

EXAMEN DE ELECTRONICA 1

17/12/04



50706932

Resolver cada problema en hojas separadas.

Duración de la prueba: 3 horas 30 minutos.

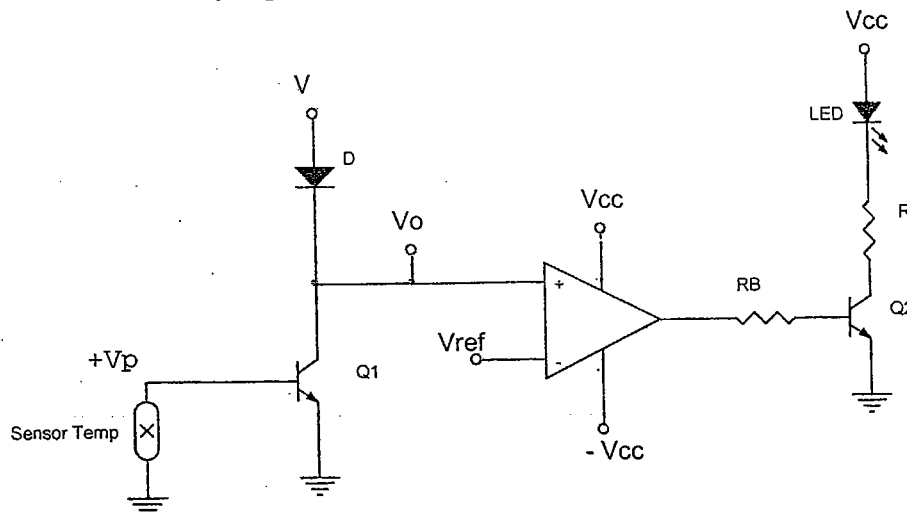
La prueba es sin material.

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

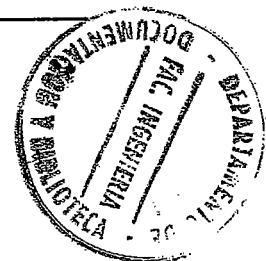
PROBLEMA 1 (35 puntos)

El circuito de la figura se utiliza para controlar la temperatura de un proceso químico la cual no debe superar a la temperatura ambiente. El sensor de temperatura colocado en el tanque entrega una tensión V_p que depende de la temperatura del proceso. Cuando esta temperatura excede la temperatura ambiente el LED conmuta

- Calcular V_o
- Si $V_p = \alpha T_{\text{tanque}} + V_{cc}/2 - V_{\text{ref}}$
 - Calcular el valor de la constante de proporcionalidad α para que el LED conmute si la temperatura del proceso (T_{tanque}) alcanza la temperatura ambiente.
 - Indicar si el LED se enciende o se apaga cuando la temperatura del proceso supera la temperatura ambiente.
- Dimensionar R_B y R para manejar adecuadamente el LED.

**Datos:**

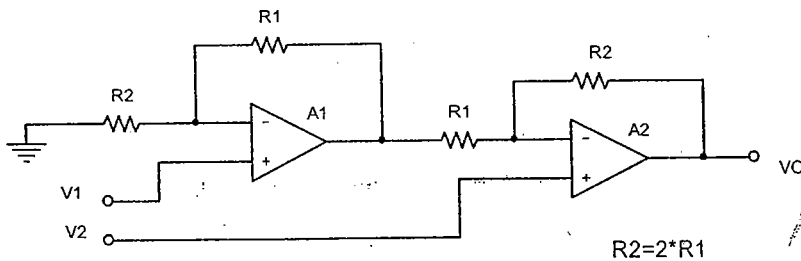
- $V_{cc}=15V$, $V=V_{cc}/2$, $V_{cc}/2 > V_{\text{ref}}$.
- Sensor de Temperatura: $V_p \gg V_T$
- LED: $V_{\text{LED}}=2V$, $P_{\text{max}}=0.25W$, $I_{\text{min}}=5mA$
- Operacional Ideal
- Q_1 y Q_2 : $\beta=100$, $V_{\text{CE sat}}=0.2V$, $V_{\text{BE}}=0.6V$
- La relación de áreas de juntura del diodo respecto a la juntura base-emisor del transistor es 8 y $\eta = 1$.
- Todo el circuito está expuesto a temperatura ambiente excepto el sensor de temperatura que está sumergido en el tanque con el proceso químico



PROBLEMA 2 (35 puntos)

En el amplificador de instrumentación de la figura:

