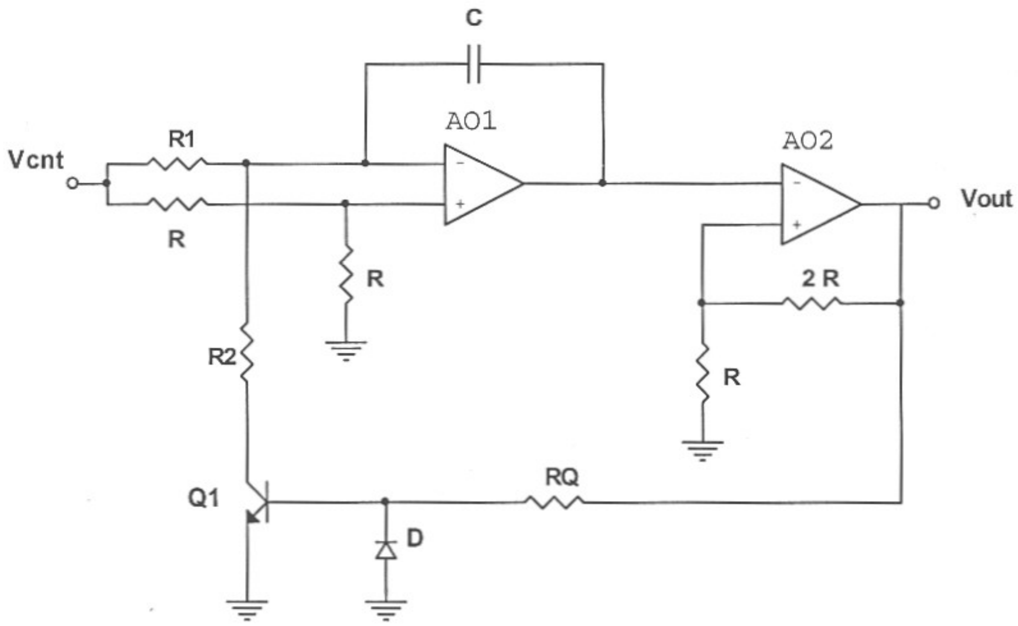
PROBLEMA 2 (40 puntos)

En el circuito de la figura se supone que el transistor Q1 trabaja entre corte y saturación con VCESAT =0V y Vcnt es una tensión continua de control. Los amplificadores operacionales se considerarán ideales y están alimentados entre +/-5V.

a) Hallar la frecuencia de la señal Vout en función de Vcnt.
b) Hallar la relación entre R1 y R2 para que el ciclo de trabajo sea 50% .
c) Para el caso de la parte b), hallar R1 y R2 para que con Vcnt igual a 5V se tenga una frecuencia de 10kHz en Vout.
d) Para el caso de la parte c), diseñe RQ para que el transistor opere entre corte y saturación si el transistor tiene un β de 100 y VBE=0.6V.
e) ¿Cuál es el mínimo valor del slew rate del amplificador AO1 para que el circuito funcione correctamente? Justificar.

Datos: C=15nF .
Se cumple que R2<R1



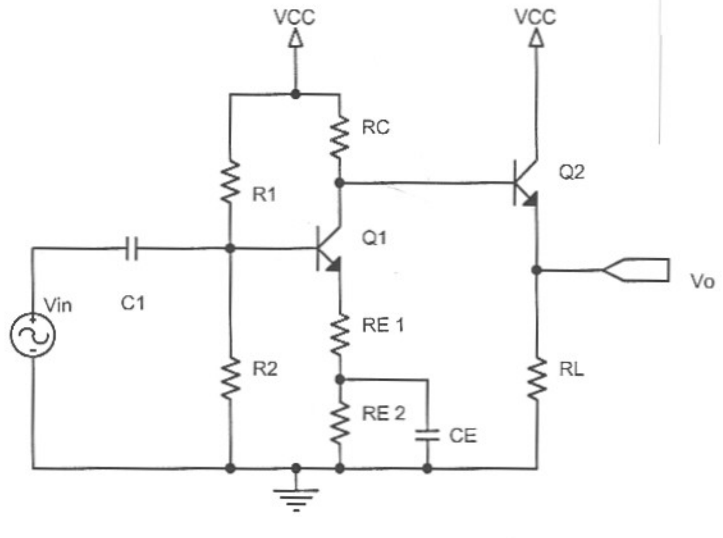
EXAMEN DE ELECTRONICA 1
Mesa Especial 14/04/08

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)

Para el circuito de la figura calcular:
a) Corriente DC por los transistores.
b) Ganancia a frecuencias medias y frecuencia de corte inferior (f_L).
c) Excursión a la salida.

