

50700342

Examen de Electrónica I
16 de Agosto de 2001

Problema 1 (43 puntos) :

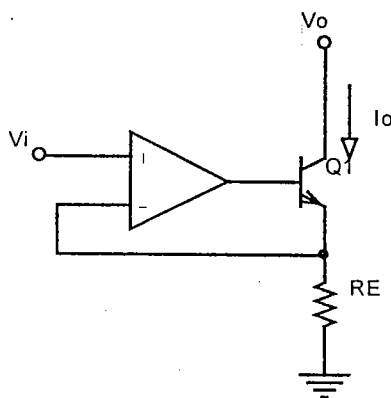
El circuito de la figura es un conversor corriente – tensión.

- a) ¿Cuál es la relación entre la tensión de entrada V_i y la corriente de salida I_o cuando el circuito opera como conversor corriente tensión ? Suponer el amplificador operacional ideal.

Para todas las partes siguientes considerar que se implementa este circuito con un amplificador operacional MC1741C alimentado con tensiones de +/- 15V respecto a tierra, cuyas características tomadas de la hoja de datos se adjuntan. Los datos del transistor utilizado son: $\beta = 100$, $V_{BE} = 0.7V$, $V_{CESAT} = 0.3V$, V_A (tensión de Early): 50V. La resistencia R_E se toma igual a $1k\Omega$ y se considerará operación a temperatura ambiente de $25^\circ C$.

IMPORANTE: En todos los casos en que sea necesario su utilización, indicar claramente que parámetro de la hoja de datos del amplificador operacional se utilizó (nombre, tipo (mínimo, típico o máximo) y valor), de lo contrario no se asignarán puntos a la parte correspondiente.

- b) ¿Cuáles son, en el peor caso, los valores máximos y mínimos de la tensión de entrada V_i para que el circuito opera correctamente como un conversor corriente tensión ?
¿Cuál es el valor máximo y mínimo de la corriente de salida I_o al operar en estos rangos ?
- c) Si se conecta desde la salida V_o una resistencia R_L a 15V, ¿cuál es el máximo valor de esta resistencia para que el circuito opere correctamente en todo el rango de corrientes hallado en b). ?
- d) ¿Cuál es la corriente máxima que debe suministrar el amplificador operacional al operar dentro de los rangos hallados en b) ?
- e) ¿Cuál es en el peor caso el error en la corriente de salida debido a la tensión de offset y corrientes de polarización del MC1741C ?
- f) Determinar la resistencia de salida en señal del conversor tensión corriente, cuando se tiene la máxima corriente I_o calculada en b).

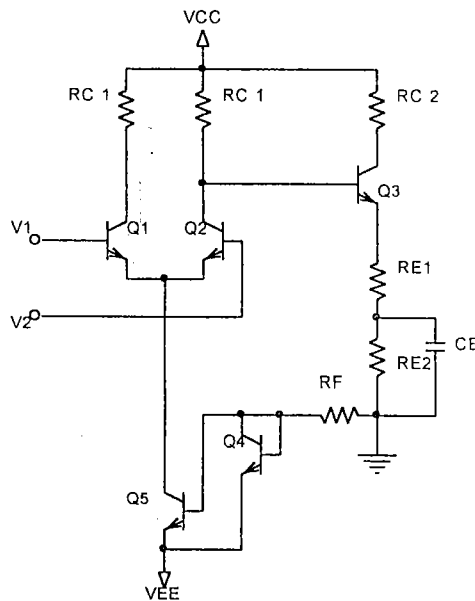


Problema 2 (43 puntos) :

En el amplificador de la figura.

- a) Calcular la corriente continua por cada transistor.
- b) Calcular la ganancia diferencial en la banda pasante del amplificador.
- c) Calcular la máxima excursión de salida. Se supondrá el nivel de modo común de las entradas 0V.
- d) Calcular CE para que la frecuencia de corte inferior sea 150Hz.

