señal en  $V_o$  con la corriente  $IDUT$ .
- Si  $IDUT$  varía entre  $IDUT_{min}$  e  $IDUT_{max}$ ,
  - ¿Que condición debe cumplir el rango de entrada en modo común y la excursión de salida (“output swing”) de OA1 para que el circuito funcione correctamente.?
  - ¿Qué condición deben cumplir  $IDUT_{min}$  e  $IDUT_{max}$  para que Q1 funcione en zona activa?
  - ¿Qué condición impondría al slew rate de OA2 para que no afecte significativamente el resultado hallado en a) ?
- Si OA2 se supone ideal, pero OA1 tiene tensión de offset  $V_{offset}$ , ¿cómo cambia el resultado hallado en a) ? (La corriente de polarización de entrada ( $I_{bias}$ ) de OA1 se supone despreciable).



Figura

**PROBLEMA 2 (42 puntos)**

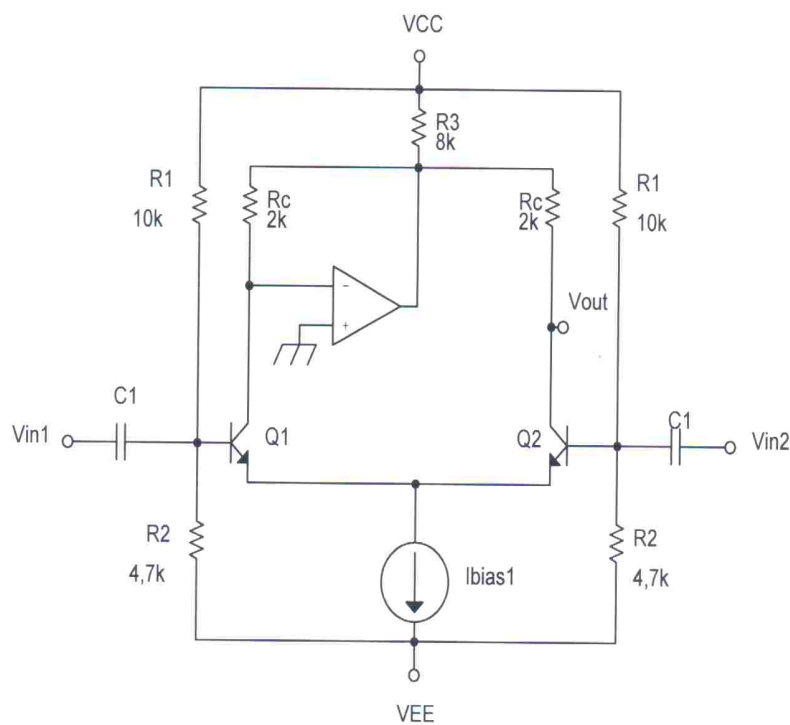
Para el circuito de la figura calcular:

- Ganancia  $V_{out}/(V_{in1}-V_{in2})$  en la banda pasante.
- La relación de rechazo al modo común, fundamentando claramente el resultado presentado.
- El valor de  $C1$  para que el polo de baja frecuencia de la transferencia  $V_{out}/(V_{in1}-V_{in2})$  sea de 100 Hz.

**Datos:**

Q1 y Q2:  $\beta=200$ ,  $V_{CESAT} = 0.3V$ ,  $V_{BE} = 0.7V$ ; voltaje de Early  $V_A$  que se podrá considerar infinito,  $V_{CC}=-V_{EE}=15V$  y el amplificador operacional es ideal.

La fuente  $I_{bias1}$  vale 1mA y tiene resistencia de salida infinita.



Figura

**PREGUNTA (16 puntos)**

El circuito de la figura 1 se utiliza para conectar y desconectar la resistencia  $R_L$  a una fuente de alimentación  $V_{DD1}$ . Las fuentes de alimentación  $V_{DD1}$  y  $V_{DD2}$  son del mismo valor pero independientes.

