

EXAMEN DE ELECTRONICA 1

21/12/15

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)

En el circuito de la Figura el transistor Q1 es usado como sensor de temperatura para dar una alarma frente a una determinada condición de temperatura. La alarma se activa accionando el relé cuya bobina es L1 y prendiendo el LED D1.

Datos:

Q1: V_{BE} a temperatura ambiente (27°C): 0.7 V, $(\Delta V_{BE} / \Delta T) = -2.5 \text{ mV/K}$, $\beta = 100$. $V_{CESAT} = 0.3\text{V}$ (se supondrá constante independiente de la temperatura).

Se supondrá que Q1 es el único componente expuesto a temperatura variable y por tanto el único afectado por variaciones de temperatura.

Se supondrá que el amplificador operacional es ideal salvo donde se indique lo contrario.

D1: Corriente para tener la iluminación deseada 10 mA, $V_F = 1.2 \text{ V}$ @ $I_{D1} = 10 \text{ mA}$.

Relé: RL1 es la resistencia propia del bobinado del relé, que vale $RL1 = 500 \Omega$. El relé se activa cuando la corriente por el bobinado supera los 7.5 mA.

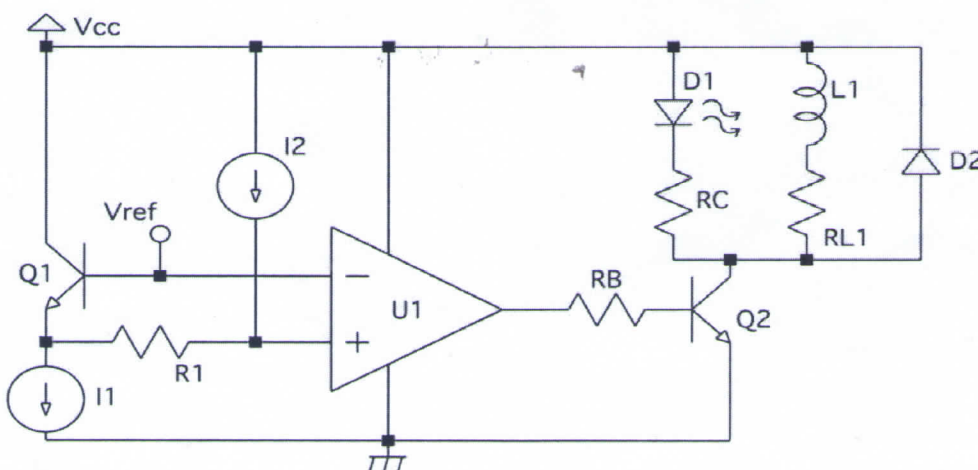
$V_{CC} = 9 \text{ V}$, $V_{ref} = 5 \text{ V}$

Q2: $V_{BE} = 0.7 \text{ V}$, $\beta = 100$, $V_{CESAT} = 0.3\text{V}$.

D2: $V_D = 0.7\text{V}$

$I_1 = 3 \mu\text{A}$, $I_2 = 2 \mu\text{A}$, $R_1 = 220 \text{ k}\Omega$.

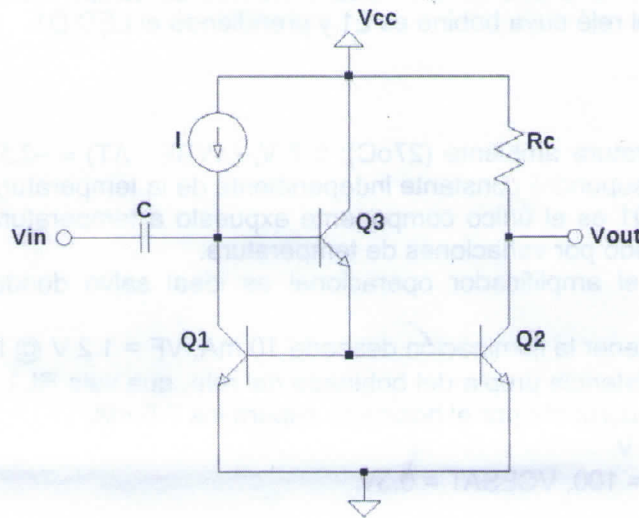
- ¿ Bajo qué condición de temperatura se activa la alarma ? Indicar el valor de la salida del amplificador operacional, cuando se activa la alarma.
- Diseñar R_B y R_C para que el circuito opere como se desea.
- ¿ Qué función cumple el diodo D2 ?
- Si el amplificador operacional tiene los siguientes valores máximos de tensión de offset $V_{offset} = 20 \text{ mV}$, corrientes de polarización $I_{BIAS} = 200 \text{ nA}$ (entrantes al amplificador operacional) y corrientes de offset $I_{offset} = 30 \text{ nA}$, cómo puede alterar esto, en un peor caso, la temperatura máxima en la que se activa la alarma ?



