

2do PARCIAL DE ELECTRONICA 1

30/06/2011

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 (29 puntos)

- a) En el circuito de la Fig. 1, R_L es tal que Q_b está en zona activa ¿Cuánto vale la corriente por R_L ? ¿ Qué bloque de circuito implementan Q_a , Q_b y R_1 ?

En lo que sigue se considera el circuito de la Fig. 2. V_{REF} es tal que todos los transistores operan en zona activa.

- b) Calcular la ganancia V_o / V_{in} .
- c) Determinar el mínimo valor de V_{REF} para que se cumpla la hipótesis de que todos los transistores operan en zona activa. Considerar para esta parte que la amplitud de la señal se puede considerar despreciable.
- d) Determinar la excursión a la salida V_o si esta está impuesta por la etapa implementada por Q_2 y V_{REF} tiene el valor hallado en c).

Datos: $V_{CC} = 15V$, $R_C = 8.2\text{ k}\Omega$, $R_1 = 15\text{ k}\Omega$, $C = \infty$, $\beta = 100$, $V_{BE} = 0.7V$, $V_{CESAT} = 0.3V$, $V_A = \infty$.

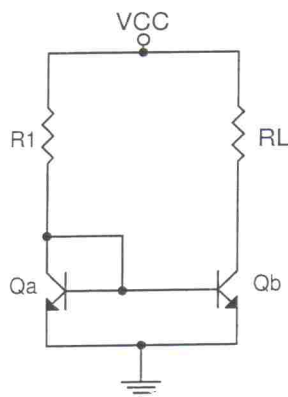


Figura 1

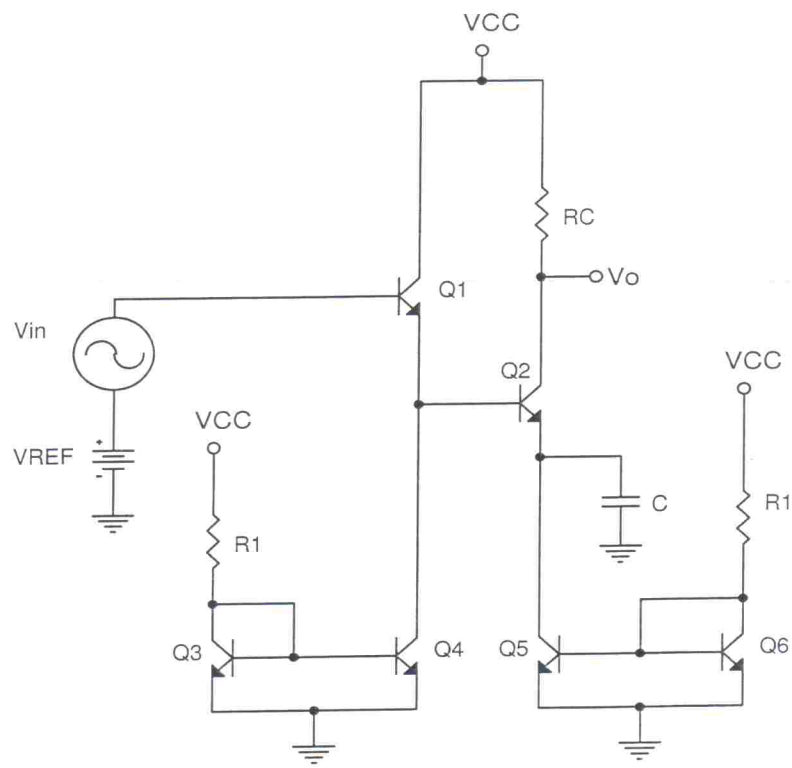
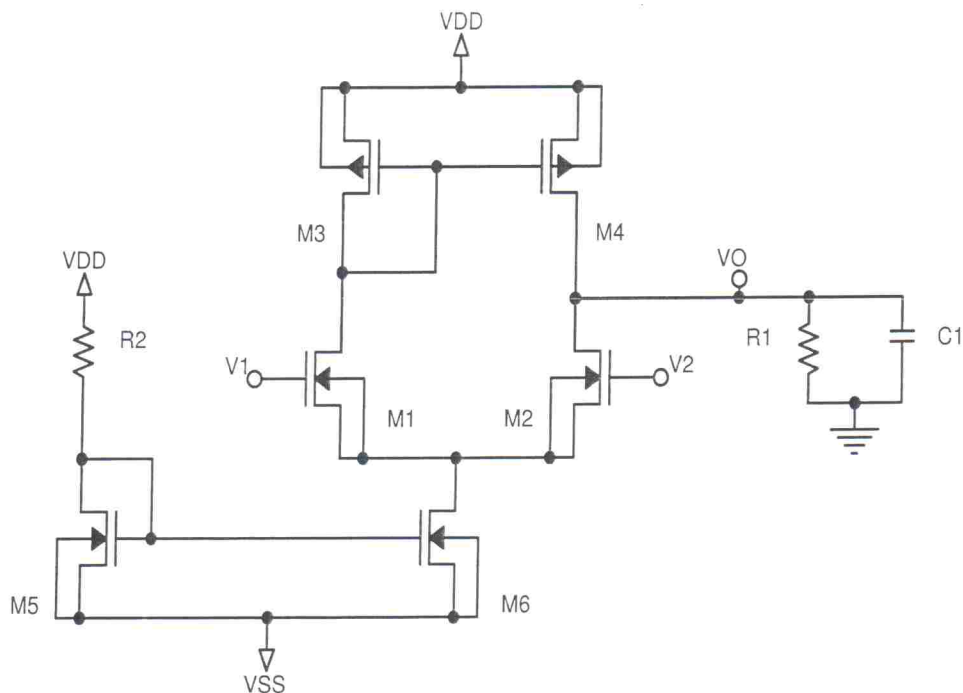


