2do PARCIAL DE ELECTRONICA 1
14/07/2014

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.

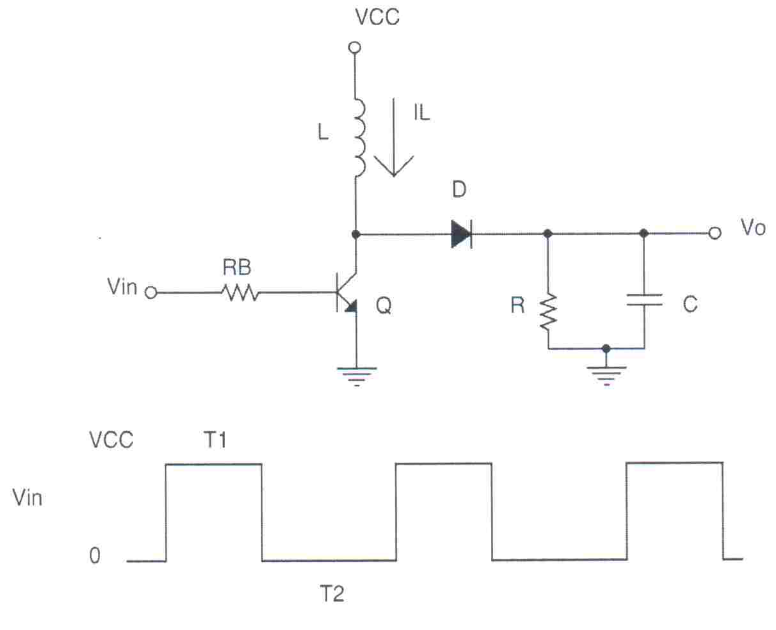
PROBLEMA 1 (27 Puntos)

En el elevador de tensión ("step-up") de la figura se considerará que el transistor Q opera como una llave ideal, despreciando su tensión de saturación VCESAT. Determinar:

a) La tensión Vo.
b) Calcular la corriente máxima (IL) que circula por la bobina L.
c) Dimensionar RB para asegurar que Q opere en saturación cuando conduce.

Datos:

- VCC = 10V, R = 15 Ω, C=∞. Recordar que como el condensador es infinito se puede considerar su tensión constante y sigue valiendo la condición de régimen de que la integral de la corriente en un ciclo a través de él es nula (es decir es nula la carga neta que ingresa al condensador en un ciclo).
- D: $V\gamma = 0.7V$, L = 150 μH, T1 = 20μs, T2 = 30μs.
- Q: β = 100, VBE = 0.7V, VCESAT despreciable.



PROBLEMA 2 (27 puntos)

A los efectos de tener una fuente de corriente que se puede apagar periódicamente se consideran las dos alternativas que se muestran en la Figura 1 y en la Figura 2. Todos los transistores son iguales con los datos que se indican al final, salvo M3 que tiene un β diferente (β3) que se pide calcular en la parte b). En el circuito de la Figura 1 determinar:

a. El valor de la corriente por RL cuando VG3 = 0V.
b. ¿ Qué condición debe cumplir el valor de β de M3 (β3) para asegurar que cuando VG3 = VDD la corriente por RL sea 0 ?

En el circuito de la Figura 2 las señales VLcont y Vauxcont son ondas cuadradas como se indica en la Figura 3 que varían entre 0V y 6V. Se pide:

c. El valor de la corriente por RL en el intervalo en que VLcont = 6V y Vauxcont = 0V.
d. ¿Cuál es el máximo valor de RL para el cuál vale el resultado hallado en c)?

Datos:

- VDD = 10V
- M1, M2, Ma, Mb: β = 5mA/V2, Vt0 = 1V, δ=0, Tensión de Early (VA): infinita, el sustrato está conectado al source.
- M3: Mismos datos, salvo β = β3.
- Rbias = 600Ω, RL = 100Ω (salvo donde se indique lo contrario), Raux = 100Ω.