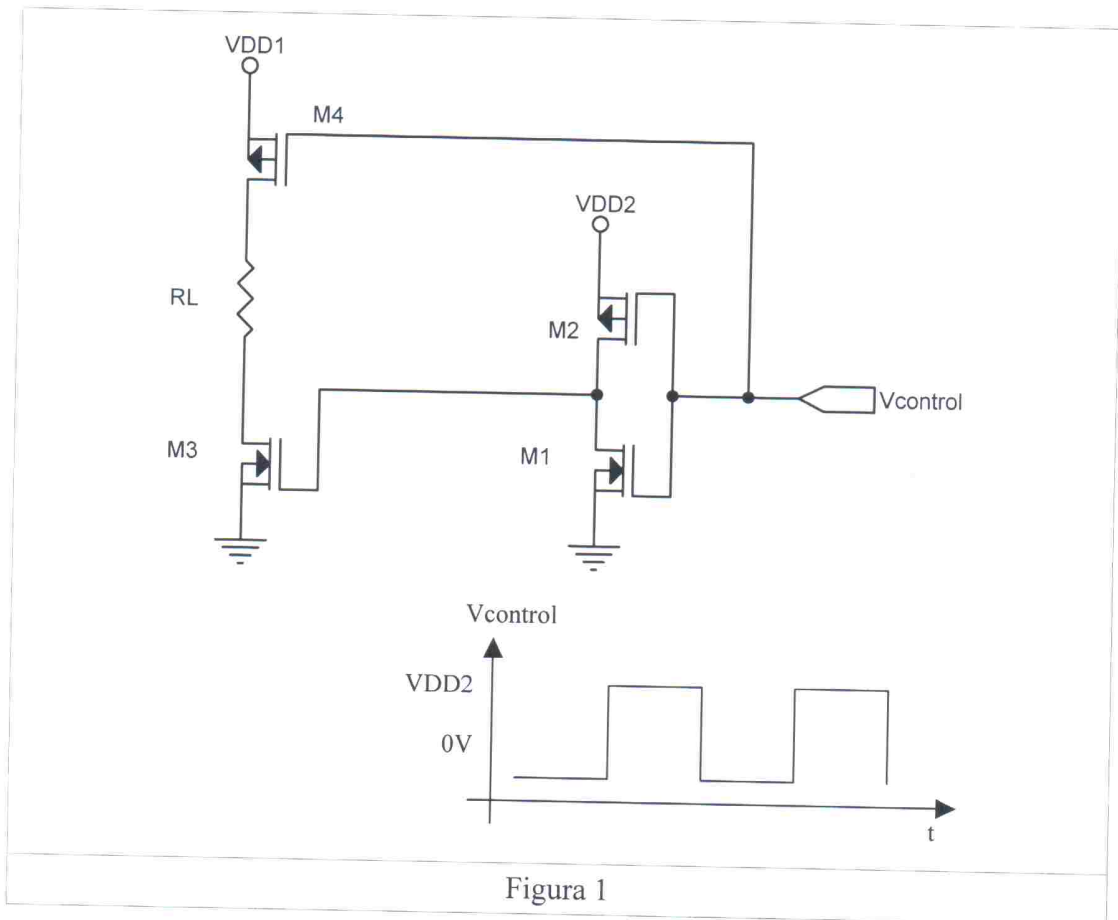
- Indicar cuál es la mínima resistencia  $R_L$  que se puede manejar si se desea que la tensión aplicada a  $R_L$  cuando esta está conectada difiera de  $V_{DD1}$  en menos de un 1%.
- Si  $R_L$  se conecta y desconecta cíclicamente, permaneciendo 0.5ms conectada y 0.5ms desconectada, estimar la potencia consumida de la fuente de alimentación  $V_{DD2}$ .