Figura 2

PROBLEMA 2 (29 puntos)

Considere el par diferencial de la figura.



Datos para todos los transistores:

$V_A = \text{infinito}$ (salvo cuando se indica lo contrario)

$|V_t| = 1 \text{ V}$

$\beta = 1 \text{ mA/V}^2$

$\delta = 0$

$R_1 = 100 \text{ k}\Omega$

$C_1 = 100 \text{ pF}$

$R_2 = 5,6 \text{ k}\Omega$

$V_{DD} = 10 \text{ V}$

$V_{SS} = -10 \text{ V}$

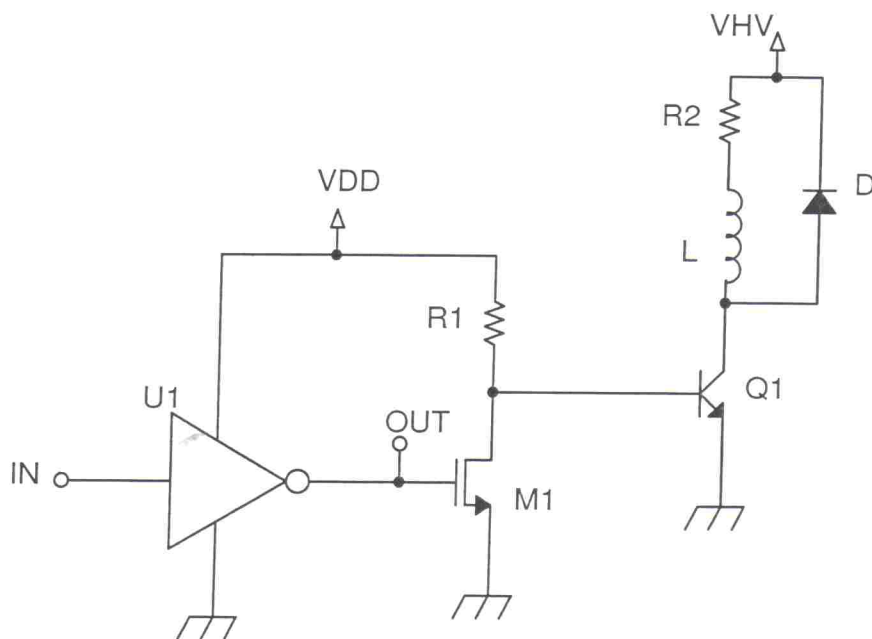
Se pide:

- La corriente por todos los transistores si $V_1 = V_2 = 0$
- La ganancia $V_o/(V_1-V_2)$ en la banda pasante
- La frecuencia de corte y el Slew Rate.
- Si M6 tiene Tensión de Early $V_A = 20 \text{ V}$ calcular el CMRR de la etapa (en la banda pasante)

PROBLEMA 3 (20 puntos)

En el circuito de la Figura un circuito digital U1 comanda un relé (cuya bobina es L) a través de M1 y Q1.

