1/8

50711153

EXAMEN DE ELECTRONICA 1

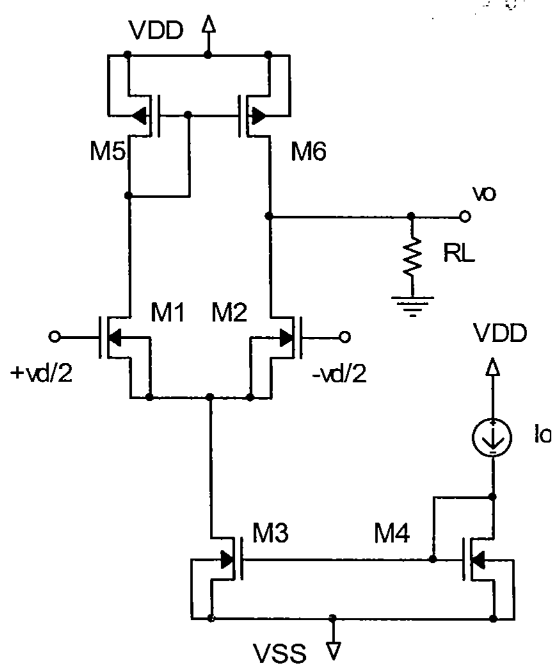
22/12/06

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.

PREGUNTA (24 puntos)

En el circuito de la Figura determinar:

a) La ganancia vo/vd en función de Io.
b) El valor mínimo de tensión de entrada en modo común que asegura un funcionamiento correcto del amplificador (es decir el límite inferior del rango de entrada en modo común) en función de Io.



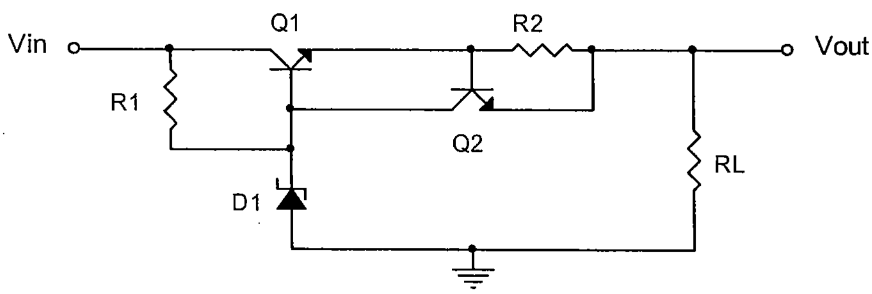
Datos:
VDD = -VSS
Los transistores tienen:
$\beta_n = (\mu CoxW/L)_n = (\mu CoxW/L)_p = \beta_p$, Vton $= |Vtop| = Vto$, $\delta_n = \delta_p = 0$, $V_{An} = V_{Ap} = \infty$

PROBLEMA 1 (38 puntos)

El circuito de la figura es un regulador de tensión con protección contra sobrecarga.

a) Calcular R2 para que el circuito limite su corriente máxima a $I_{RLmáx} = 2A$.
b) ¿Qué condiciones debe cumplir R1 para que el circuito opere correctamente en todo el rango de corrientes $(0, I_{RLmáx})$ para tensiones de entrada variando entre 28V y 35V?.
c) ¿Cual es la potencia disipada en el transistor en el peor caso?
d) Para estimar cuanto afectará un ripple en Vin a la salida Vout calcular la ganancia Vout/Vin para una carga RL=20Ω y R1=300Ω.

Datos: Q1 y Q2: $V_{BE} = 0.7V$, $V_{Early} = \infty$, $\beta=200$.
D1: 1N4747A , $V_Z=20V$ @ $I_{ZT}=12.5mA$, $r_{ZT}=22\Omega$, $P_D=1.2W$.