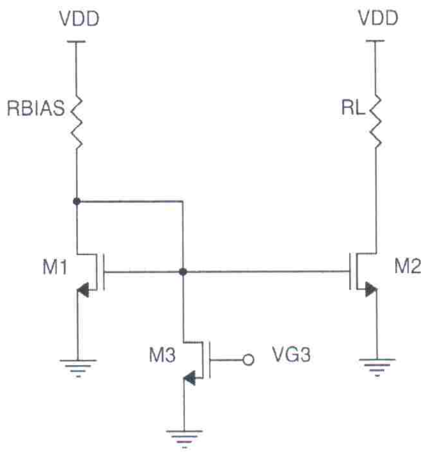


Figura 1

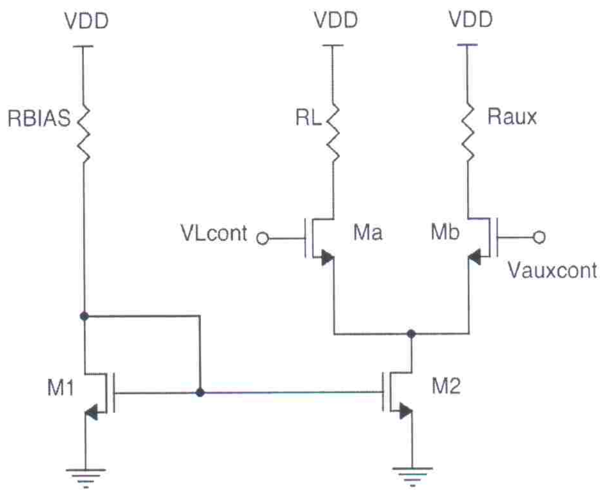


Figura 2

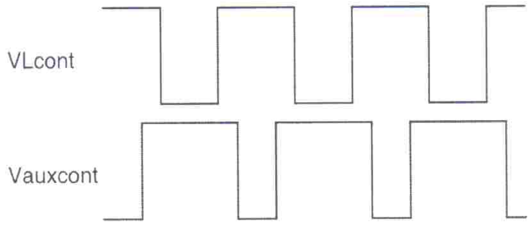


Figura 3

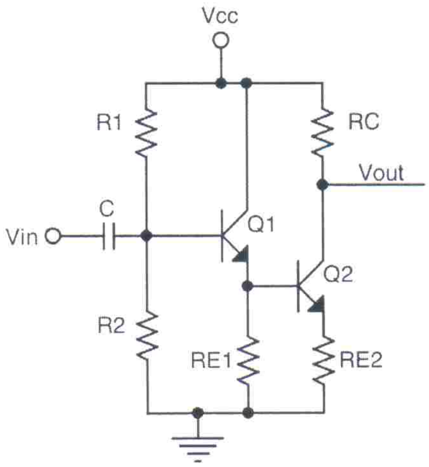
PROBLEMA 3 (28 puntos)

Para el circuito de la Figura se pide calcular:

a) Ganancia en la banda pasante.
b) El valor que debe tener C para que la frecuencia de corte inferior sea 10 Hz.
c) Excursión de salida.

Datos:

- Vcc=15V, β= 200, VBE=0.7V, VCESAT=0.3V
- R1 =47kΩ, R2=10kΩ, RC=10kΩ, RE1=390Ω, RE2=1.2kΩ



PREGUNTA (18 puntos)

El circuito mostrado en la Fig. 1 implementa una función lógica cuyas entradas son A, B y C, y cuya salida es Vout.

a) Halle la tabla de verdad de dicha función lógica.
b) La forma de onda de las entradas es la mostrada en la Fig. 2 y dicha secuencia se repite a lo largo del tiempo. Todos los intervalos indicados con líneas punteadas valen T.
   i) Dibujar la forma de onda de la salida.
   ii) Dar el valor del consumo de potencia dinámica de la fuente de alimentación.