PROBLEMA 2 (40 puntos)

En circuito de la figura Q1, Q2 y Q3 son idénticos, con tensión de Early V_A infinita, $\beta=100$ y tensiones base emisor y de saturación V_{BE} y V_{CESAT} respectivamente. El condensador de desacople C puede considerarse infinito. El valor de la tensión de alimentación V_{CC} es tal que asegura que todos los transistores operen en zona activa. Calcule:

- a) La corriente de colector en continua por cada transistor.
- b) La ganancia V_{out}/V_{in} .
- c) La resistencia de entrada R_{in} .
- d) La excursión de salida.

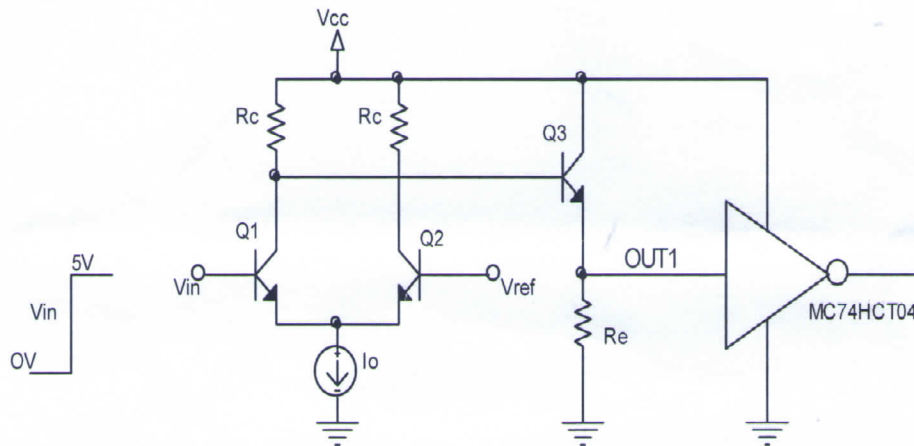


PREGUNTA (20 puntos)

Dado el circuito de la figura, donde el inversor es un MC74HCT04 (se adjunta parte de la hoja de datos). V_{in} es una señal digital que puede tomar los valores 0V y 5V según se indica en la figura.

- a) Calcular V_{OL} y V_{OH} en la salida OUT1.
- b) Calcular los márgenes de ruido NM_L y NM_H en OUT1.
- c) Si la entrada V_{in} ahora varía entre $(2.5V - V_{amp}/2)$ y $(2.5V + V_{amp}/2)$, ¿Cuál es la mínima amplitud V_{amp} para que el circuito tenga el mismo comportamiento de las partes a) y b) en OUT1?

Datos: $\beta=400$, $V_{BE}=0.7V$, $R_e=1k\Omega$, $R_c=1.8k\Omega$, $V_{CC}=5V$, $V_{ref}=2.5V$, $I_o=2mA$.



DC CHARACTERISTICS (Voltages Referenced to GND)

Symbol	Parameter	Condition	V _{CC} V	Guaranteed Limit			Unit
				-55 to 25°C	≤85°C	≤125°C	
V _{IH}	Minimum High-Level Input Voltage	V _{out} = 0.1V I _{out} ≤ 20μA	4.5	2.0	2.0	2.0	V
			5.5	2.0	2.0	2.0	
V _{IL}	Maximum Low-Level Input Voltage	V _{out} = V _{CC} - 0.1V I _{out} ≤ 20μA	4.5	0.8	0.8	0.8	V
			5.5	0.8	0.8	0.8	
V _{OH}	Minimum High-Level Output Voltage	V _{in} = V _{IL} I _{out} ≤ 20μA	4.5	4.4	4.4	4.4	V
		V _{in} = V _{IL} I _{out} ≤ 4.0mA	5.5	5.4	5.4	5.4	
V _{OL}	Maximum Low-Level Output Voltage	V _{in} = V _{IH} I _{out} ≤ 20μA	4.5	0.1	0.1	0.1	V
		V _{in} = V _{IH} I _{out} ≤ 4.0mA	5.5	0.1	0.1	0.1	
I _{in}	Maximum Input Leakage Current	V _{in} = V _{CC} or GND	4.5	0.26	0.33	0.40	μA
I _{CC}	Maximum Quiescent Supply Current (per Package)	V _{in} = V _{CC} or GND I _{out} = 0μA	5.5	1	10	40	μA
ΔI _{CC}	Additional Quiescent Supply Current	V _{in} = 2.4V, Any One Input V _{in} = V _{CC} or GND, Other Inputs I _{out} = 0μA	5.5	≥ -55°C	25 to 125°C		mA
				2.9	2.4		

1. Information on typical parametric values can be found in Chapter 2 of the ON Semiconductor High-Speed CMOS Data Book (DL129/D).
 2. Total Supply Current = I_{CC} + ΣΔI_{CC}.