Datos: Transistores MOS:

$$V_{tn} = |V_{tp}| = 0.9V, \beta_n = \beta_p = 10 \text{mA/V}^2, \delta_n = \delta_p = 0$$

Capacidad gate-source: 50pF

$$V_{DD1} = V_{DD2} = 5V.$$



# Problem 2 1

2)  $V_o = +V_{cc}$  ;  $D_1$  OFF

$$\left. \begin{aligned} V_{DUT} &= V_{cc} - R_S I_{DUT} \\ I_{CQ1} &= \frac{V_{cc} - V_{DUT}}{R_G} \end{aligned} \right\} \Rightarrow I_{CQ1} = \frac{V_{cc} - (V_{cc} - R_S I_{DUT})}{R_G} \Rightarrow$$

$$I_{CQ1} = \frac{R_S I_{DUT}}{R_G} \Rightarrow$$

$$I_{CQ1} = c \Rightarrow \ominus V_{OUTH} = I_{CQ1} \cdot t$$

$$\Rightarrow V_{OUTH} = \frac{R_S}{R_G} I_{DUT} \cdot t$$

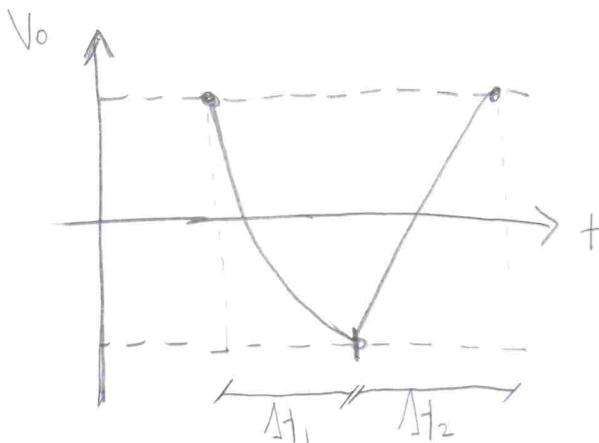
3)  $V_o = -V_{cc}$  ;  $D_1$  ON



$$V_{OUTH}(0) = V_{cc} \frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad (*)$$

$$\frac{dV_{OUTH}(t)}{dt} \ominus = \frac{V_{OUTH}(t) + V_{cc}}{R_D} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_{OUTH}(t) = k e^{-t/R_{D\ominus}} - V_{cc} \quad (*) \Rightarrow V_{OUTH}(t) = V_{cc} \left( \frac{2R_1 + R_2}{R_1 + R_2} \right) e^{-t/R_{D\ominus}} - V_{cc}$$



$$\begin{aligned} * \Delta t_1 & \\ V_{cc} \left( \frac{2R_1 + R_2}{R_1 + R_2} \right) e^{-\frac{\Delta t_1}{R_{D\ominus}}} - V_{cc} &= -V_{cc} \frac{R_1}{R_1 + R_2} \\ \frac{2R_1 + R_2}{R_1 + R_2} e^{-\frac{\Delta t_1}{R_{D\ominus}}} &= \frac{R_2}{R_1 + R_2} \\ \Delta t_1 &= \ln \left( \frac{2R_1 + R_2}{R_2} \right) R_{D\ominus} \end{aligned}$$

\*  $\Delta t_2$

$$\Delta t_2 = \frac{\frac{2V_{ce} R_1}{R_2 + R_1}}{\frac{R_S}{R_G} \frac{I_{OUT}}{C}} = \frac{2V_{ce} R_1 C}{(R_2 + R_1) \frac{R_S}{R_G} I_{OUT}}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{\Delta t_1 + \Delta t_2} \Rightarrow$$

$$f = \frac{1}{\ln\left(\frac{2R_1 + R_2}{R_2}\right) R_D C + \frac{2V_{ce} R_1 C}{(R_2 + R_1) \frac{R_S}{R_G} I_{OUT}}}$$

b)

i)

$$ICMR = (V_{ce} - R_S I_{OUTmax}, V_{ce} - R_S I_{OUTmin})$$

$$OS = (V_{ce} - R_S I_{OUTmax} - V_{EB}, V_{ce} - R_S I_{OUTmin} - V_{EB})$$

ii)

•  $V_{EC} > V_{ECsat}$

$$\underbrace{V_{ce} - R_S I_{OUTmax}}_{V_{Emin}} - \underbrace{\frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{ce}}_{V_{Cmax}} > V_{ECsat} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow I_{OUTmax} < \left( \frac{V_{ce} R_2}{R_1 + R_2} - V_{ECsat} \right) \frac{1}{R_S}$$