PROBLEMA 2 (38 puntos)

a) Para el circuito de la Fig. 1, grafique la transferencia Vo1/Vin. Marque y justifique claramente los puntos notables de la gráfica. Considere OA1 ideal alimentado entre +VCC y -VCC

b) Con el circuito de la Fig. 1 se arma el circuito de la Fig. 2, donde OA2 es ideal, alimentado entre +VCC y –VCC, Rc=∞ y R3=0. Grafique Vout y Vo1 en función del tiempo. Marque y justifique claramente los puntos notables de la gráfica.

c) Ahora se considera que OA2 es un LM7301 cuya hoja de datos se adjunta. Para esta parte considere OA1 ideal, VCC=5V, R=1kΩ, R1=8.2kΩ, R2=10kΩ.

   i) Dimensione Rc y R3 para minimizar el offset a la salida de OA2 y se mantenga el funcionamiento de la parte b). ¿Cuánto vale el offset a la salida en el peor caso y en el caso típico?

   ii) ¿Cuál es la máxima frecuencia que puede alcanzar el circuito sin que OA2 distorsione la señal de salida Vout? ¿Cuánto debe valer C en ese caso?

Fig. 1

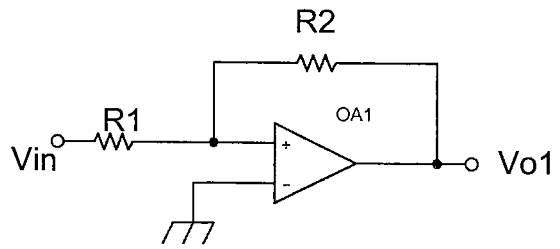
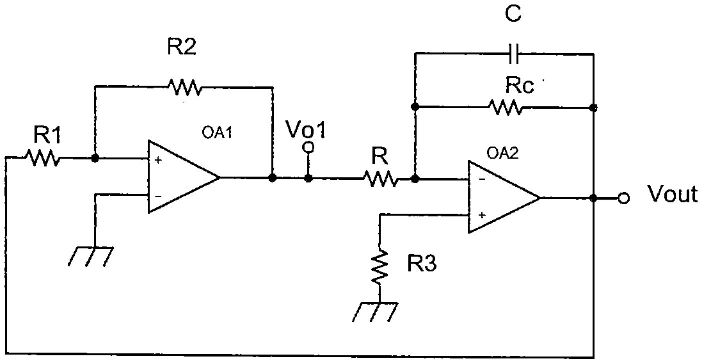


Fig. 2



5.0V DC Electrical Characteristics

Symbol	Parameter	Conditions	Typ (Note 5)	LM7301 Limit (Note 6)	Units
V_{OS}	Input Offset Voltage		0.03	6 8	mV max
I_B	Input Bias Current	V_{CM} = 0V	90	200 250	nA max
I_{OS}	Input Offset Current	V_{CM} = 0V	0.7	70 80	nA max

AC Electrical Characteristics

Symbol	Parameter	Conditions	Typ (Note 5)	Units
SR	Slew Rate	±4V Step @ V_S ±6V	1.25	V/μs
GBW	Gain-Bandwidth Product	f = 100 kHz, R_L = 10 kΩ	4	MHz

Examen de Electrónica 1
Diciembre 2006

Problema 1

a)

Para q' Q_2 prenda $V_{R_2} = 0.7V \Rightarrow \boxed{R_2 = \frac{V_{R_2}}{I_{RL máx}} = 0.35\,\Omega}$

b)

La resistencia R_1 limita la corriente por el diodo Zener.

$$I_{D1} = I_{R1} - \frac{I_{R2}}{\beta} = \frac{V_{in} - V_Z}{R_1} - \frac{I_{R2}}{\beta} \Rightarrow R_1 = \frac{V_{in} - V_Z}{(I_{D1} + I_{R2}/\beta)}$$

* Para estudiar los casos límites necesito saber $I_{D1}^{máx}$

$P_D = V_Z \cdot I_{D1}^{máx} \Rightarrow I_{D1} = 60mA$

Entonces D_1 funciona entre $\overbrace{12.5mA}^{I_{ZT}} \leq I_{D1} \leq \overbrace{60mA}^{I_{D1}^{máx}}$