- Calcular la ganancia suponiendo que los amplificadores operacionales son ideales.
- Determinar el rango admisible de señal en modo común en las entradas (V1, V2), si los operacionales tienen rango de modo común entre [-3V, +3V] y excursión de salida entre [-4V, +4V]. Indicar claramente, para el límite superior y para el límite inferior del rango de modo común hallado, por quién está impuesto (qué factor y de qué operacional).
- Se desea colocar resistencias Rp1 y Rp2 en serie con V1 y V2 respectivamente, a los efectos de minimizar el efecto de las corrientes de polarización. Indicar de qué valor deben ser Rp1 y Rp2.
- Determinar en el peor caso, el máximo valor de la tensión continua a la salida si cada operacional tiene una tensión de offset máxima Voffset.
- Si ambos amplificadores operacionales tienen igual producto de ganancia por ancho de banda fT.
 - ¿Qué operacional limita el ancho de banda de todo el amplificador de instrumentación?
 - ¿Cuál es el ancho de banda del amplificador de instrumentación?



PREGUNTA (30 puntos)

- Para el circuito de la Figura 1 calcule la ganancia en tensión (V_{out}/V_{in}).
- Compare la ganancia obtenida en la parte a) con la ganancia del circuito de la Figura 2.
- ¿Cuál es la ventaja del circuito de la Figura 2?

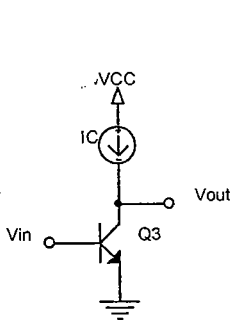


Figura 1

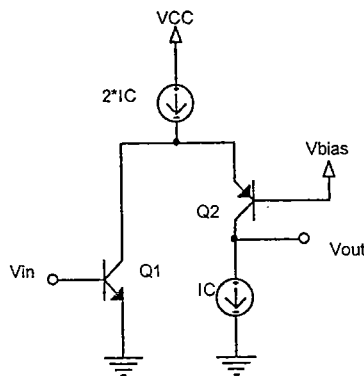
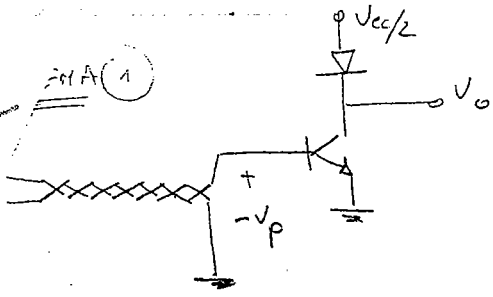


Figura 2

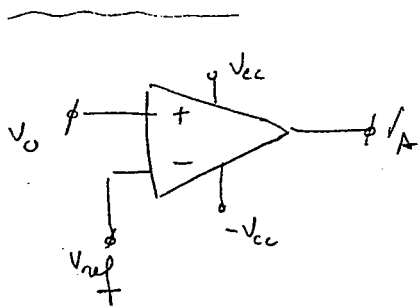
DATOS:

- Suponga que las fuentes de corriente I_C son ideales.
- V_{in} es una fuente de señal alrededor de un punto DC tal que Q3 y Q1 están en zona activa.
- V_{bias} es una fuente de tensión constante de valor tal que Q2 está en zona activa.
- Todos los transistores tienen $\beta \gg 1$ y tensión de Early V_A finita / $V_A \gg \beta V_T$



$$V_p \gg V_T \rightarrow I_C = I_{S_Q} e^{\frac{V_p}{V_T}} = I_{S_D} e^{\frac{V_{cc/2} - V_o}{V_T}} \quad (\eta = 1)$$

$$V_T \ln\left(\frac{I_{S_Q}}{I_{S_D}}\right) + V_p = \frac{V_{cc}}{2} - V_o \rightarrow \boxed{V_o = -V_p + \frac{V_{cc}}{2} - V_T \ln\left(\frac{I_{S_Q}}{I_{S_D}}\right)}$$



Para que el LED conmute, debe existir una transición en V_A

$$V_A = V_{cc} \iff V_o > V_{ref} \iff -V_p - V_T \ln\left(\frac{I_{S_Q}}{I_{S_D}}\right) > V_{ref} - \frac{V_{cc}}{2}$$

$$\iff -V_p > V_{ref} - \frac{V_{cc}}{2} + V_T \ln\left(\frac{I_{S_Q}}{I_{S_D}}\right)$$

$$\iff V_p < \frac{V_{cc}}{2} - V_{ref} + V_T \ln\left(\frac{I_{S_D}}{I_{S_Q}}\right)$$

$$\alpha T_{\text{targue}} + \frac{V_{cc} - V_{ref}}{2} < \frac{V_{cc}}{2} - V_{ref} + V_T \ln\left(\frac{I_{S_D}}{I_{S_Q}}\right)$$

$$\boxed{\alpha T_{\text{targue}} < V_T \ln\left(\frac{I_{S_D}}{I_{S_Q}}\right)} \quad \text{en este caso LED on si } Q_2 \text{ on}$$