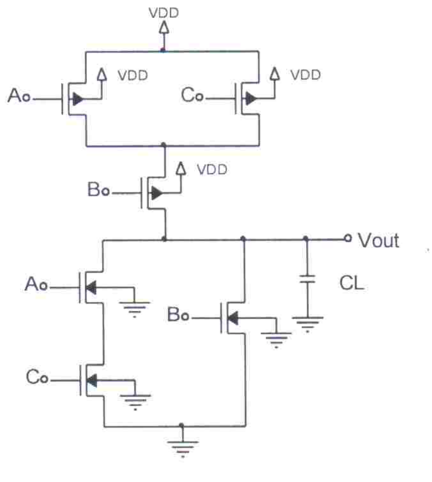


Figura 1

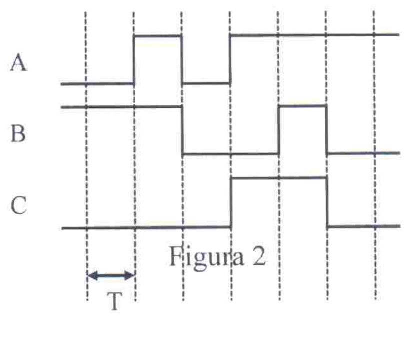


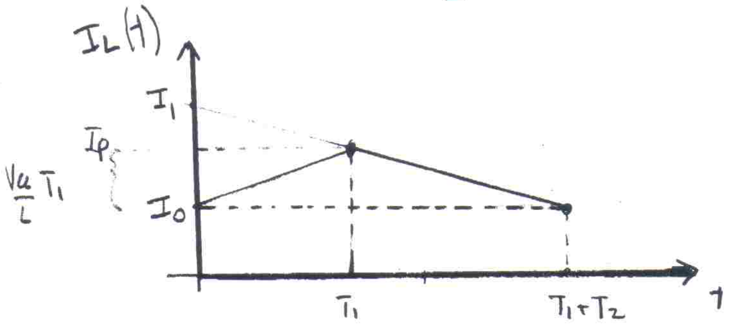
Figura 2

Problema 1

(a)

$* \; T_1 \qquad I_{L1}(t) = \frac{V_{cc}}{L} t + I_0 \qquad (0 < t < T_1)$

$* \; T_2 \qquad I_{L2}(t) = \frac{V_{cc} - (V_0 + V_\gamma)}{L} t + I_1 \qquad (T_1 < t < T_2)$



- $I_{L1}(T_1) = I_{L2}(T_1) \Rightarrow \frac{V_{cc}}{L} T_1 + I_0 = \frac{V_{cc} - (V_0 + V_\gamma)}{L} T_2 + I_1$ ①
- $I_{L1}(0) = I_{L2}(T_1 + T_2) \Rightarrow I_0 = \left[\frac{V_{cc} - (V_0 + V_\gamma)}{L}\right](T_1 + T_2) + I_1$ ②

haciendo ec. 1 - ec. 2 $\Rightarrow \frac{V_{cc}}{\cancel{L}} T_1 = -\left[\frac{V_{cc} - (V_0 + V_\gamma)}{\cancel{L}}\right] T_2 \Rightarrow$

$$\boxed{V_0 = \frac{V_{cc} T_1}{T_2} + V_{cc} - V_\gamma} \Rightarrow \boxed{V_0 \cong 16\ V}$$

(b) usando que $\int_0^{T_2+T_1} I_c \, dt = 0 \Rightarrow \int_0^{T_1} I_c \, dt + \int_{T_1}^{T_2+T_1} I_c \, dt = 0 \Rightarrow$

$$\int_0^{T_1} \underbrace{\left(-\frac{V_0}{R}\right)}_{I_c(t)\ t \in (0, T_1)} dt = -\int_{T_1}^{T_2+T_1} \underbrace{\left(I_{L2} - \frac{V_0}{R}\right)}_{I_c(t)\ t \in (T_1, T_2)} = -\underbrace{\int_{T_1}^{T_2+T_1} I_{L2}}_{} + \frac{V_0 T_2}{R} \Rightarrow$$

$\hookrightarrow$ Gráficamente: $\left[I_p + \left(I_p - \frac{V_{cc}}{L} T_1\right)\right] \frac{T_2}{2}$

PP

$$\Rightarrow \quad -\frac{V_0}{R} T_1 = -\left[I_p + \left(I_p - \frac{V_{cc}}{L} T_1\right)\right] \frac{T_2}{2} + \frac{V_0}{R} T_2 \quad \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \quad \boxed{I_p = \frac{V_0}{R} \frac{(T_2 + T_1)}{T_2} + \frac{V_{cc} T_1}{2L}} \quad \Rightarrow \quad \boxed{I_p \cong 2{,}44 \text{ A}}$$

