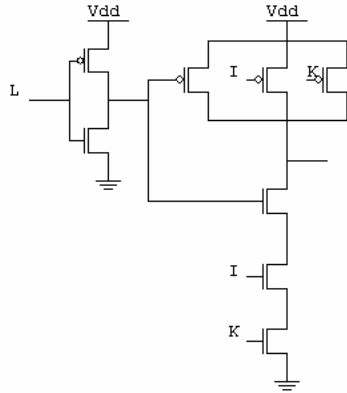
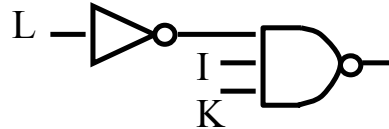


Soluzioni esame del 19 Settembre 2003
Elettronica LB, Circuiti Digitali LA e Elettronica II (vecchio ordinamento)

Esercizio A x Elettronica II e CDLA

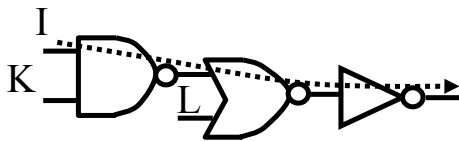
ELE2 Si realizzi la stessa funzione logica usando al massimo 2 stadi. Si mostri la realizzazione a transistor

$$\begin{aligned} \overline{\overline{(I \cdot K) + L}} &= \overline{(I \cdot K) + L} = I' + K' + L = \\ &= \overline{I + K + L} = \overline{I \cdot K \cdot L} \end{aligned}$$



Esercizio A x Elettronica LB

LB: Si dimensioni la cascata di gates in figura a ritardo minimo ($CL=1pF$, $CL/CIN=50$).



1 2 3

$$\begin{aligned} g_1 &= 4/3 & g_2 &= 5/3 & g_3 &= 1 \\ G &= g_1 * g_2 * g_3 = 20/9 & B &= 1 & F &= C_L / C_{IN} = 50 \\ N &= 3 \end{aligned}$$

$$h = \sqrt[N]{FGB} = \sqrt[3]{\frac{C_L}{C_{IN}} GB} = \sqrt[3]{50 \cdot \frac{20}{9} \cdot 1} = \frac{10}{3} = 3,33$$

$$h = h_i = g_i f_i b_i = g_i \frac{C_{i+1}}{C_i} b_i$$

$$f_3 = \frac{C_L}{C_{IN3}} \quad e \quad f_3 = \frac{h}{g_3 b_3} = \frac{h}{1 \cdot 1} = \frac{10}{3}$$

$$C_{IN3} = \frac{C_L}{h} = \frac{1 \text{ pF}}{10/3} = 0,3 \text{ pF} = 300 \text{ fF} \quad C_{IN3} = C_{ox} L^2 (Sn_3 + Sp_3) = C_{ox} L^2 Sn_3 \cdot (1 + \alpha) = 3 \cdot C_{ox} L^2 Sn_3$$

$$Sn_3 = \frac{C_{IN3}}{3 \cdot C_{ox} L^2} = \frac{C_{OUT}}{h} \cdot \frac{1}{3 \cdot C_{ox} L^2} = \frac{300 \text{ fF}}{3 \cdot 3,45 \frac{\text{fF}}{\mu\text{m}^2} \cdot 0,35^2 \mu\text{m}^2} = \frac{300 \text{ fF}}{1,267875 \text{ fF}} \approx 236,62 \rightarrow 237 \quad Sp_3 = 474$$

$$f_2 = \frac{C_{IN3}}{C_{IN2}} = \frac{C_L}{h \cdot C_{IN2}} \quad e \quad f_2 = \frac{h}{g_2 b_2} = \frac{10/3}{\frac{5}{3} \cdot 1} = 2$$

$$Sp_2 = 2S_{peq} = 2 \cdot \alpha S_{neq} = 2 \cdot \alpha Sn_2 \quad Sp_2 = 4 Sn_2$$

$$C_{IN2} = C_{ox} L^2 (Sn_2 + Sp_2) = C_{ox} L^2 Sn_2 \cdot (1 + 4) = 5 \cdot C_{ox} L^2 Sn_2$$

$$Sn_2 = \frac{C_{IN2}}{5 \cdot C_{ox} L^2} = \frac{C_{IN3}}{f_2} \cdot \frac{1}{5 \cdot C_{ox} L^2} = \frac{300 \text{ fF}}{2 \cdot 5 \cdot 0,422625 \text{ fF}} \approx 70,98 \rightarrow 71 \quad Sp_2 = 284$$

