2do PARCIAL DE ELECTRONICA 1
05/07/2012

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)

a) ¿Cuál es la resistencia de entrada (Rin1) y la ganancia (Vout/Vin) del circuito de la Figura 1?

Con el objetivo de aumentar la resistencia de entrada se realiza la modificación que se presenta en la Figura 2. Allí puede apreciarse que se agregaron R3 (tal que R3 >> $r\pi$) y C3, asimismo observe que R1 y R2 se desconectaron de la base de Q1.

b) Calcular la resistencia de entrada Rin2 del circuito de la Figura 2.

c) Calcular la ganancia (Vout/Vin) del circuito de la Figura 2.

Con el objetivo de analizar cómo afecta este cambio en continua se pide:

d) Hallar la condición que debe cumplirse para que Ic (corriente de colector en continua de Q1) sea independiente de β.

e) ¿Cuánto vale Ic si se cumple la condición hallada en la parte anterior?

Datos del circuito:

- $C=C3=\infty$
- Q1: Voltaje de early $V_{AQ1}=\infty$, $\beta>>1$.

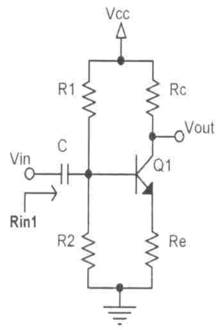


Figura 1

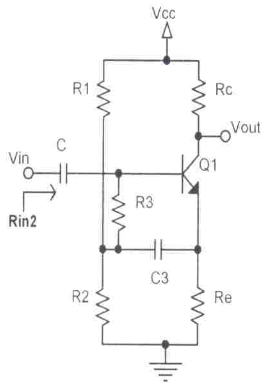


Figura 2

PROBLEMA 2 (24 puntos)

En el circuito de la Figura, V1, V2, V3, V4 son señales con nivel de DC = 0V.

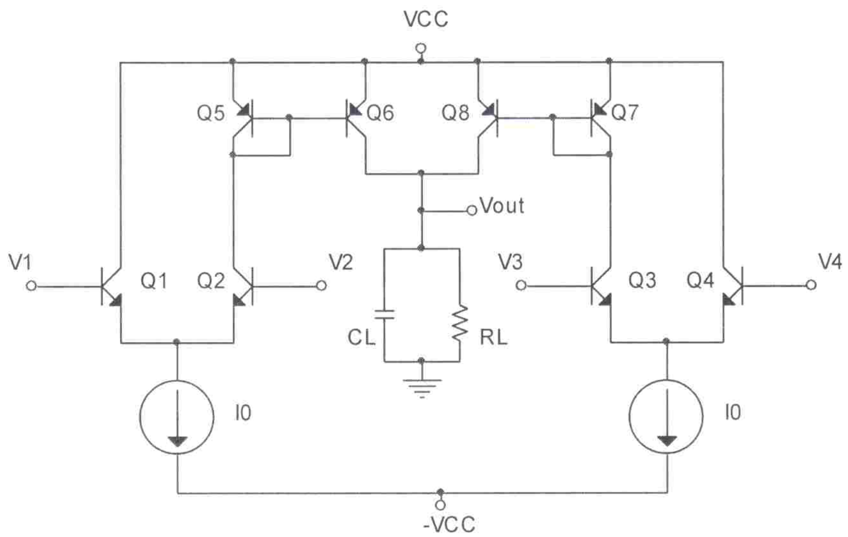
a) Determinar el valor de continua en Vout.

b) Hallar Vout = f (V1, V2, V3, V4).

Para las siguientes partes se considera V2=V3=V4= 0V en señal.

c) Calcular la frecuencia a la que |Vout/V1| = 1.

d) Calcular el Slew Rate si V1 pasa de -1 V a 1 V.



PROBLEMA 3 (27 puntos)

El circuito de la figura corresponde a un píxel en una cámara en el que se integra la corriente proveniente del fotodiodo, representado en la figura como la fuente de corriente ideal Iin. El píxel integra la corriente en la capacidad C durante el tiempo de integración (o apertura) Tinteg y entrega en la salida Vout una tensión relacionada con el resultado de esta integración. La señal Vreset determina el tiempo de integración como se muestra en la figura.