PROBLEMA 1:

a) UI compara V_{BE1} con $R_1 \cdot I_2$

Cuando $V_{BE1} < R_1 \cdot I_2$ lo solido de
 U1 sube a V_{CC} prendiendo Q2
 y activando la alarma.

Para que esto suceda:

$$\Delta T = \frac{(R_1 \cdot I_2 - V_{BE1 @ 27^\circ C})}{-2.5 \text{ mV/K}} = 104^\circ C$$

\Rightarrow para $T > 104 + 27 = 131^\circ C$ se
 active la alarma.

b) RB / Q2 saturado

$$I_{C2} = I_{D1} + I_{L1}$$

$$I_{D1} = 10 \mu A, \quad I_{L1} = \frac{V_{CC} - V_{CE SAT}}{R_{L1}} = 17.4 \mu A$$

$$\Rightarrow R_B / I_B \cdot \beta \Rightarrow I_{C2}$$

$$\Rightarrow I_B \cdot \beta = 10 \cdot I_{C2}$$

$$\Rightarrow R_B = \frac{(V_{CC} - V_{BE}) \cdot \beta}{10 \cdot I_{C2}} = 3 \text{ k}\Omega$$

PROBLEMA 1º

$R_C / I_{D1} = 10 \text{ mA}$

$\Rightarrow R_C = \frac{V_{CC} - V_F - V_{CESAT}}{I_{D1}} = \underline{750 \Omega}$

c) Es un diodo "rueda libre" ("free-wheel") que protege a Q_2 de sobretensiones debido a L_1 cuando se interrumpe el conmuto por L_1 .

d) Nivel de compensación para a ser: Mínimo:

$R_2 \cdot I_2 - R_1 \left(I_{BIAS} + \frac{I_{OFFSET}}{2} \right) - V_{OFFSET}$

$\Rightarrow \Delta T = 131^\circ\text{C} \Rightarrow T_{aluma} = \underline{158^\circ\text{C}}$
(máximo)



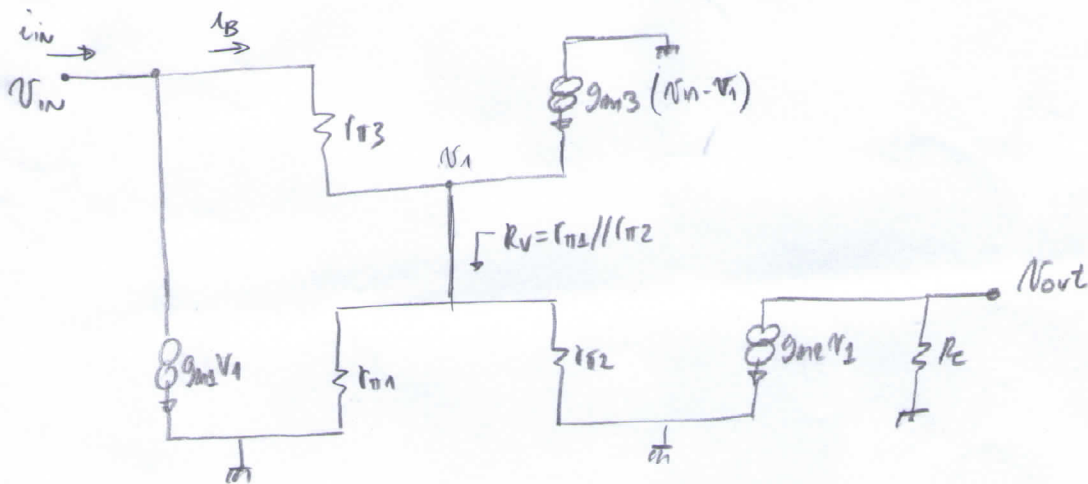
a) Assumo que $I_{BQ3} \ll I \Rightarrow \boxed{I_{CQ1} = I} \Rightarrow I_{BQ1} = \frac{I}{\beta}$

$I_{C1} = I_S e^{V_{BE1}/V_T}$
 $I_{C2} = I_S e^{V_{BE2}/V_T}$
 $V_{BE1} = V_{BE2}$

$\Rightarrow \boxed{I_{CQ2} = I} \rightarrow I_{BQ2} = \frac{I}{\beta}$

$\Rightarrow \boxed{I_{CQ3} = \frac{2I}{\beta}} \Rightarrow I_{BQ3} = \frac{2I}{\beta^2} \ll I$ ✓ se cumple hipótesis

b)