Datos: R1=3.9kΩ , R2=1.5kΩ, RC=8.2kΩ, RE1=220Ω, RE2=3.9kΩ y RL=1.2kΩ
C1=47μF, CE =22μF, VCC=10V,
Todos los transistores son iguales con V_{BE}=0.7 V, V_{CEsat}=0.3 V y β=100.

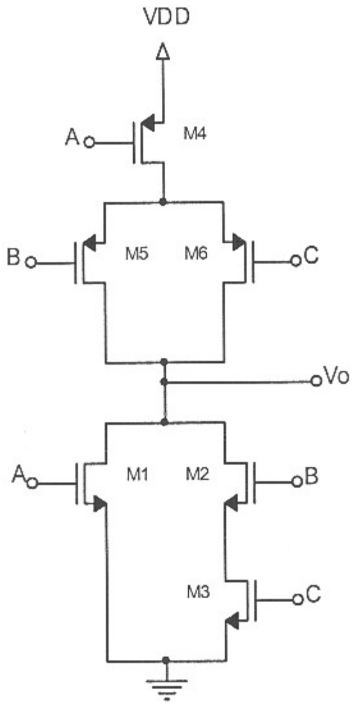


PREGUNTA (20 puntos)

Dado el circuito digital de la figura:

a) Determinar la función lógica Vo(A,B,C)

b) Calcular el tiempo de propagación t_{PHL} cuando la compuerta tiene una capacidad de carga C_L y las entradas tienen la siguiente transición: ABC=000 →ABC=100. Asumir que la fracción de t_{pHL} en que los transistores están en zona lineal es despreciable frente al tiempo que están saturados. Datos: V_{DD}, $(\mu.C_{ox}W/L)_n$, $(\mu.C_{ox}W/L)_p$, C_L, $V_{tn}=|V_{tp}|$, $\delta=0$.



EXAMEN E1 ABRIL / 2008 (MESA ESPECIAL)

Problema (1)

(a) $V_{BB} = V_{CC} \frac{R_2}{R_1 + R_2}$ (Asumo $I_{B1} \ll I_{R_1}$)

$\Rightarrow V_{BB} = 2{,}8\ V \Rightarrow V_E = 2{,}1 V$

$\rightarrow \boxed{I_{C1} = \frac{V_E}{R_{E1} + R_{E2}} = 0{,}48\ mA}$ $\rightarrow I_{B1} = 4{,}8\ \mu A \ll 2{,}2 mA$ ✓ (I_{R_1})

$\Rightarrow V_C = V_{CC} - I_{C1} R_C = 6\ V$ (Asumo $I_{B2} \ll I_{C1}$)

$\Rightarrow V_O = 5{,}3 V \Rightarrow \boxed{I_{C2} = 4{,}47 mA}$

$I_{B2} = 45\ \mu A \ll 480\ \mu A = I_1$ ✓

(b) A_1: GANANCIA primer etapa

$A_1 = \frac{v_{o1}}{v_i} = - \frac{g_{m_1} R_C // R_{i2}}{1 + g_{m_1} R_{E1}}$

$\rightarrow \boxed{A_1 = -28{,}2\ V/V}$

$R_{i2} = r_{\pi 2} + (\beta+1) R_L \simeq \beta R_L = 120 k\Omega$

$g_{m_1} = 19{,}2\ mA/V$

$g_{m_1} R_{E1} = 4{,}2 \not\gg 1$ (No se puede aprox. A_1 por $-R_C/R_{E1}$)

seguidor: A_2

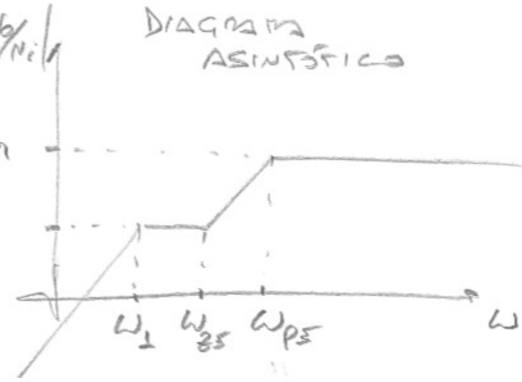
$A_2 = \frac{v_o}{v_{o1}} = \frac{g_{m_2} R_L}{1 + g_{m_2} R_L} \cong 1\ V/V$ $(g_{m_2} R_L = 206 \gg 1)$