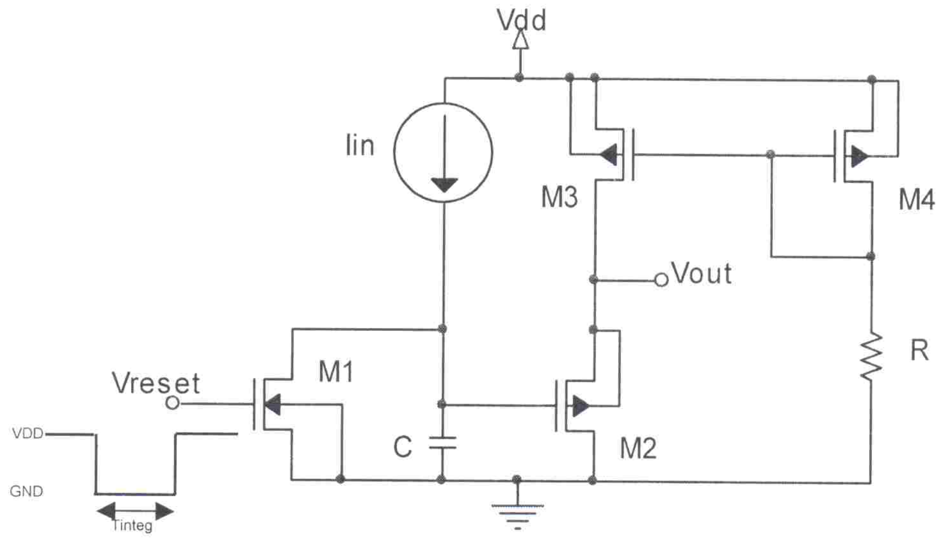
a) Determinar la corriente de drain de M3 asumiendo que el mismo está en saturación.

b) Si la corriente Iin puede variar entre Iinmin e Iinmax ¿Qué condición debe cumplir β_n (β del transistor M1) para que la tensión en C cuando M1 está encendido sea menos de 10mV?

c) Determinar la expresión de la tensión total Vout al final del tiempo de integración en función de la corriente de entrada Iin y el tiempo de integración Tinteg, si se cumple la condición de la parte a) (M3 está en saturación) y se desprecia la tensión en C cuando M1 está encendido.

d) ¿Cuál es el máximo tiempo de integración que es posible utilizar para que M3 permanezca saturado para cualquier corriente de entrada?

Datos:
Fotodiodo: Iinmin = 1 nA, Iinmax = 0.5 μA
M1: $Vt0_n$ = 1 V, δ_n = 0.3, $V_A = \infty$,
M2, M3 y M4: $Vt0_p$ = 0.9 V, δ_p = 0.4, $V_A = \infty$,
M2: β_{p2} = 5 mA/V^2, M3 y M4: β_{p34} = 1 mA/V^2,
R= 15 kΩ, C = 33 pF
Vdd = 3V



PREGUNTA (22 puntos)

Dado el circuito de la Fig.1:

a) Si las entradas A, B y C tienen la forma de onda mostrada en la Fig. 2 dibuje la forma de onda en Out. Asuma que dichas formas de onda se repiten de forma indefinida.

b) Con las entradas de la Fig. 2 se sabe que el circuito tiene un consumo dinámico P1din y un consumo estático P1est (se desprecia el consumo por camino directo VDD-VSS).

   i. Determinar el valor de CL.

   ii. Si T pasa a T/2 calcule el nuevo consumo total del circuito.