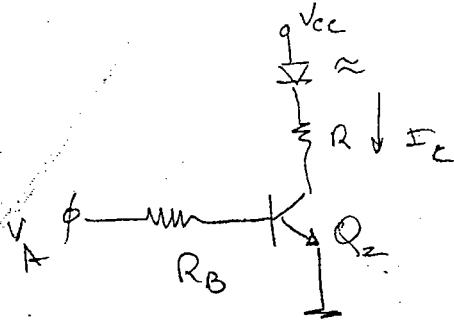
igualmente $\alpha T_{\text{targue}} > V_T \ln\left(\frac{I_{S_D}}{I_{S_Q}}\right)$ LED off

$$\alpha T_{\text{targue}} < \frac{k T_{\text{ambiente}}}{\varphi} \cdot L \theta \Rightarrow \text{para comparar temperaturas}$$

$$\boxed{\alpha = \frac{k L(\theta)}{\varphi}}$$

si $T_{\text{targue}} < T_{\text{ambiente}} \rightarrow$ LED on
 si $T_{\text{targue}} > T_{\text{ambiente}} \rightarrow$ LED off





Para que Q saturi (1)
$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B} > \frac{I_C}{\beta} = \frac{V_{CC} - V_{CE_{sat}} - V_{LED}}{\beta R}$$

Otras condiciones

(2)
$$V_{LED} \cdot I_C < P_{LED} = 0,25W$$

(3)
$$\frac{V_{CC} - V_{CE_{sat}} - V_{LED}}{R} > I_{C_{min}} = 5mA$$

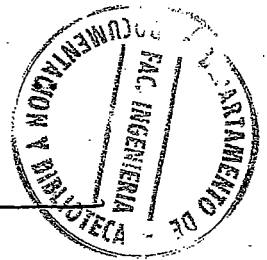
$$\Rightarrow \textcircled{1} \frac{R}{R_B} > \frac{V_{CC} - V_{CE_{SAT}} - V_{LED}}{\beta (V_{CC} - V_{BE})} \approx \frac{15V - 0,2 - 2V}{100(15V - 0,6V)} \Rightarrow \frac{R_B}{R} < 112,5$$

$$\Rightarrow \boxed{R_B < 112,5 \cdot R}$$

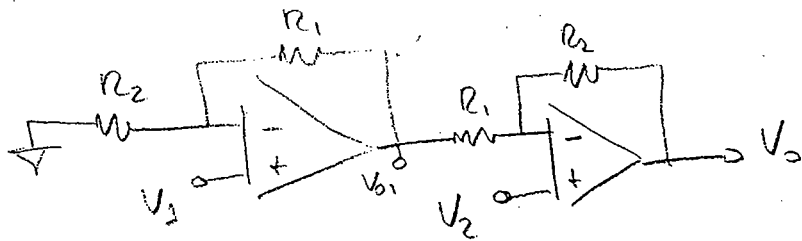
(2)
$$\frac{15V - 0,2 - 2V}{5mA} > R \Rightarrow R < 2560 \Omega$$

(3)
$$2V \cdot \frac{15 - 0,2 - 2V}{R} < 0,25W \Rightarrow R > 102,4 \Omega$$

$$\Rightarrow \boxed{102,4 \Omega < R < 2560 \Omega}$$



Prob. (2)



(a)

$$V_{01} = V_1 \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right)$$

Superposición en A_2

$$\bullet V_2 = 0 \Rightarrow V_0 = -\frac{R_2}{R_1} V_{01} = -\frac{R_2}{R_1} \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) V_1$$

$$\Rightarrow V_0 = -\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_1$$

$$\bullet V_1 = 0 \Rightarrow V_0 = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_2$$

$$\Rightarrow \boxed{V_0 = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) (V_2 - V_1) = 3(V_2 - V_1)}$$

(b) $V_1 = V_2 = V_c$

A_1 $|V_c| < 3V$ (ICM_{RR})

$|V_{01}| = 3.5|V_c| < 4V \Rightarrow |V_c| < 2.67V$ (OSW)

A_2 $|V_c| < 3V$ (ICM_{RR})

$|V_0| = 3|V_2 - V_1| = 0 < 4V$ (OSW)