Por tanto

1) $I_{D1} \geq I_{ZT} \Rightarrow R_1 \leq \frac{V_{in} - V_Z}{I_{ZT} + I_{R2}/\beta}$

El peor caso se da cuando V_{in} es mínimo y $I_{R_1} = I_{RL máx}$

$$\Rightarrow R_1 \leq \frac{28 - 20}{12.5mA + 10mA} = 355\,\Omega$$

2) $I_{D1} \leq I_{D1}^{máx} \Rightarrow R_1 \geq \frac{V_{in} - V_Z}{I_{D1}^{máx} + I_{R2}/\beta}$

El peor caso se da cuando V_{in} es máximo y $I_{R_L} = 0$

$$\Rightarrow R_1 \geq \frac{35 - 20}{60mA} = 214\,\Omega$$

$$\boxed{355\,\Omega \geq R_1 \geq 250\,\Omega}$$

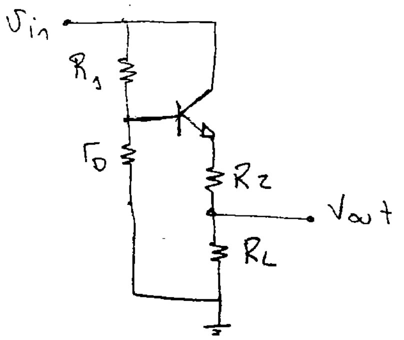
c)

El peor de los casos es cuando $V_{in} = 35V$

$\Rightarrow V_{CEQ_1} = V_{in} - (V_{D_1} + V_{BEQ_1}) = 14.3V$

$P_{Q_1}^{máx} = V_{CEQ_1} \cdot I_{R_{L máx}} = 28,6W$

d)



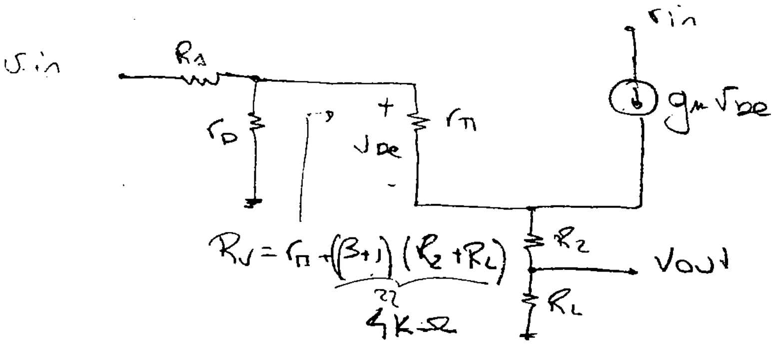
$R_1 = 300\,\Omega$

$R_2 = 0.35$

$r_D = 22\,\Omega$

$R_L = 20\,\Omega$

En pequeña señal:



$R_V = r_\pi + \underbrace{(\beta+1)(R_2+R_L)}_{\simeq 4k\Omega}$

$R_V \gg r_D$

$$v_b = v_{in} \cdot \frac{r_D \,//\, R_V}{R_1 + r_D \,//\, R_V} \cong v_{in} \frac{r_D}{R_1 + r_D} = 6{,}8\times10^{-2} \cdot v_{in}$$

$$v_e = v_{be}\left(g_m + 1/r_\pi\right)(R_2+R_L) \cong v_{be} \cdot g_m (R_2+R_L)$$