$\Rightarrow \boxed{\frac{v_o}{v_i} = -28{,}2\ V/V}$

EXAMEN EL ABRIL 2008 (MESA ESPECIAL)

Problema (1)

(b) supongo q' domina el polo de C_E :



$$f_{pE} = \frac{1}{2\pi}\frac{1}{R_{E1}//R_{E2}\,C_E} = 35\,Hz$$

$$f_{zE} = \frac{1}{2\pi}\frac{1}{R_{E2}\,C_E} = 1,6\,Hz$$

$$f_1 = \frac{1}{2\pi}\frac{1}{R_{v1}\,C_1} \quad / \quad R_{v1} = R_1//R_2//\left[r_{\pi 1} + (\beta+1)(R_{E1}+R_{E2})\right]$$

$$\rightarrow f_1 = 0,12\,Hz$$

$$\rightarrow \boxed{f_L = f_{pE} = 35\,Hz}$$

(c) EXCURSIÓN :

- EN v_o : → por arriba: $v_{op} \leq V_{CC} - V_o - V_{CEsat} = 4,4\,V$
  → por abajo: $v_{op} \leq V_o = 5,3\,V$

como $A_2 = 1\,V/V$ $\quad v_{o1} = v_o$ ← hay q' verificar a la salida de Q_1

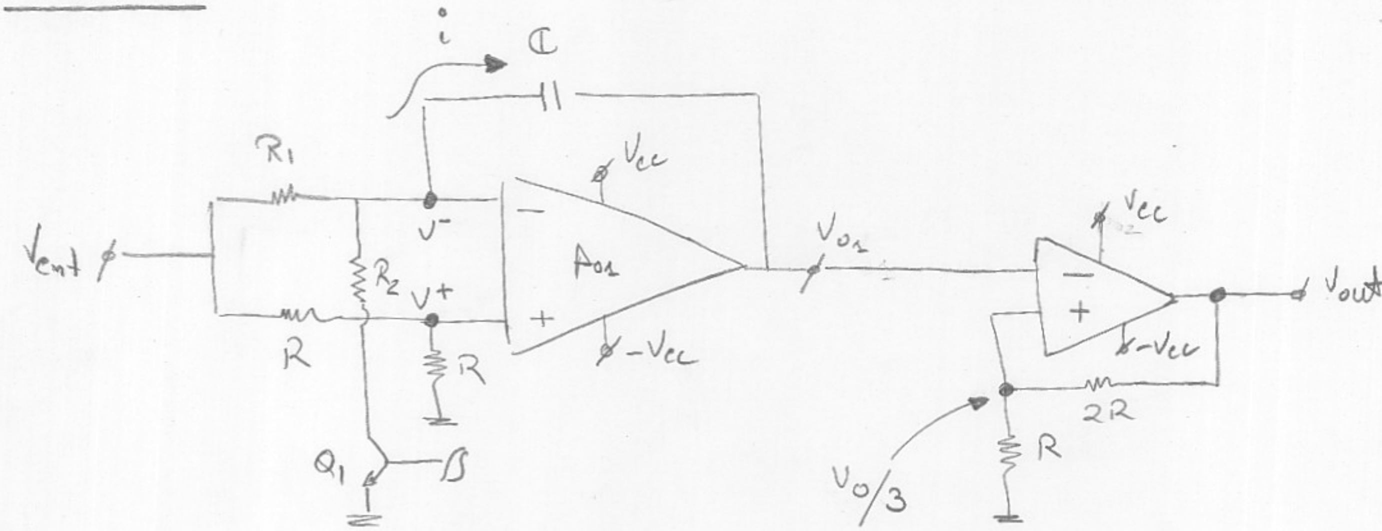
- EN v_{o1} : → por arriba: $v_{op} \leq V_{CC} - V_C = 4\,V$

  → por abajo: $V_C - v_{op} > V_E + V_{CEsat} + v_{op}/A_1$

$$\rightarrow v_{op} \leq \underbrace{\frac{A_1}{1+A_1}}_{\simeq 1}\left(V_C - V_E - V_{CEsat}\right)$$

$$\rightarrow \boxed{v_{op} \leq 3,6\,V} \longleftarrow \text{MÁXIMA EXCURSIÓN}$$

PROBLEMA 2



a)