$RC1 = 8.2K$, $RC2 = 560\Omega$, $RE1 = 150\Omega$, $RE2 = 330\Omega$, $RF = 5.6K$, para todos los transistores: $V_{BE}=0.7V$, $V_{CESAT}=0.3V$ y $\beta = 200$, $V_{CC} = -V_{EE} = 12V$.
 En todos los casos dar la expresión literal y luego evaluar.



Pregunta (14 puntos) :

Completar la siguiente tabla que indica en una juntura p-n como varían el ancho de la zona de deplexión (W_{depl}) y la capacidad de deplexión (C_{depl}) con N_A , N_D , V_R , siendo N_A concentración de impurezas aceptoras (en el lado p), N_D concentración de impurezas donadoras (en el lado n), V_R valor absoluto de la tensión inversa aplicada. Indicar en cada caso si la magnitud considerada aumenta, disminuye o es independiente de la variable considerada.

	N_A	N_D	V_R
W_{depl}			
C_{depl}			

MC1741C

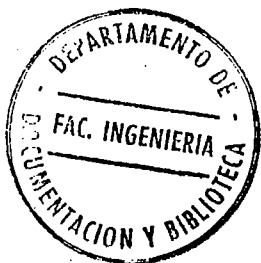
ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{CC} = +15\text{ V}$, $V_{EE} = -15\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, unless otherwise noted.)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Input Offset Voltage ($R_S \leq 10\text{ k}$)	V_{IO}	-	2.0	6.0	mV
Input Offset Current	I_{IO}	-	20	200	nA
Input Bias Current	I_{IB}	-	80	500	nA
Input Resistance	r_i	0.3	2.0	-	M Ω
Input Capacitance	C_i	-	1.4	-	pF
Offset Voltage Adjustment Range	V_{IOR}	-	± 15	-	mV
Common Mode Input Voltage Range	V_{ICR}	± 12	± 13	-	V
Large Signal Voltage Gain ($V_O = \pm 10\text{ V}$, $R_L \geq 2.0\text{ k}$)	A_{VOL}	20	200	-	V/mV
Output Resistance	r_o	-	75	-	Ω
Common Mode Rejection ($R_S \leq 10\text{ k}$)	CMR	70	90	-	dB
Supply Voltage Rejection ($R_S \leq 10\text{ k}$)	PSR	75	-	-	dB
Output Voltage Swing ($R_L \geq 10\text{ k}$) ($R_L \geq 2.0\text{ k}$)	V_O	± 12 ± 10	± 14 ± 13	- -	V
Output Short Circuit Current	I_{SC}	-	20	-	mA
Supply Current	I_D	-	1.7	2.8	mA
Power Consumption	PC	-	50	85	mW
Transient Response (Unity Gain, Noninverting) ($V_i = 20\text{ mV}$, $R_L \geq 2.0\text{ k}$, $C_L \leq 100\text{ pF}$) Rise Time ($V_i = 20\text{ mV}$, $R_L \geq 2.0\text{ k}$, $C_L \leq 100\text{ pF}$) Overshoot ($V_i = 10\text{ V}$, $R_L \geq 2.0\text{ k}$, $C_L \leq 100\text{ pF}$) Slew Rate	t_{LH} os SR	- - -	0.3 15 0.5	- - -	μs % V/ μs

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{CC} = +15\text{ V}$, $V_{EE} = -15\text{ V}$, $T_A = T_{low}$ to T_{high} , unless otherwise noted.)*

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Input Offset Voltage ($R_S \leq 10\text{ k}\Omega$)	V_{IO}	-	-	7.5	mV
Input Offset Current ($T_A = 0^\circ$ to $+70^\circ\text{C}$)	I_{IO}	-	-	300	nA
Input Bias Current ($T_A = 0^\circ$ to $+70^\circ\text{C}$)	I_{IB}	-	-	800	nA
Supply Voltage Rejection ($R_S \leq 10\text{ k}$)	PSR	75	-	-	dB
Output Voltage Swing ($R_L \geq 2.0\text{ k}$)	V_O	± 10	± 13	-	V
Large Signal Voltage Gain ($R_L \geq 2.0\text{ k}$, $V_O = \pm 10\text{ V}$)	A_{VOL}	15	-	-	V/mV