$$v_e\left(1 + g_m(R_2+R_L)\right) = v_b \cdot g_m (R_2+R_L)$$

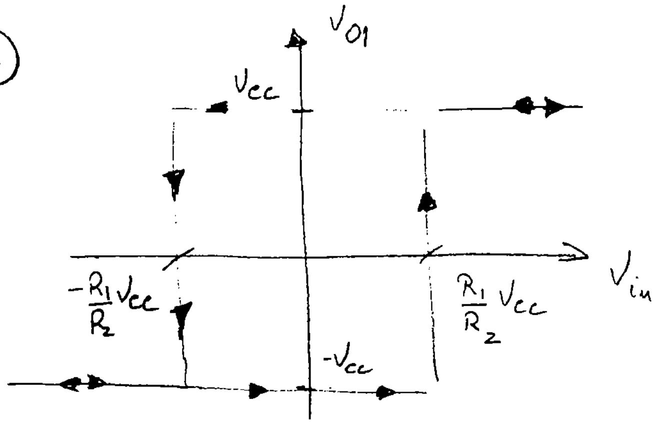
$$v_e = \frac{g_m (R_2+R_L)}{1 + g_m(R_2+R_L)} \cdot v_b \cong v_b \quad (g_m R_L \gg 1)$$

$$v_{out} = \frac{R_L}{R_2+R_L} \cdot v_e \cong v_e$$

$$\boxed{I_c = \frac{20{,}9V}{20} = 1A \;\downarrow\; g_m = 38{,}5\,S}$$

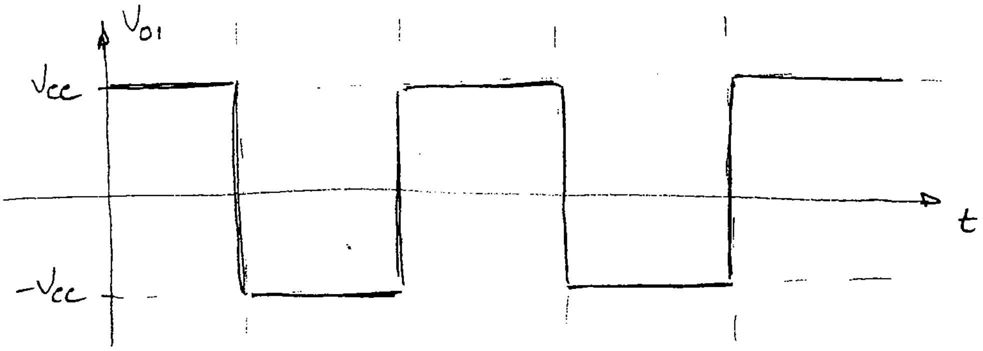
$$\Rightarrow \frac{v_{out}}{v_{in}} = 6{,}8\times10^{-2}$$

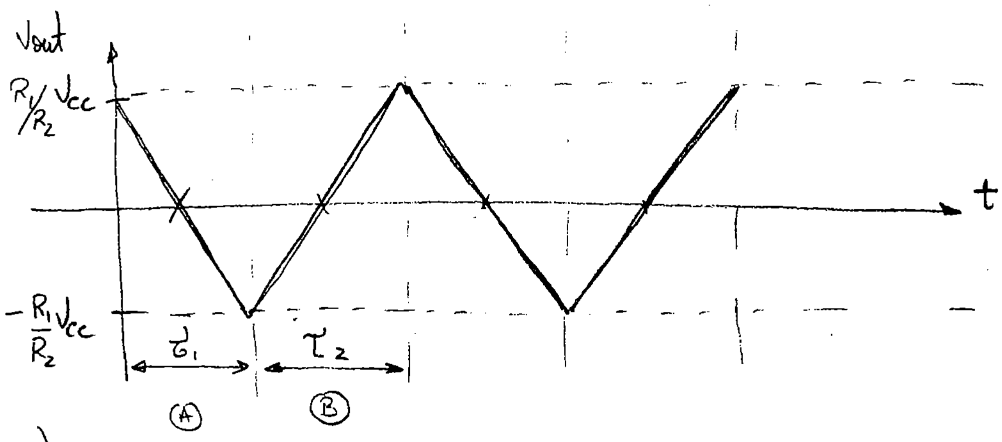
(a)