- Determine R1 y R2 para que cuando $OUT = '0'$ el relé este encendido con $I_L = 50 \text{ mA}$ independientemente del valor de β_{Q1} .
- ¿Cuál es el valor máximo admisible de V_{OL} en U1 para que el circuito funcione correctamente?
- ¿Cuál es el valor mínimo admisible de V_{OH} en U1 para que cuando $OUT = '1'$ la tensión de base en Q1 sea 80 mV asegurando que el relé esté francamente apagado?
- ¿Para que sirve el diodo D? Fundamente su respuesta.

**Datos:**

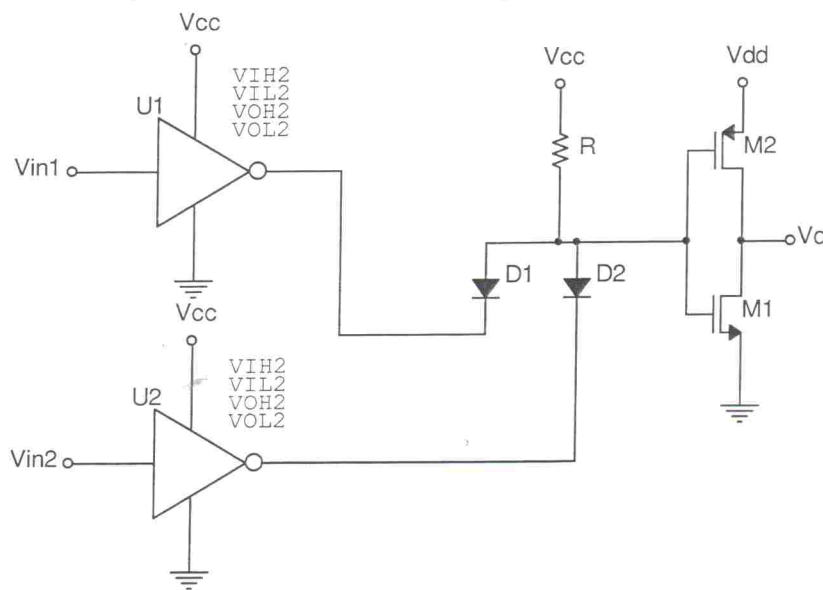
$$V_{DD} = 3.3 \text{ V}, V_{HV} = 80 \text{ V}$$

$$Q1: \beta_{Q1} = 100, V_{BE} = 0.8 \text{ V}, V_{CESAT} = 0.5 \text{ V}$$

$$M1: \beta_{M1} = 50 \text{ mA/V}^2, V_{t0} = 1.2 \text{ V}, \delta = 0$$

PREGUNTA (22 puntos)

- a) Dibuje esquemáticamente la transferencia estática entrada-salida del inversor CMOS. Identifique todos los segmentos de la misma aclarando en que zona trabaja cada uno de los transistores (saturación, lineal, o corte).
Asuma $\beta_n = \beta_p$ y $V_{tn} = |V_{tp}|$.
- b) Defina V_{IL} y explique porque se define de esta forma. Determine V_{IL} para el inversor CMOS.
- c) El circuito de la figura busca implementar en la salida V_o la función lógica OR de las entradas V_{in1} y V_{in2} , solo que la salida se da en rango $0-V_{dd}$ y las entradas son en rango $0-V_{cc}$. Calcule el V_{dd} mínimo para el cual el circuito de la figura funciona correctamente en función del resto de los parámetros. En la misma los diodos tienen una caída V_γ cuando conducen y los inversores $U1$ y $U2$ tienen los parámetros indicados en la figura.



Problema 1)

$$1) V_{BEQa} = V_{BEQb} \Rightarrow I_{CQa} = I_{Cab}$$

$$I_{CQa} = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_1}$$

$$I_{RC} = I_{Cab} = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_1} = 0,95 \text{ mA}$$