* $T_{low} = 0^\circ\text{C}$ $T_{high} = 70^\circ\text{C}$



Prob. 1.

a) Operacional ideal $\beta \gg 1 \Rightarrow I_0 = I_{C1} \approx I_{E1} = \frac{V_i}{R_E}$

$$I_0 = \frac{V_i}{R_E}$$

b) límites en V_i :

$V_i > 0$ para que $I_0 > 0$ y Q1 conduzca.

Veloc. máximo de V_i : limitado por amplificador operacional, por rango de modo común e la entrada y "output swing" e la salida.

$$V_{o \text{ op. amp.}} = V_i + V_{BE}$$

→ de hoja de datos

de Common Mode Input Voltage Range (V_{ICR}), μA .

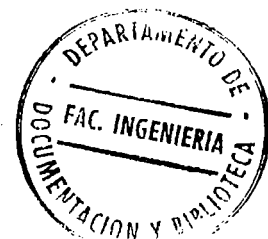
$$\Rightarrow V_i < 12V$$

de Output Voltage Swing (V_o), μA , @ $R_L \gg 10k$
 (pues corriente de salida es baja, ver parte d), $R_L \gg 10k$, $R_E \gg 10k$)

$$\Rightarrow V_{o \text{ op. amp.}} < 12V \Rightarrow V_i < 12V - V_{BE} = 11.3V$$

→ esta es la más restrictiva

$$\Rightarrow \begin{cases} 0 < V_i < 11.3V \\ 0 < I_0 < 11.3mA \end{cases}$$



Prob 1.

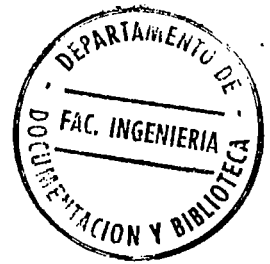
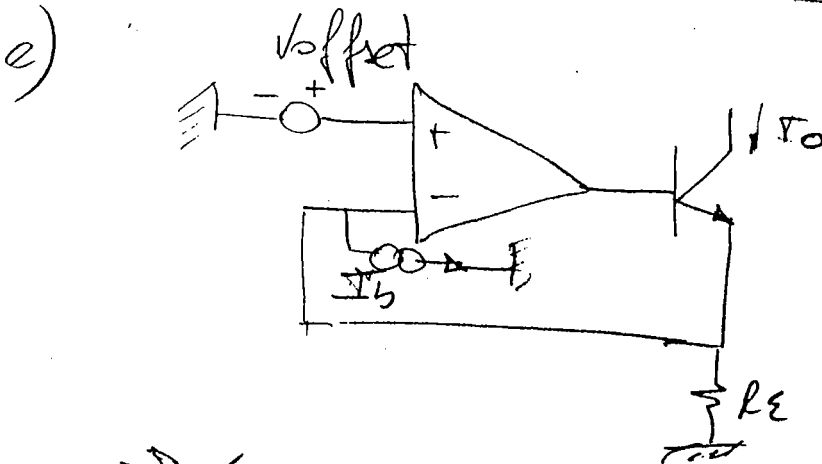
c) V_o mínimo / I_o no saturar
 por caso @ I_o máxima

$$\Rightarrow 15V - R_{Lmax} \cdot I_{o max} - R_E I_{o max} > V_{CESAT}$$

$$\Rightarrow R_{Lmax} = \frac{15 - R_E \cdot I_{o max} - V_{CESAT}}{I_{o max}} = 300 \Omega$$