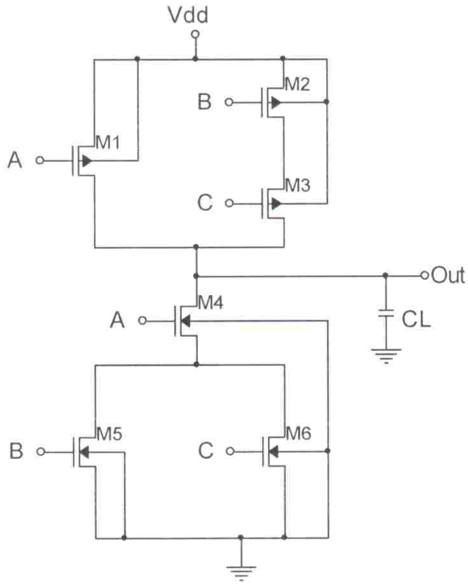


Figura 1

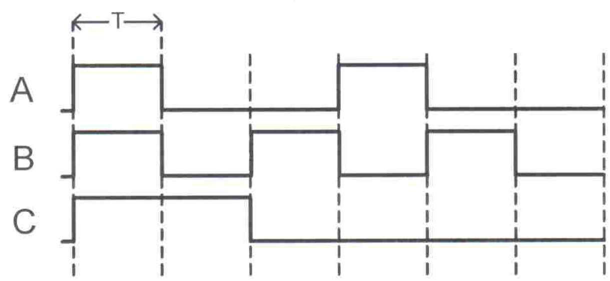


Figura 2

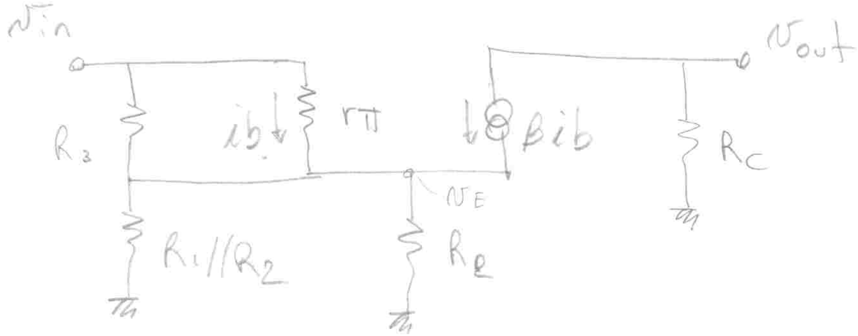
Problema 1

a)

$$\boxed{R_{in1} = R_1//R_2 // (r_\pi + (\beta+1) R_E)}$$

$$\frac{v_{out}}{v_{in}} = \frac{-\beta R_C}{r_\pi + (\beta+1) R_E}$$

b)



$$v_E \underset{\uparrow}{=} (\beta+1)\, ib\, (R_E // (R_1//R_2)) \quad \text{I}$$

$R_3 \gg r_\pi \Rightarrow ib \gg i_{R3}$

$$\frac{v_{in} - v_E}{r_\pi} = ib \Rightarrow v_E = (v_{in} - r_\pi\, ib) \quad \text{II}$$

(II) en (I) $\quad v_{in} = ib\,(r_\pi + (\beta+1)(R_E // (R_1//R_2)))$

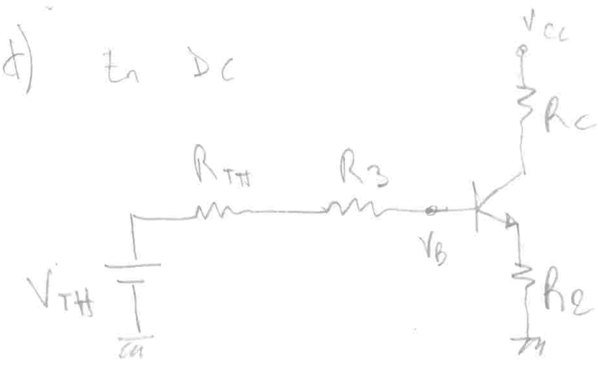
$$\boxed{R_{in2} = \frac{v_{in}}{ib} = r_\pi + (\beta+1)(R_E // (R_1//R_2))}$$

c) $$v_{out} = -R_C \beta ib = \frac{-\beta R_C\, v_{in}}{r_\pi + (\beta+1)(R_E // (R_1//R_2))}$$

$$\boxed{v_{out}/v_{in} = \frac{-\beta R_C}{r_\pi + (\beta+1)(R_E // (R_1//R_2))}}$$