Q_2, Q_3, R_1 implementan una fuente de corriente

$$2) \frac{V_O}{V_{in}} = \frac{V_{E1}}{V_{in}} \cdot \frac{V_O}{V_{E1}}$$

$$r_{\pi 1} = r_{\pi 2} = 2,7 \text{ k}\Omega$$

$$g_{m1} = g_{m2} = g_m = 37 \text{ mS}^{-1}$$

$$\frac{V_{E1}}{V_{in}} = \frac{g_{m1} R_{VE1}}{1 + g_{m1} R_{VE1}}$$

R_{VE1} - Resistencia desde el emisor de Q_1

$$R_{VE1} = r_{oQ1} \parallel r_{\pi Q2} \underset{V_A = \infty}{=} r_{\pi Q2}$$

$$\frac{V_O}{V_{E1}} = -g_m R_C$$

$$\frac{V_{E1}}{V_{in}} = \frac{g_{m1} \frac{R}{g_{m2}}}{1 + g_{m1} \frac{R}{g_{m2}}} \equiv 1$$

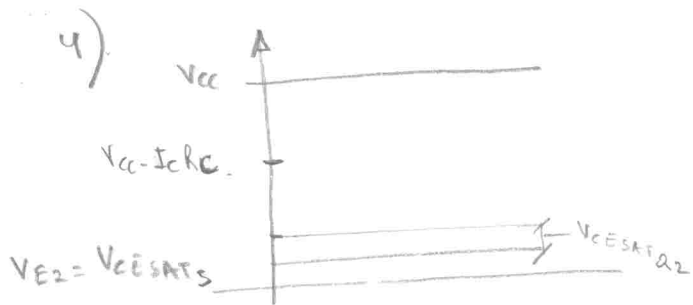
$$\frac{V_O}{V_{in}} = -g_m R_C = -300 \frac{V}{V}$$

3) Camino $Q_1 \rightarrow Q_4$

$$V_{REF} > V_{BE1} + V_{CESAT4} = 1 \text{ V}$$

$Q_1 \rightarrow Q_2 \rightarrow Q_3$

$$V_{REF} > V_{BE1} + V_{BE2} + V_{CESAT5} = \underline{1,7 \text{ V}} \quad | \quad \text{Más restrictivo}$$

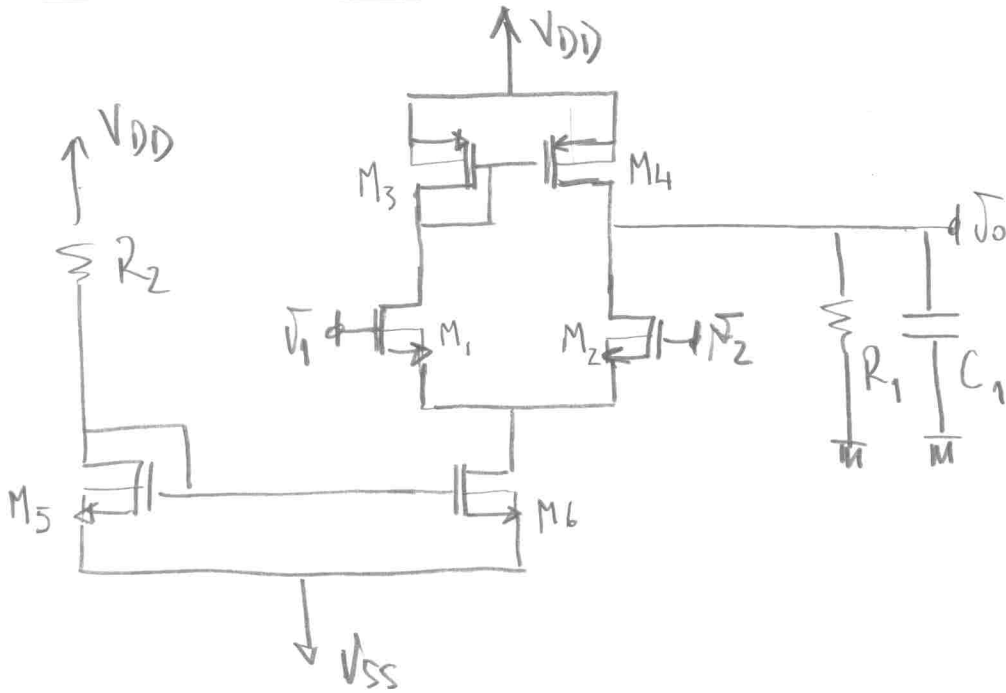


$$V_{p \text{ positivo max}} = V_{cc} - (V_{cc} - I_c R_c) = R_c I_c = R_c \cdot \frac{V_{cc} - V_{CE}}{R_1} = 7,8V$$

$$V_{p \text{ negativo max}} = (V_{cc} - I_c R_c) - (V_{E2} + V_{CE \text{ SAT } Q2}) = V_{cc} - 2V_{CE \text{ SAT}} - R_c \frac{V_{cc} - V_{CE}}{R_1} = 6,6V$$

$$\text{max excursion} = 6,6V_p$$

Problema 2



Datos

- $\cdot V_A = \infty$
- $\cdot V_{T0} = 1V$
- $\cdot \beta = 1mA/V^2$
- $\cdot \gamma = 0$
- $R_1 = 100k\Omega$
- $R_2 = 5,6k\Omega$
- $C_1 = 100pF$
- $V_{DD} = 10V = -V_{SS}$