d) I_o of amp = $I_{BQ1} = \frac{I_o}{\beta}$

$$\rightarrow I_o \text{ of amp max} = \frac{I_{o max}}{\beta} = 113 \mu A$$



$$\Rightarrow \text{Error en } I_o = \frac{V_{offset}}{R_E} + I_B$$

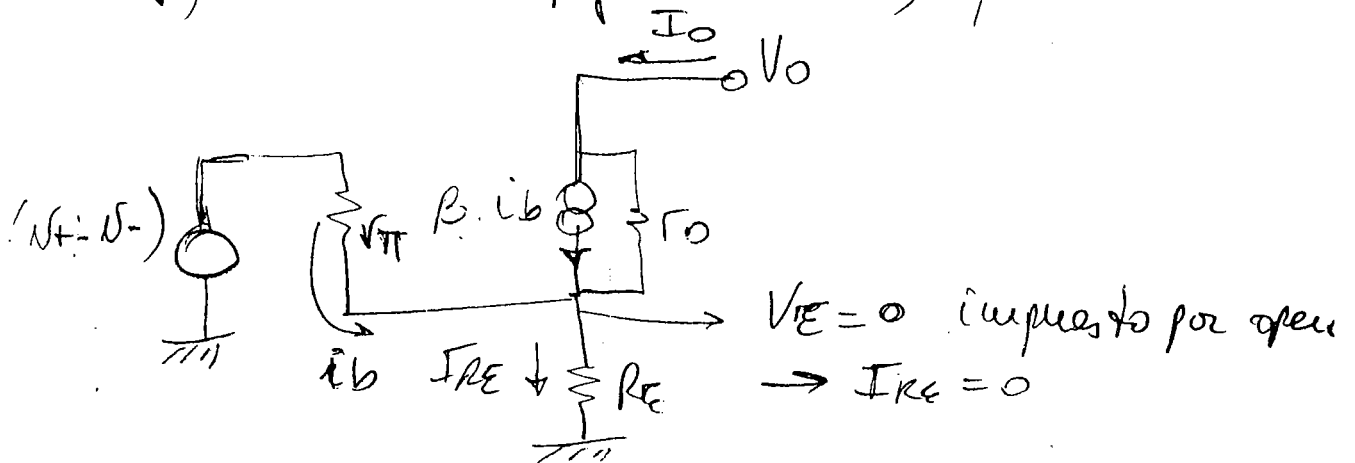
V_{offset} : Input offset voltage ($R_s \leq 10k$) (V_{IO}), μA
 $= 6 \mu V$

I_B : Input Bias Current (I_{IB}), μA = 500 μA

$$\rightarrow \text{Error en } I_o \text{ per caso} = 6.5 \mu A$$

Problema

f) Modelo de pequeña señal, operaciones



$$\Rightarrow \frac{V_o}{r_o} + \beta i_b = -i_b = I_o$$

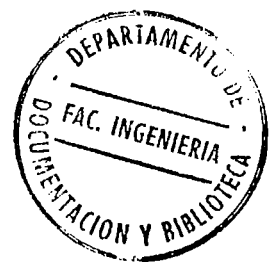
$$\Rightarrow i_b = \frac{-V_o}{r_o(\beta+1)}$$

$$\Rightarrow I_o = -i_b = \frac{V_o}{r_o(\beta+1)}$$

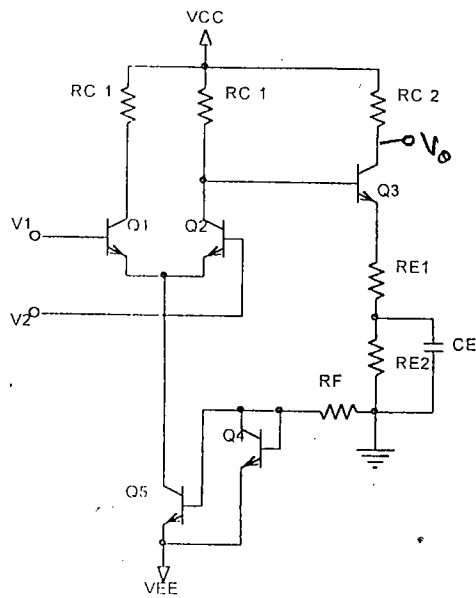
$$\Rightarrow R_o = \frac{V_o}{I_o} = r_o(\beta+1) = \frac{V_A}{I_C}(\beta+1)$$

$$R_o = \frac{50V}{15.3\mu A} (\beta+1) = 447k$$

[Handwritten signature]