Problema 1

d) En DC



$$V_{TH} = \frac{V_{cc} \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

$$R_{TH} = R_1 // R_2$$

$$V_B = V_{TH} - \frac{I_C}{\beta}\left(R_{TH} + R_3\right)$$

$$I_C = \frac{V_B - V_{BE}}{Re} = \frac{V_{TH} - \frac{I_C}{\beta}(R_{TH} + R_3) - V_{BE}}{Re}$$

$$I_C\left(1 + \frac{R_{TH} + R_3}{\beta Re}\right) = \frac{V_{TH} - V_{BE}}{R_E}$$

Para que I_C no dependa de β $\quad \frac{R_{TH} + R_3}{\beta Re} << 1$

$$\Rightarrow \boxed{\beta >> \frac{R_1 // R_2 + R_3}{R_E}}$$

e) $$\boxed{I_C = \frac{V_{TH} - V_{BE}}{R_E} = \frac{\frac{R_2 V_{cc}}{R_1 + R_2} - V_{BE}}{R_E}}$$

Problema 2 2do PARCIAL 2012

a) $I_{C_1} = I_{C_2} = I_0/2$ // $I_{C_3} = I_{C_4} = I_0/2$

Q5 y Q6 forman un espejo de corriente $\Rightarrow I_{C_6} = I_{C_5} \simeq I_{C_2} = \frac{I_0}{2}$

Q7 y Q8 " " " " " $\Rightarrow I_{C_8} = I_{C_7} \simeq I_{C_3} = \frac{I_0}{2}$

$V_{ODC} = R_L(I_{C_6} + I_{C_8}) \Rightarrow \boxed{V_{ODC} = R_L I_0}$

b) $v_{out} = Z_L\, i_{out}$ con $Z_L = \left(1/C_L s \,||\, R_L\right) = \frac{R_L}{1 + R_L C_L s}$

$i_{out} = i_{C_6} + i_{C_8} = i_{C5} + i_{C_7} \simeq i_{C_2} + i_{C_3}$

$i_{C_2} = g_{m_2}\frac{(v_2 - v_1)}{2}$ // $i_{C_3} = g_{m_3}\frac{(v_3 - v_4)}{2}$

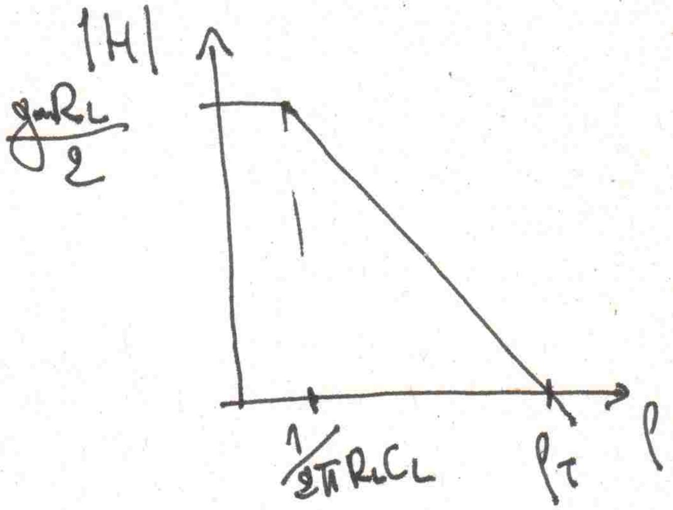
$\Rightarrow i_{out} = \frac{g_m}{2}(v_2 + v_3 - v_1 - v_4)$

$g_m = g_{m_2} = g_{m_3} = \frac{I_0}{2V_t}$

$$\boxed{v_{out} = \frac{g_m R_L}{2}(v_2 + v_3 - v_1 - v_4)}$$

Probleme 2

c) $v_2 = v_3 = v_4 = \phi \Rightarrow \dfrac{v_{out}}{v_1} = \dfrac{-R_L g_m}{2(1 + R_L C_L s)} = H(s)$