Schmitt Trigger

(b) Caso $R_C = \infty$, $R_3 = \phi$ $\Rightarrow$ $V_{out} = -\frac{1}{RCs} V_{01}$ $\left[\text{sino} \quad V_{out} = -\frac{R_c}{R} \frac{V_{01}}{(1+R_cCs)} \right]$





$(R_2 > R_1)$

(A) $V_{01} = V_{cc} \Rightarrow V_{out} = R_1/R_2\, V_{cc} - \frac{V_{cc}}{RC}.t \Rightarrow \left(\frac{R_1}{R_2} - \frac{\tau_1}{RC}\right)V_{cc} = -\frac{R_1}{R_2}V_{cc}$

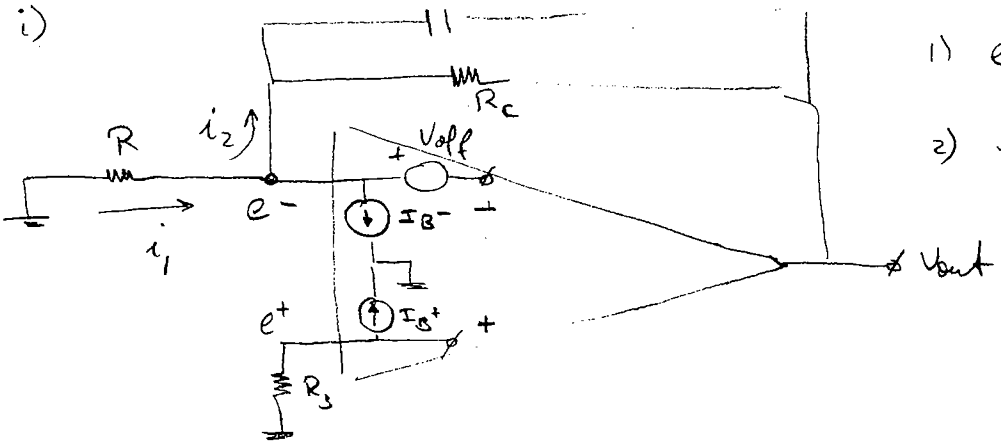
$\Rightarrow \underline{\underline{\tau_1 = 2RC\frac{R_1}{R_2}}}$

(B) $V_{01} = -V_{cc} \Rightarrow V_{out} = -\frac{R_1}{R_2}V_{cc} + \frac{V_{cc}}{RC}.t \Rightarrow \left(-\frac{R_1}{R_2} + \frac{\tau_2}{RC}\right)V_{cc} = \frac{R_1}{R_2}V_{cc}$

$\Rightarrow \underline{\underline{\tau_2 = 2\frac{R_1}{R_2}RC}}$

$\rightarrow \boxed{T = \tau_1 + \tau_2 = 4\frac{R_1}{R_2}RC}$

) i)



1) $e^+ = -\frac{I_B^+}{s} R_3$ —

2) $e^- = e^+ + V_{off}/s$ —

$e^- = -i_1 R = e^+ + V_{off}/s = -\frac{I_B^+}{s} R_3 + V_{off}/s \Rightarrow i_1 = \frac{I_B^+}{s}\frac{R_3}{R} - \frac{V_{off}}{Rs}$ —

$e^- - V_{out} = i_2 \cdot \frac{R_c}{1+R_cCs} = \left(i_1 - I_B^-/s\right)\frac{R_c}{1+R_cCs}$

ı que $-\frac{I_B^+}{s} R_3 + V_{off}/s - V_{out} = \left(\frac{I_B^+}{s}\frac{R_3}{R} - \frac{V_{off}}{Rs} - \frac{I_B^-}{s}\right)\frac{R_c}{1+R_cCs}$

rdenando:

$\Rightarrow V_{out} = \frac{V_{off}}{s} - \frac{I_B^+ R_3}{s} - \left(I_B^+\frac{R_3}{R} - I_B^- - \frac{V_{off}}{R}\right)\frac{R_c}{s(1+R_cCs)}$