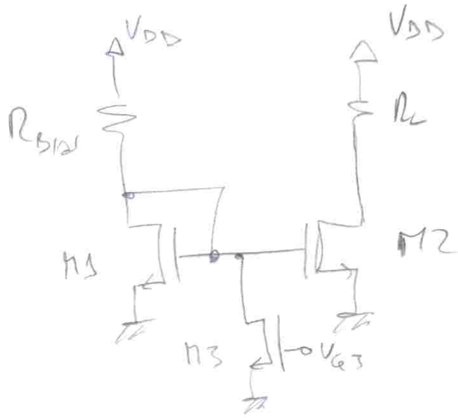
(c)

$$\frac{V_{cc} - V_{BEon}}{R_B} > \frac{I_p}{\beta} \quad \Rightarrow \quad \boxed{R_B < (V_{cc} - V_{BEon}) \frac{\beta}{I_p}} \quad \Rightarrow \quad \boxed{R_B < 1391\,\Omega}$$

$$\boxed{R_B = 120\,\Omega}$$

PP

2do PARCIAL - ELECTRÓNICA 1 - JUL/2014



(a) $I_{R_L} = I_{D2} = I_{D1}$

$$I_{D1} = \frac{\beta}{2(1+\delta)_{=0}} (V_{GS1} - V_t)^2$$

$$\frac{V_{DD} - V_{GS1}}{R_{BIAS}} = I_{D1}$$

$$\Rightarrow \beta \frac{R_{BIAS}^2}{2} I_{D1}^2 - \left[\beta (V_{DD} - V_t) R_{BIAS} + 1\right] I_{D1} + \beta \frac{(V_{DD} - V_t)^2}{2} = 0$$

$$\Rightarrow I_{D1} = \begin{cases} 19{,}7\ mA \Rightarrow V_{GS1} = -1{,}8\ V & ✗ \\ \boxed{11{,}4\ mA \Rightarrow V_{GS1} = 3{,}14\ V} & ✓ \end{cases}$$

$$\Rightarrow \boxed{I_{R_L} = 11{,}4\ mA}$$

(b)

$I_{R_L} = I_{D2} = 0 \Longleftrightarrow V_{G2} < V_t$

M3 a zona lineal $\cong R_{MOS} = \left[\beta_3 (V_{DD} - V_t)\right]^{-1}$

$I_{D1} = 0 \quad (V_{G1} = V_{G2} < V_t)$

$$\Rightarrow V_{DD} \cdot \frac{R_{MOS}}{R_{BIAS} + R_{MOS}} < V_t \Rightarrow \frac{V_{DD}}{V_t} < \frac{R_{BIAS}}{R_{MOS}} + 1$$

$$\Rightarrow \beta_3 (V_{DD} - V_t) > \frac{1}{R_{BIAS}} \left(\frac{V_{DD}}{V_t} - 1\right) \Rightarrow \beta_3 > \frac{V_{DD} - V_t}{R_{BIAS} V_t \cancel{(V_{DD} - V_t)}} = \frac{1}{R_{BIAS} V_t}$$

$$\Rightarrow \boxed{\beta_3 > 1{,}67\ mA/V^2}$$

2do PARCIAL - ELECTRÓNICA 1 - JUL / 2014

(c) si $\left\{ \begin{array}{l} V_{L_{CONT}} = 6\,V \\ V_{AUX\,CONT} = 0\,V \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} M_e \text{ ON} \\ M_b \text{ OFF} \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} I_{De} = I_{D2} \\ I_{Db} = 0 \end{array} \right\}$

$\Rightarrow I_{R_L} = I_{De} = I_{D2} = I_{D1}$

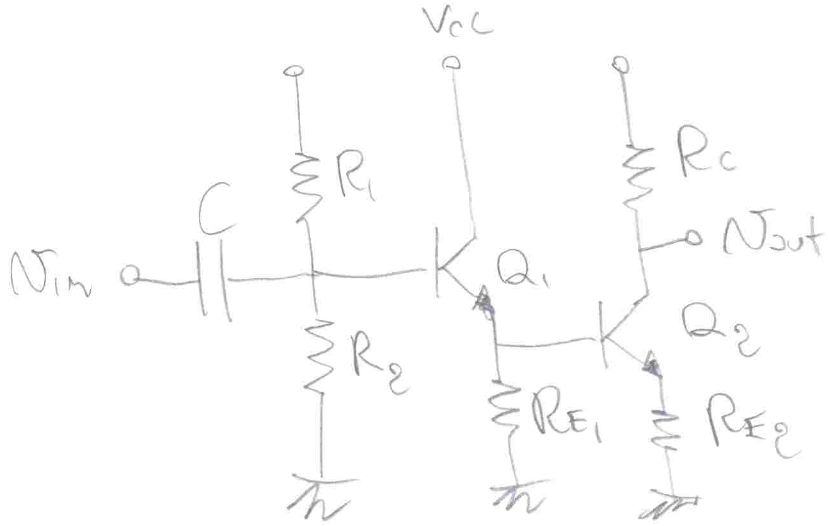
MISMA solución de la parte (a) $\Rightarrow \boxed{I_{R_L} = 11{,}4\,mA}$