1) $V^+ = \dfrac{V_{ent}}{2}$ ✓

2) $i = C\dfrac{d}{dt}\left(V^- - V_{O1}\right) \rightarrow i = -C\dfrac{d}{dt}\left(V_{O1}\right) \rightarrow \underline{\underline{V_{O1} = -\dfrac{i}{C}\cdot t + V_{O1\,init}}}$ ✓

si $Q_1 = ON \rightarrow$ calculo $\underline{i}$:

$V_{ent} \xrightarrow{R_1} \xrightarrow{i} V^-$, R_2 a masa

$$i = \frac{V_{ent} - V_{ent}/2}{R_1} - \frac{V_{ent}/2}{R_2} = \frac{V_{ent}}{2}\left[\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right] = \frac{V_{ent}}{2C}\,\frac{R_2 - R_1}{R_1 R_2}$$ ✓

si $Q_1 = OFF \rightarrow$ calculo $\underline{i}$: $\quad i = \dfrac{V_{ent} - V_{ent}/2}{R_1} = \dfrac{V_{ent}}{2R_1}$ ✓

Calculo la frecuencia:

Asumo $V_0 : -V_{cc} \rightarrow V_{cc}$ $\left(\Rightarrow V_{O1\,init}\Big|_{t=\phi} = -V_{cc}/3\right)$ y Q_1 ON ✓

$$\Rightarrow V_{O1} = -\frac{V_{ent}}{2C}\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)\cdot t - \frac{V_{cc}}{3} \qquad (V_{O1}\uparrow)$$

$\Rightarrow$ en T_1 $\quad V_{O1} = \dfrac{V_{cc}}{3} \quad \Rightarrow \quad 2\dfrac{V_{cc}}{3} = \dfrac{V_{ent}}{2C}\left(\dfrac{1}{R_2} - \dfrac{1}{R_1}\right)T_1$ ✓

(proxima conmutación)

$$\rightarrow \boxed{T_1 = \frac{4}{3}\,\frac{V_{cc}}{V_{ent}}\left(\frac{R_2 \cdot R_1}{R_1 - R_2}\right)C}$$ ✓

Analogamente:

$V_o: V_{cc} \rightarrow -V_{cc}$ $\left(\rightarrow V_{o1\,init} = \frac{V_{cc}}{3}\right)$ y Q_1 OFF

$$\Rightarrow V_{o1} = -\frac{V_{ent}}{2R_1C}\cdot t + \frac{V_{cc}}{3}$$

$$\Rightarrow \text{en } T_2: V_{o1} = -\frac{V_{cc}}{3} \rightarrow -\frac{2V_{cc}}{3} = -\frac{V_{ent}\cdot T_2}{2R_1C}$$

$$\rightarrow \boxed{T_2 = \frac{4}{3}\frac{V_{cc}}{V_{ent}}R_1C}$$

$$T = 1/f = T_1 + T_2 = \frac{4}{3}\frac{V_{cc}}{V_{ent}}\left[\frac{R_2}{R_1-R_2}+1\right]R_1C$$

$$\boxed{T = 1/f = \frac{4}{3}\frac{V_{cc}}{V_{ent}}\frac{R_1^2C}{R_1-R_2}}$$

(b) $T_1 = T_2 \Rightarrow$ $\cancel{R_1}C = \frac{R_2\cancel{R_1}C}{R_1-R_2}$ $\rightarrow$ $R_1 - R_2 = R_2$

$$\boxed{R_1 = 2R_2}$$

(c) $$\frac{1}{10KH_z} = \frac{4}{3}\underbrace{\frac{V_{cc}}{V_{ent}}}_{=1}\cdot\frac{R_1^2}{R_1-R_2}\cdot 15nF \Rightarrow 4R_2 = \frac{3}{4.10KH_z\cdot 15nF}$$

$$\boxed{\begin{array}{l} R_2 = 1250\,\Omega \\ R_1 = 2500\,\Omega \end{array}}$$

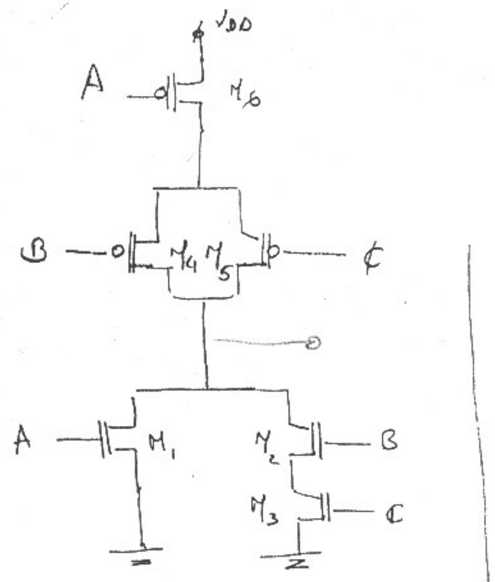
(d) Q_1 ON $\rightarrow$ $i_{Q_1} = \frac{V_{ent}}{2R_2} = 2mA$