$V_{out}(t) = V_{off} - I_B^+ R_3 - \left(I_B^+\frac{R_3}{R} - I_B^- - \frac{V_{off}}{R}\right) R_c\left(1 - e^{-t/R_cC}\right)$

$V_{offt} = V_{off}\left(1+\frac{R_c}{R}\right) - I_B^+\frac{R_3R + R_3R_c}{R} + I_B^- R_c$

forma de minimizar es: $R_3R + R_3R_c = R_cR \Rightarrow R_3 = \frac{R_cR}{R+R_c} = R_c // R$

y que dimensionar R_c; Para que se mantenga el funcionamiento anterior se debe cumplir que el bloque se comporte como un integrador

$\frac{V_{out}}{V_{in}} = -\frac{R_c}{R(1+R_cCs)}$, o la frecuencia hallada en b) $f_0 = \frac{R_2}{4R_1RC}$ debemos

tener un integrador.

$R_c\cancel{C}\cdot\frac{R_2}{4R_1R\cancel{C}} \gg 1 \Rightarrow \boxed{R_c = \frac{40R_1R}{R_2}}$

valuando: $R_c = 32{,}8\ k$

$R_3 = R_c // R = 970\,\Omega$

$V_{outoff\ max} = 270\,mV$

$V_{outoff\ típico} = 1\,mV$

⇒ c i.

$$\frac{V_{cc}}{RC} < SR = 1{,}25 \, V/\mu s \quad , \quad f_o = \frac{R_2}{4 R_1 R C}$$

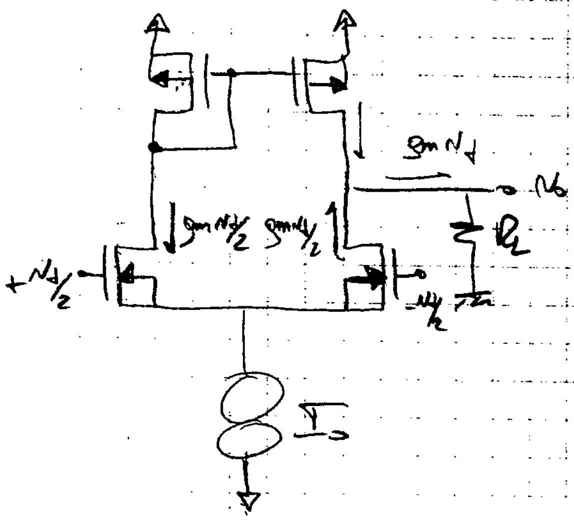
$$\Rightarrow f_{o_{max}} = \frac{R_2}{4 R_1 \, V_{cc}/SR} \Rightarrow f_{o_{max}} = 76 \text{ kHz}$$

$$(f_{o_{max}} \ll f_T = 4 \text{ MHz})$$

$$C = \frac{R_2}{4 R_1 R f_{o_{max}}} = 4 \text{ nF}$$

PREGUNTA

(a)



Par diferencial con carga activa: $i_{out} = g_m v_d$

$\Rightarrow v_o = g_m R_L v_d$

$g_{m1} = \sqrt{2\beta_n I_{D1}}$

$I_{D1} = I_o/2$

$$\Rightarrow \boxed{\frac{v_o}{v_d} = \sqrt{\beta_n I_o}\; R_L}$$

(b) Para que el amp. funcione correctamente hay que asegurar que M3 no pase a zona lineal

$\Rightarrow V_{cm} \geq V_{DSsat3} + V_{GS1}$

$$V_{DSsat3} = \frac{V_{GS3} - V_{tn}}{1+\delta} = V_{GS3} - V_{t0} = \sqrt{\frac{2I_o}{\beta}}$$

$$V_{GS1} = \sqrt{\frac{2I_{D1}}{\beta}} + V_{t0} = \sqrt{\frac{I_o}{\beta}} + V_{t0}$$

$$\Rightarrow \boxed{V_{cm_{min}} = \left(\sqrt{2}+1\right)\sqrt{\frac{I_o}{\beta}} + V_{t0}}$$