(a) $R_2 I_{D5} + V_{GS5} = V_{DD} - V_{SS}$
 $R_2 \frac{\beta}{2} (V_{GS5} - V_T)^2 + V_{GS5} = V_{DD} - V_{SS}$

$$\Rightarrow \left(\frac{R_2 \beta}{2} \right) V_{GS5}^2 + \left(1 - \frac{R_2 \beta V_T}{2} \right) V_{GS5} + \left(\frac{R_2 \beta V_T^2}{2} - (V_{DD} - V_{SS}) \right) = 0$$

$$\Rightarrow \boxed{V_{GS5} = 3,43V} \quad (\text{solución } V_{GS} > 0)$$

$$\boxed{I_{D5} = 3mA}$$

	M1, M2, M3, M4	M5, M6
I_D	1,5 mA	3 mA

(b) $g_{m1}(\bar{v}_1 - \bar{v}_2)$

$$g_{m1} = \sqrt{2\beta I_{D1}} = 1,7mS$$

$$\frac{v_0}{\bar{v}_1 - \bar{v}_2} = g_{m1} R_1 = 172 \frac{V}{V}$$

GANANCIA FREC MEDIAS.

(c) $\frac{v_0}{\bar{v}_1 - \bar{v}_2} = \frac{g_{m1} R_1}{R_1 C_1 s + 1}$

$$f_{-3dB} = \frac{1}{2\pi R_1 C_1} = 16 kHz$$

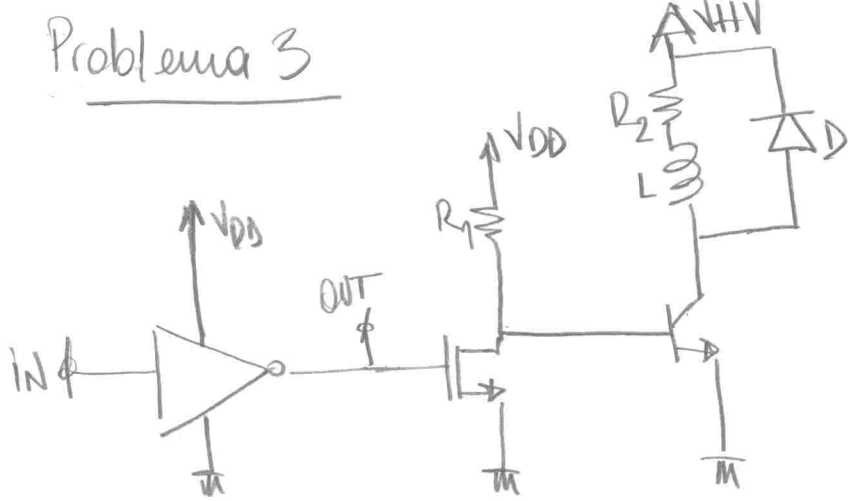
SLEW-RATE

$$SR = \frac{I_{D6}}{C_1} = 30V/\mu s$$

(d) $CMRR = \infty$

CFE
E. FIERRO

Problema 3



DATOS

$V_{DD} = 3.3V$ $V_{HV} = 80V$

$Q1: \beta_Q = 100, V_{BE} = 0.8V, V_{CESAT} = 0.5V$

$M1: \beta_m = 50 \text{ mA/V}^2, V_{TO} = 1.2V, \delta = 0$

(a) $OUT = '0'$

$I_C = 50 \text{ mA}$. $\rightarrow Q$: saturado
 indep de β

$I_C = \frac{V_{HV} - V_{CESAT}}{R_2} \rightarrow R_2 = 16K$

$I_B = \frac{V_{DD} - V_{BE}}{R_1} \gg \frac{I_C}{\beta_Q}$

$\rightarrow \frac{V_{DD} - V_{BE}}{R_1} \approx \frac{10 I_C}{\beta_Q} \Rightarrow R_1 = \frac{(V_{DD} - V_{BE}) \beta_Q}{10 I_C}$