(d) La solución a (c) vale mientras M_e se mantenga en saturación: $V_{DS_e} > \dfrac{V_{GS_e} - V_t}{1+\delta}$ ($\delta = 0$)

$$V_{DD} - R_L I_{D2} - V_{S_e} > \overset{6V}{\cancel{V_{L_{CONT}}^{ON}}} - V_{S_e} - V_t$$

$$\Rightarrow R_L < \frac{V_{DD} + V_t - 6V}{I_{D2}} \Rightarrow \boxed{R_{L\,MAX} = 439\,\Omega}$$

Problema 3



a) Asumo $I_{B_1} << I_{R_1 R_2} \Rightarrow V_{B_1} = \frac{V_{cc} R_2}{R_1 + R_2}$

$\Rightarrow V_{E_1} = \frac{V_{cc} R_2}{R_1+R_2} - V_{BE} \Rightarrow V_{E_2} = \frac{V_{cc} R_2}{R_1+R_2} - 2V_{BE}$

$\Rightarrow I_{C_2} = \frac{V_{E_2}}{R_{E_2}} \Rightarrow I_{C_1} = \frac{V_{E_1}}{R_{E_1}} + \frac{I_{C_2}}{\beta}$

$\Rightarrow I_{C_2} = 1\,mA \quad V_{B_1} = 2{,}63V \quad V_{E_2} = 1{,}23V$

$I_{C_1} = 5\,mA \quad V_{E_1} = 1{,}93V$

$I_{B_1} = 25\,\mu A << I_{R_1 R_2} = 263\,\mu A$ ✓

$G = \frac{N_o}{N_{in}} = \frac{N_{b2}}{N_{in}} \cdot \frac{N_o}{N_{b_2}}$

a)
$$\frac{v_o}{v_{b2}} = \frac{-g_{m2} R_C}{1 + g_{m2} R_{E2}} = G_2 \simeq -8{,}16$$

$$\frac{v_{b2}}{v_{in}} = \frac{g_{m1}\left(R_{E1} \parallel (r_{\pi 2} + (\beta+1) R_{E2})\right)}{1 + g_{m1}\left(\underbrace{R_{E1} \parallel (r_{\pi 2} + (\beta+1) R_{E2})}_{R_{VE1}}\right)} = G_1 = 0{,}987$$

$$\Rightarrow \quad G = G_1 G_2 \Rightarrow \boxed{G = -8{,}05}$$

b)
$$R_{vin} = R_1 \parallel R_2 \parallel \left[r_{\pi 1} + (\beta+1) R_{VE1} \right]$$

$$\Rightarrow \quad f_{P1} = \frac{1}{2\pi R_{vin} C} \Rightarrow C = \frac{1}{2\pi R_{vin} f_{P1}}$$

$$\Rightarrow \boxed{C > 2{,}13\ \mu F}$$

c) ① $v_{CE_2} > V_{CESAT}$

$$(V_{C_2} - v_{E_2p}|G_2|) - (V_{E_2} + v_{E_2p}) > V_{CESAT}$$

$$V_{C_2} - V_{E_2} - v_{E_2p}(1+|G_2|) > V_{CESAT}$$

$$\Rightarrow v_{E_2p} < \frac{V_{C_2} - V_{E_2} - V_{CESAT}}{1+|G_2|}$$

$$\parallel$$

$$\frac{v_{op}}{|G_2|} < \frac{V_{C_2} - V_{E_2} - V_{CESAT}}{1+|G_2|}$$

$$\Rightarrow v_{op} < \frac{|G_2|}{1+|G_2|}\left(V_{C_2} - V_{E_2} - V_{CESAT}\right) = 2{,}85\,V$$

② $v_{E_2} = V_{E_2} - v_{E_2p} > \emptyset \Rightarrow v_{E_2p} < V_{E_2}$

$$\Rightarrow \frac{v_{op}}{|G_2|} < V_{E_2} \Rightarrow v_{op} < V_{E_2}|G_2| = 10{,}05\,V$$

$$\Rightarrow v_{op} < \min\{2{,}85\,V;\ 10{,}05\,V\}$$

$$\Rightarrow \boxed{v_{op} < 2{,}85\,V}$$