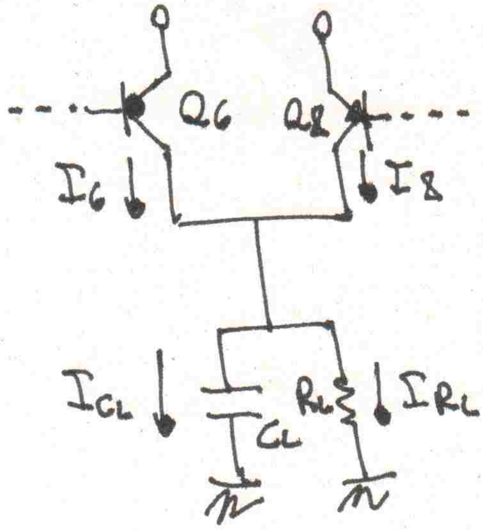


si $\dfrac{g_m R_L}{2} \gg 1 \Rightarrow |H(j2\pi f_T)| \simeq \left| \dfrac{-g_m R_L}{2\underbrace{(1 + jR_L C_L 2\pi f_T)}_{\simeq jR_L C_L 2\pi f_T}} \right| = 1$

$\Rightarrow \dfrac{g_m \cancel{R_L}}{4\pi \cancel{R_L} C_L f_T} = 1 \Rightarrow f_T = \dfrac{g_m}{4\pi C_L}$

Problema 2

d)



Antes del escalón:

$V_1 = -1 \Rightarrow I_{Q_1} \simeq \emptyset$, $V_2 = \emptyset$, $I_{Q_2} \simeq I_0$ $\Rightarrow I_6 \simeq I_0$

$V_3 = V_4 = \emptyset \Rightarrow I_8 = \frac{I_0}{2}$

$I_{CL} = \emptyset$ y $I_{RL} = I_6 + I_8 = \frac{3}{2} I_0 \Rightarrow V_{OAC} = \frac{3}{2} I_0 R_L$

Después del escalón:

$V_1 = 1 \Rightarrow I_{Q_1} \simeq I_0$, $V_2 = \emptyset$, $I_{Q_2} \simeq \emptyset$ $\Rightarrow I_6 \simeq \emptyset$

$V_3 = V_4 = \emptyset \Rightarrow I_8 = \frac{I_0}{2}$

Un dt luego del escalón, C_L será quien entregue corriente a R_L que sera igual a la que entregaba $Q_6 \Rightarrow$

$I_{CL} = -I_0 \Rightarrow$

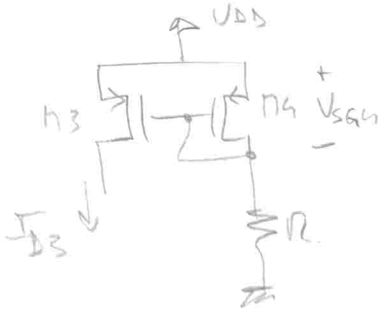
$$SR = \left.\frac{dV}{dt}\right|_{MAX} = \frac{1}{C} \left.\frac{dQ}{dt}\right|_{MAX} = \frac{I_0}{C} \Rightarrow \boxed{SR = \frac{I_0}{C}}$$

Pablo Castro

2do Parcial Electrónica 1 2012

3

(a)



$$I_{D3} = I_{D4} = \frac{\beta_{p34}}{2(1+\delta_p)}\left(V_{SG4} - V_{tp}\right)^2$$

$$I_{D4} = \frac{V_{DD} - V_{SG4}}{R}$$ $\Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{V_{DD} - V_{SG4}}{R} = \frac{\beta_{p34}}{2(1+\delta_p)}\left(V_{SG4} - V_{tp}\right)^2$$

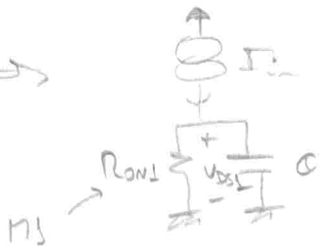
ec. 2do grado en V_{SG4} → 1,44 V ✓

→ 0,17 V ✗ $< V_{tp}$ no es válida

$$\Rightarrow \boxed{I_{D3} = I_{D4} = 104\,\mu A}$$

(b) M1 opera en zona lineal ($V_{DS} \leq 10\,mV$): $R_{ON} = \frac{1}{\beta_n (V_{DD} - V_{tn})}$

$\Rightarrow$



$V_{DS1} \leq 10\,mV \Leftrightarrow I_{in\,max} R_{ON1} \leq 10\,mV$

$$\Rightarrow \beta_n \geq \frac{I_{in\,max}}{10\,mV\,(V_{DD} - V_{tn})} \Rightarrow \boxed{\beta_n \geq 25\,\mu A/V^2}$$