$\Rightarrow R_1 = 500 \Omega$

(b) $V_{OB} / M1 \text{ OFF} \rightarrow V_{OLmax} < V_{TO} = 1.2V$

(c) $V_B = 80 \text{ mV} \rightarrow V_{GSmin} = 80 \text{ mV} \rightarrow$ $\left. \begin{array}{l} M1: \text{ZONA LINEAL} \\ Q: \text{OFF} \Rightarrow I_B = I_C = 0 \end{array} \right\}$

$V_B = \frac{V_{DD} R_{on}}{R_{on} + R_1} \rightarrow \frac{1}{R_{on}} = \beta_m (V_{GS} - V_T) = \frac{V_{DD} - V_B}{V_B R_1} \Rightarrow V_{GSmin} = V_T + \frac{V_{DD} - V_B}{\beta_m V_B R_1} \Rightarrow V_{GSmin} = V_{GSmin} = 2.8V$
 ($V_{DS} < V_{DSAT} \text{ OK}$)
 $V_{GS} - V_T$

(d) El diodo permite un camino a la corriente por la bobina cuando el transistor Q está apagado, impidiendo que se genere una gran diferencia de potencial en sus bornes debido a una eventual discontinuidad en la corriente de colector.

gff
 6fiero

Pregunta

a) Ver teórico

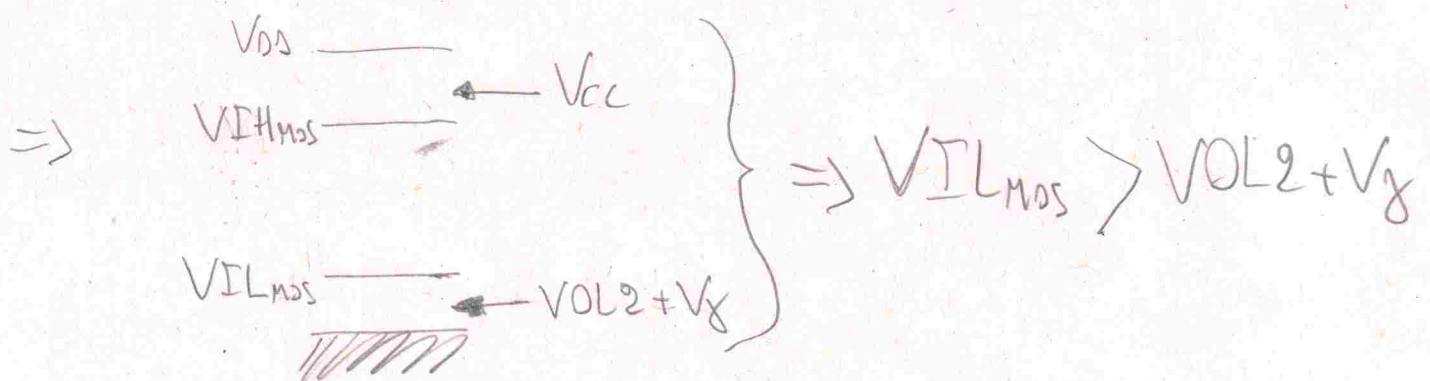
b) // //

c) Cuando a la salida de ambos inversores tenemos V_{OH2}

$\Rightarrow D_1 \times D_2 \text{ off} \Rightarrow$ La entrada al inversor MOS es V_{CC}

Cuando al menos uno de los inversores tiene a la salida

$V_{OL2} \Rightarrow$ La entrada al inversor MOS es $V_{OL2} + V_{\gamma}$

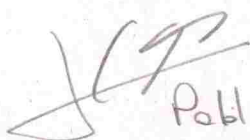


De la parte b)

$\Rightarrow V_{IL_{MOS}} = \frac{1}{8}(3V_{DD} + 2V_{\gamma}) > V_{OL2} + V_{\gamma}$

$\Rightarrow V_{DD} > \frac{1}{3} [8(V_{OL2} + V_{\gamma}) - 2V_{\gamma}]$

$V_{IH_{MOS}}$ impone un máximo de V_{DD} pero no influye en el mínimo. ya que la condición sería $V_{IH_{MOS}} < V_{CC}$


Pablo Castro