•  $I_C > 0$

$$I_{OUTmin} > 0$$

$$iii) SR = \frac{\Delta V}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{\Delta V}{SR} = \frac{2V_{ce}}{SR} \ll T = \frac{1}{f} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow SR \gg 2V_{ce}$$

c)

$$I_c = - \frac{\overbrace{V_{ce} - R_S I_{DVT} \pm V_{offset}} + V_{ce}}{R_G} \Rightarrow$$

$\lambda \otimes \longrightarrow$

$$\ln \left( \frac{2R_1 + R_2}{R_2} \right) R_D C + \frac{2V_{ce} R_1 C}{(R_1 + R_2)} \cdot \frac{1}{\left( \frac{R_S I_{DVT} \pm V_{offset}}{R_G} \right)}$$

## Problema 2

$$a) V_i = V_{i1} - V_{i2}$$

$$\text{En señal } i_{c1} = g_m \frac{V_i}{2}, \quad i_{c2} = -g_m \frac{V_i}{2}$$

Por tierra virtual  $V_{c1} = \phi \Rightarrow$  A la salida del operacional  $V_{OA} = \frac{R_c g_m V_i}{2}$

$$\Rightarrow V_o = V_{OA} - R_c i_{c2} = \frac{R_c g_m V_i}{2} + \frac{R_c g_m V_i}{2}$$

$$\frac{V_o}{V_i} = R_c g_m$$

b) Como la resistencia de salida de la fuente es infinita  $\Rightarrow A_c = \phi$

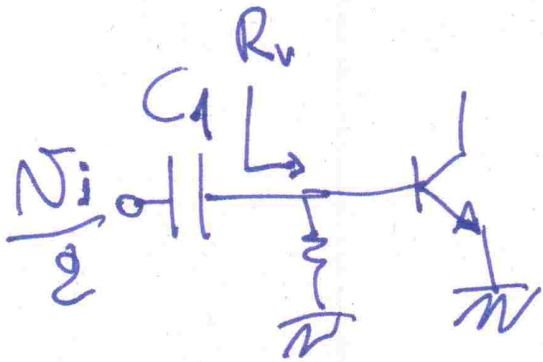
$$\Rightarrow \text{CMRR} = \infty$$

Como se puede ver  $i_{c1} = i_{c2} = \frac{I_{BIAS1}}{2}$

independiente de la señal en modo común.  $\Rightarrow A_c = \phi$

## Problema 2

c) Dividiendo el circuito por simetría:



$$R_v = R_{11} \parallel R_{21} \parallel r_{\pi}$$

$$f_L = \frac{1}{2\pi C_1 (R_{11} \parallel R_{21} \parallel r_{\pi})}$$



### Problema 3:

- a) Error en  $R_L < 1\% \Rightarrow$  caída en  $\pi 3$  y  $\pi 4: 50 \mu V$ ,  
Como  $V_{th} = |V_{bpl}|$  y  $\beta_n = \beta_p \rightarrow$  ambos tendrán  
igual resistencia y caída igual a  $25 \mu V$ .  
Como  $V_{GS_n} = V_{DS_2} = 5V = V_{GS_p}$   
 $\Rightarrow$  operen en zona lineal ( $V_{DS} \ll V_{GS} - V_t$ )  
 $\therefore R_{nos} \approx \frac{1}{\beta (V_{GS} - V_t)} = \frac{1}{10^{-3} (5 - 0.8V)} = 24.5 \Omega$   
 $\Rightarrow R_L / \frac{2R_{nos}}{R_L + 2R_{nos}} < 0.01$   
 $\Rightarrow 0.99 \cdot 2R_{nos} < 0.01 R_L$   
 $\Rightarrow \boxed{R_L > 4.7k}$

- b) la capacidad de gate de  $C_3$  se carga y descarga  
a frecuencia de  $1kHz$   
El consumo dinámico asociado del bu vector  
será:  
 $\boxed{P = f C V_{DD}^2 = 1.25 \mu W}$