Para saturación $i_b > \frac{i_{Q_1}}{\beta}$ $\rightarrow$ $\frac{V_{cc}-V_{be}}{R_Q} < \frac{10\cdot 2mA}{100}$ $\Rightarrow$ $\boxed{R_Q < 22k\Omega}$

(e) $$SR > SR_{min} = max\left|\frac{dV_{o1}}{dt}\right| = max\left\{\frac{V_{ent}}{2}\left|\frac{R_2-R_1}{R_1R_2C}\right|, \frac{V_{en}}{2R_1C}\right\} = \boxed{\frac{V_{en}}{2R_1C}}$$

$$\left(\frac{R_2-R_1}{R_2} = -1\right)$$

Leonardo Bertoso

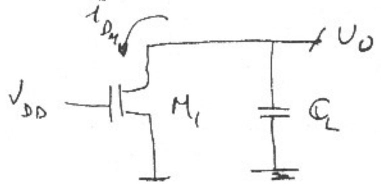


a) $V_0 = \overline{A + BC}$

b) En la transicion $ABC \rightarrow 100$

M_1 on

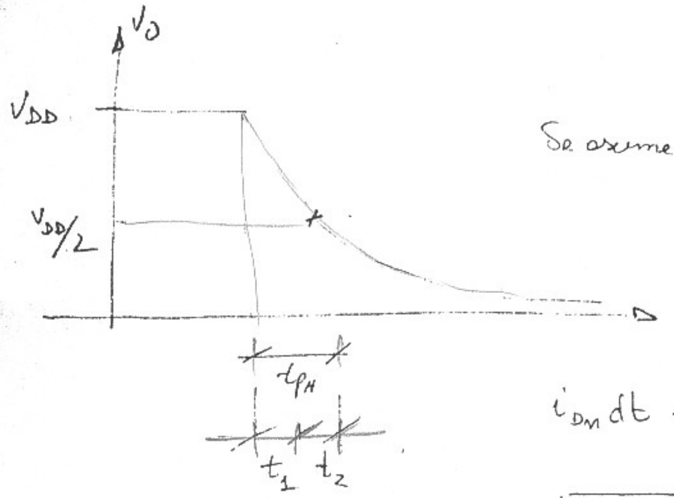
M_2 off M_3 off, $M_{4,5,6}$ off.



$$i_{D_M} = \frac{1}{2} k_n \left(\frac{W}{L}\right)_n (V_{GS} - V_T)^2$$

$(k_n = \mu_n C_{ox})$

$(\lambda = 1 + \delta = 1)$



Se asume $t_1 \gg t_2$ donde t_1 : tiempo MOS saturado

t_2 : tiempo MOS en zona lineal.

$\Rightarrow t_{pH} \approx t_1$

$$i_{Dn}\, dt = -C_L\, dv_o \Rightarrow -\frac{1}{2} k_n \left(\frac{W}{L}\right)_n (V_{DD} - V_T)^2 t_{pH} = -C\left[V_{DD} - \frac{V_{DD}}{2}\right]$$

$$\Rightarrow \boxed{t_{pH_L} \approx \frac{C_L V_{DD}}{k_n \left(\frac{W}{L}\right)_n (V_{DD} - V_T)^2}}$$

Otro camino alternativo puede ser calcular el tiempo en el que el MOS esta saturado

$$-\frac{1}{2} k_n \left(\frac{W}{L}\right)_n (V_{DD} - V_T)^2 \cdot t_{sat} = -C\left[V_{DD} - \underbrace{V_{DS_{sat}}}_{\frac{V_{DD} - V_T}{\lambda}}\right]$$

si $t_{sat} \approx t_{pH_L}$

$$\Rightarrow \boxed{t_{pH_L} \approx \frac{2 C_L V_T}{k_n \left(\frac{W}{L}\right)_n (V_{DD} - V_T)^2}}$$

Nota: Estrictamente son iguales si $V_{DD} = 2 V_T$, pero los dos tiempos son buenos aproximaciones.