(c) M_2 es un seguidor en señal y un "level shifter" en DC

⇕

$g_{m2} R_S \gg 1$ / $\Rightarrow V_{out}(t) = V_C(t) + V_{SG2}$

$r_{o3} = \infty$

$$V_{SG2} = V_{tp} + \sqrt{\frac{2(1+\delta_p) I_{D3}}{\beta_{p2}}} = 1{,}14\,V$$

$$V_C(t) = V_{C0} + \frac{I_{in}}{C} t \simeq \frac{I_{in}}{C} t$$

$$\Rightarrow \boxed{V_{out}(T_{integ}) = 1{,}14V + \frac{I_{in} T_{integ}}{C}}$$

(d) M3 saturado $\Leftrightarrow V_{DD} - V_{out}(T_{integ}) > V_{SDsat3} = \frac{V_{SG3} - V_{tp}}{1+\delta_p} = 0{,}39V$

$$\Rightarrow T_{integ} \leq \left(\frac{V_{DD} - 1{,}14V - V_{SDsat3}}{I_{in\,max}}\right) C$$

$$\Rightarrow \boxed{T_{integ}\Big|^{max} = 97{,}0\ \mu seg}$$

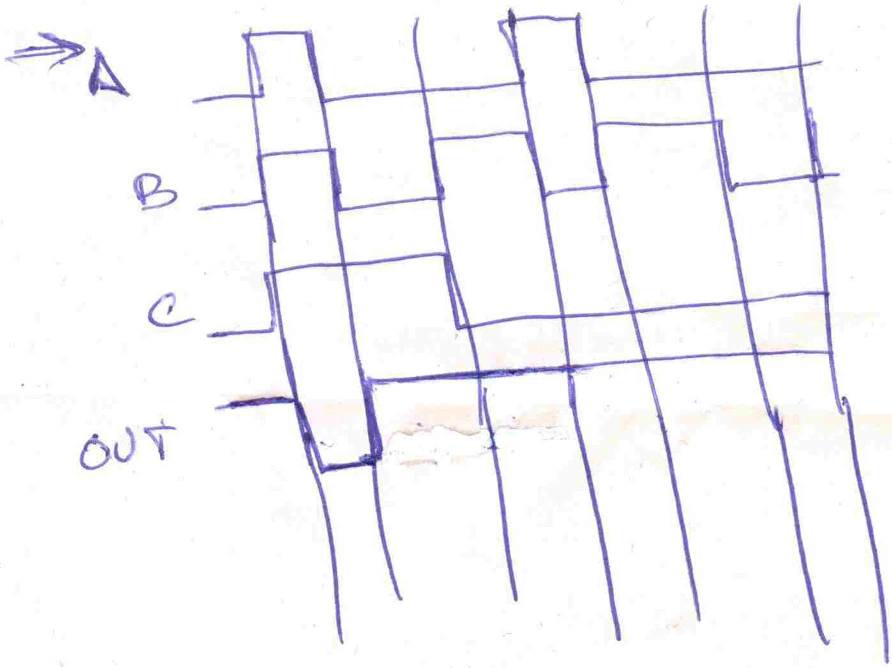
ELECTRONICA 1 2do PARCIAL 2012

PREGUNTA:

a) Mirando nMOS: OUT = 0 ⟺ (A = 1) AND ((B = 1) OR (C = 1))

$\Rightarrow$ OUT = $\overline{A \cdot (B + C)}$

(el mismo resultado se llega mirando pMOS)



b) $P_{\text{dim}} = f \cdot C_L V_{DD}^2 \Rightarrow C_L = \dfrac{6 \cdot T \cdot P_{\text{din}}}{V_{DD}^2}$

$f = \dfrac{1}{6T}$ (por forma de onda de OUT)

c) $T \to T/2 \Rightarrow$ Pdin cambia, Pest no cambia

$\Rightarrow P_{\text{total}} = \dfrac{1}{6\frac{T}{2}} \cdot C_L V_{DD}^2 + P_{\text{est}}$

$= \dfrac{1}{3T} C_L V_{DD}^2 + P_{\text{est}}$