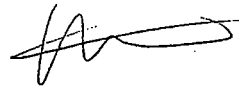
\Rightarrow la condición + restrictiva la impone el amplificador A_1 la excursión a la salida (OSW)



(c)

Para minimizar el efecto de las
conexiones de polarización ambas
partes de cada opamp deben tener
la misma resistencia

$$\Rightarrow \begin{cases} R_{P1} = R_{V_{PFA-A1}} \\ R_{P2} = R_{V_{PFA-A2}} \end{cases}$$



$$\Rightarrow \begin{cases} R_{P1} = R_2 \parallel R_1 \\ R_{P2} = R_1 \parallel R_2 \end{cases} \quad \left(\begin{array}{l} \text{EN AMBOS CASOS} \\ \text{CONSIDERO LA } R_o \\ \text{DEL OPAMP } \neq \emptyset \end{array} \right)$$

(d)

$A_1, A_2 : V_{off} |_{max} = V_{offset}$

$\Rightarrow (V_1 - V_2) |_{max} = 2 V_{offset}$

$\Rightarrow |V_{out}|_{max} = 6 V_{offset}$



(e) (i) LIMITA el de mayor GANANCIA DC

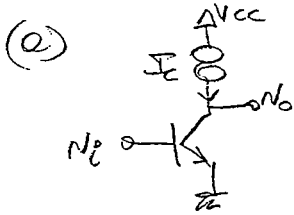
• a $A_1 : f_{3dB} = \frac{f_T}{1 + R_1/R_2} = f_T/1.5$

• a $A_2 : \text{Tanto para la configuración inverting (x'V_1) como la no-inverting (x'V_2):$

$f_{3dB} = \frac{f_T}{1 + R_2/R_1} = f_T/3 \leftarrow A_2 \text{ limita}$

(ii) $f_{3dB} = f_T/3$

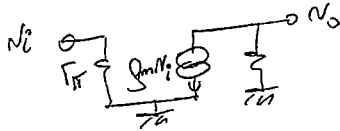
Pregunta



$$g_m = I_C / V_T$$

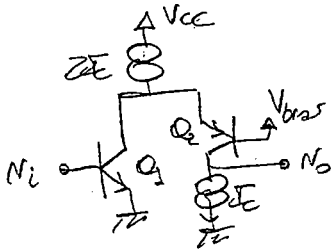
$$\beta = \beta_0 / \beta_0$$

el señal ↓



$$\Rightarrow \frac{V_o}{V_i} = -g_m \beta_0$$

(b)

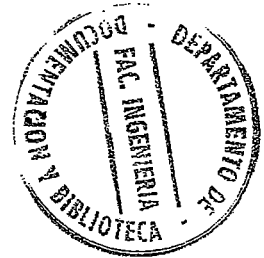
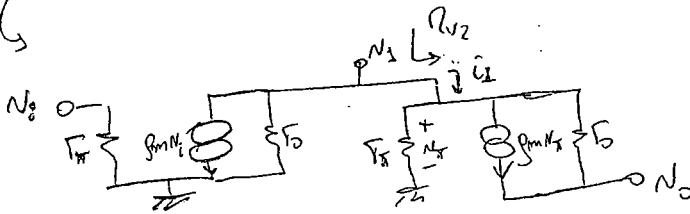


$$I_{C2} = I_C \Rightarrow I_{C1} = I_C$$

$$\Rightarrow \begin{cases} g_{m2} = g_{m1} = g_m \\ \beta_2 = \beta_{01} = \beta_0 \end{cases}$$

lec/2

el señal ↓



$$R_{v2} \Rightarrow \begin{cases} \Sigma I_1 = \frac{N_1}{r_{\pi}} + g_m N_1 + \frac{N_1 - N_o}{r_o} \\ N_o = N_1 + g_m N_1 r_o \end{cases} \Rightarrow \Sigma I_1 = \frac{N_1}{r_{\pi}} \Rightarrow R_{v2} = r_o$$

$$\Rightarrow \frac{N_1}{N_i} = -g_m r_{\pi} = -\beta \quad (r_{\pi} \gg r_o)$$

$$\frac{N_o}{N_1} = g_m r_o + 1 \approx g_m r_o \quad (g_m r_o \gg 1)$$

$$\Rightarrow \frac{N_o}{N_i} = -g_m \beta r_o$$

(c) El transistor Q2 aumenta la ganancia β veces!

Así si $T_{\text{temperatura}} < T_{\text{ambiente}} \rightarrow \text{LED on}$

$T_{\text{temperatura}} > T_{\text{ambiente}} \rightarrow \text{LED off}$