16/08/2001

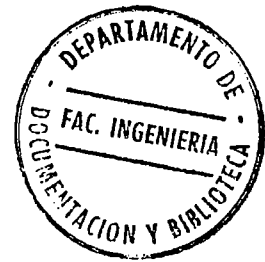


a) Q_4, Q_5 Espejo $\Rightarrow I_{C4} = I_{C5} = \frac{12 - V_{BE}}{R_F} = 2 \text{ mA}$

$I_{C1} = I_{C2} = 1 \text{ mA}$

$V_{C2} = 12 - R_{C1} \cdot 1 \text{ mA} = 3,8 \text{ V}$

$I_{C3} = \frac{V_{C2} - V_{BE}}{R_{E1} + R_{E2}} = 6,5 \text{ mA}$



b)

$A_1 = -\frac{g_m}{2} \cdot R_{C1} \parallel Z_{in2}$

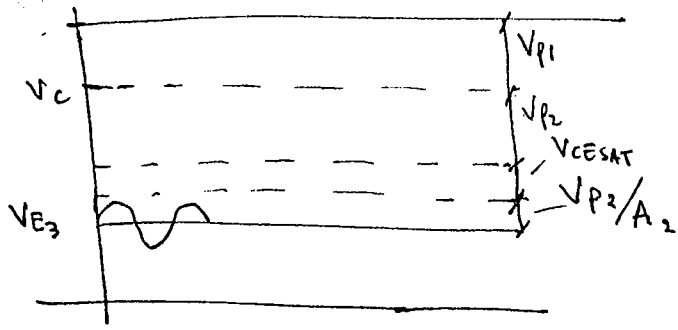
$Z_{in2} = r_{\pi} + \beta \cdot R_{E1} = \beta \left(\frac{V_T}{I_C} + 150 \right) = 30,8 \text{ K}$

$A_1 = 125$

$A_2 = -\frac{\beta \cdot R_{C2}}{r_{\pi} + \beta R_{E1}} \approx \frac{R_{C2}}{R_{E1}} = 3,7$

$A_{total} = A_1 \cdot A_2 = \frac{g_m}{2} \cdot R_{C1} \parallel Z_{in2} \cdot \frac{R_{C2}}{R_{E1}} = 463$

21



$$V_{p1} = R_{c2} I_{c3} = 3,6 \text{ V}$$

$$V_{p2} = V_c - V_{CESAT} - \frac{V_{p2}}{A_2} - V_{E2} \Rightarrow V_{p2} = 3,9 \text{ V}$$

Se debe verificar que para estos valores la etapa 1 funcione correctamente:

El colector de Q2 puede excursionar entre:

$$V_2 - V_{BE} + V_{CESAT} \text{ y } V_{CC} \Rightarrow -0,4 < V_{c2} < 12$$

$V_2 \approx V_c = 0$
 ↑
 modo común de entrada



Cuando obtengo V_{p1} $V_{c2} = 3,8 - \frac{3,6}{A_2} = 2,8 \text{ V}$

Cuando obtengo V_{p2} $V_{c2} = 3,8 + \frac{3,9}{3,7} = 4,8 \text{ V}$

Ambos valores se encuentran dentro del rango en que puede excursionar V_{c2} .

Si se considera la máxima excursión simétrica

$$\Rightarrow V_{pp \text{ máx}} = 2 \cdot \min(V_{p1}, V_{p2}) = 2 \cdot 3,6 = 7,2 \text{ V}_{pp}$$

d) $\omega_{p \text{ inf}} = 2\pi \cdot f_{\text{inf}} = \frac{1}{R_{E1} \parallel R_{E2} \cdot C_E} \Rightarrow C_E = 10 \mu\text{F}$
 150 Hz

Linder Reyes
 LINDER REYES