Q_3 : seguidor con resistencia de emisor $R_V = r_{\pi 2} // r_{\pi 1} \Rightarrow \frac{v_1}{v_{in}} = \frac{(\beta+1) r_{\pi 1} // r_{\pi 2}}{r_{\pi 3} + (\beta+1) r_{\pi 1} // r_{\pi 2}}$

$I_{C1} = I_{C2} \Rightarrow r_{\pi 1} = r_{\pi 2} \equiv r_{\pi}$
 $r_{\pi 3} = \frac{\beta V_T}{I_{CQ3}} = \frac{\beta V_T}{2I} = \frac{\beta r_{\pi}}{2}$

$\Rightarrow \frac{v_1}{v_{in}} = \frac{\beta r_{\pi} / 2}{\frac{\beta r_{\pi}}{2} + \beta r_{\pi} / 2} \approx \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{v_1}{v_{in}} = \frac{1}{2}$

$\Rightarrow \boxed{\frac{v_{out}}{v_{in}} = -\frac{g_{m2} R_C}{2}}$

Q_2 : emisor común $\Rightarrow \frac{v_{out}}{v_1} = -g_{m2} R_C$

$\hookrightarrow g_{m2} = \frac{I}{V_T}$

$$c) \quad i_{in} = g_{m1} v_1 + i_B$$

$$i_B = \frac{v_{in} - v_1}{r_{\pi 3}} \Rightarrow v_1 = v_{in} - r_{\pi 3} i_B$$

Resistencia de entrada de Q_3 : $R_{in3} = r_{\pi 3} + \beta(r_{\pi 1} // r_{\pi 2}) \Rightarrow i_B = \frac{v_{in}}{r_{\pi 3} + \beta(r_{\pi 1} // r_{\pi 2})}$

$$\Rightarrow i_{in} = g_{m1} v_{in} + i_B (1 - g_{m1} r_{\pi 3}) = g_{m1} v_{in} + \frac{1 - g_{m1} r_{\pi 3}}{r_{\pi 3} + \beta(r_{\pi 1} // r_{\pi 2})} v_{in} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{i_{in}}{v_{in}} = \frac{g_{m1} r_{\pi 3} + g_{m1} \beta(r_{\pi 1} // r_{\pi 2}) + 1 - g_{m1} r_{\pi 3}}{r_{\pi 3} + \beta(r_{\pi 1} // r_{\pi 2})} \Rightarrow \frac{1}{R_{in}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow R_{in} = \frac{r_{\pi 3} + \beta(r_{\pi 1} // r_{\pi 2})}{1 + g_{m1} \beta(r_{\pi 1} // r_{\pi 2})}, \quad \begin{matrix} r_{\pi 1} = r_{\pi 2} = r_{\pi} \\ y \quad r_{\pi 3} = \frac{\beta}{2} r_{\pi} \end{matrix} \Rightarrow R_{in} = \frac{\frac{\beta}{2} r_{\pi} + \frac{\beta}{2} r_{\pi}}{1 + \beta^2 / 2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{R_{in} = \frac{2}{g_{m1}}}$$

d) Corte de Q_2 : $\max \{V_{out}\} = V_{cc}$, $\Rightarrow E_X = \{V_{CESAT}, V_{cc}\}$

sat de Q_2 : $\min \{V_{out}\} = V_{CESAT}$

⊕

a) Para $V_{in} = 5V \Rightarrow Q_1$ conduce I_0
 \downarrow
 Q_2 cortado

$$\Rightarrow V_{BQ3} = V_{CC} - R_C \cdot I_0 = 1.4V$$

$$\Rightarrow V_{OUT1} = V_{BQ3} - V_{BE3} = 0.7V$$

$$\Rightarrow \boxed{V_{OL} = 0.7V}$$

Para $V_{in} = 0V \Rightarrow I_{CQ2} = I_0, I_{CQ1} = 0$

$$\Rightarrow V_{OUT2} = V_{CC} - V_{BE3} = 4.3V$$

$$\Rightarrow \boxed{V_{OH} = 4.3V}$$

b) $N_{TL} = \frac{V_{OH} - V_{OL}}{V_{IH} - V_{IL}} = 0.1V$

$$N_{TH} = V_{OH} - V_{IH} = 4.3V - 2.0V = 2.3V$$

c) Rango lineal por diferencial

con BJT: $\pm 2V_T$

$$\Rightarrow \boxed{V_{emp} > 2V_T}$$

[Handwritten signature]