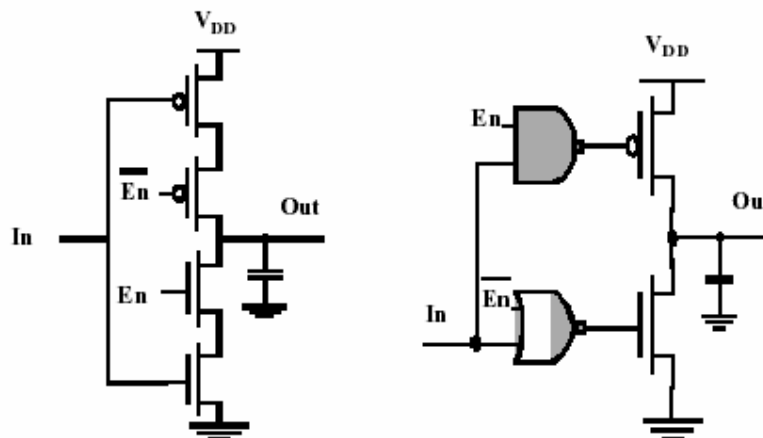
$$C_L = 1 \text{ pF}, C_L / C_{IN} = 50 \rightarrow C_{IN} = \frac{C_L}{50} = \frac{1 \text{ pF}}{50} = 0,02 \text{ pF} = 20 \text{ fF}$$

$$Sp_1 = S_{peq} = \alpha S_{neq} = \alpha \frac{Sn_1}{2} \quad Sp_1 = Sn_1$$

$$C_{IN} = C_{ox} L^2 (Sn_1 + Sp_1) = C_{ox} L^2 Sn_1 \cdot (1 + 1) = 2 \cdot C_{ox} L^2 Sn_1$$

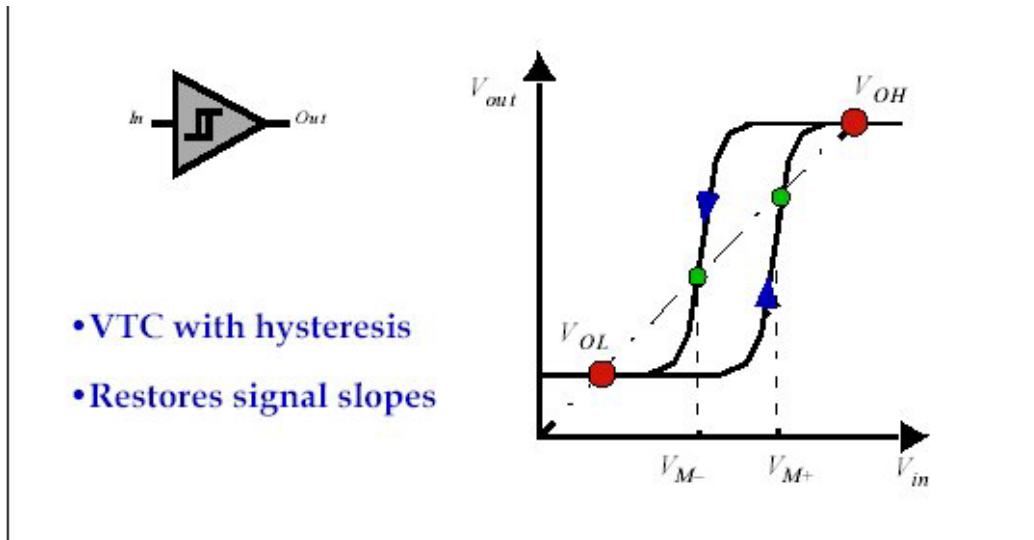
$$Sn_1 = \frac{C_{IN}}{2 \cdot C_{ox} L^2} = \frac{20 \text{ fF}}{2 \cdot 0,422625 \text{ fF}} \approx 23,66 \rightarrow 24 = Sp_1$$

Buffer tri-state: 2 possibili implementazioni (una ad area minima).



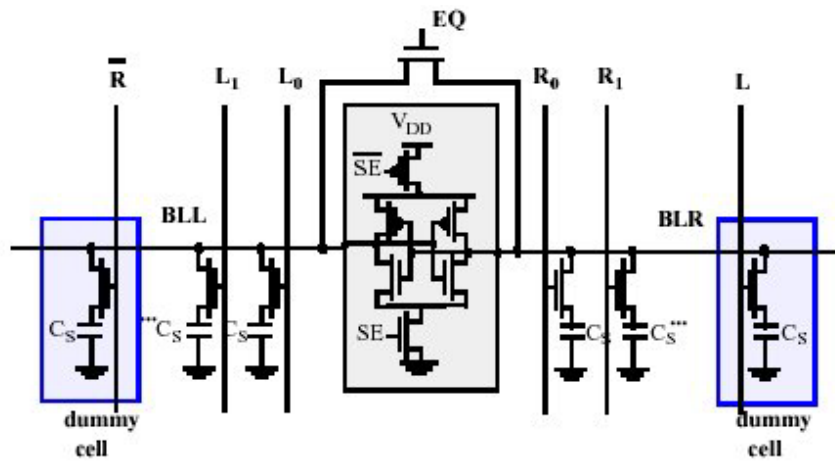
Attraverso il buffer tri-state è possibile disconnettere elettricamente il nodo di uscita, che è perciò flottante, dall'ingresso

Schmitt trigger



Utilizzo pratico: ripulisce segnali rumorosi all'ingresso grazie all'effetto d'isteresi

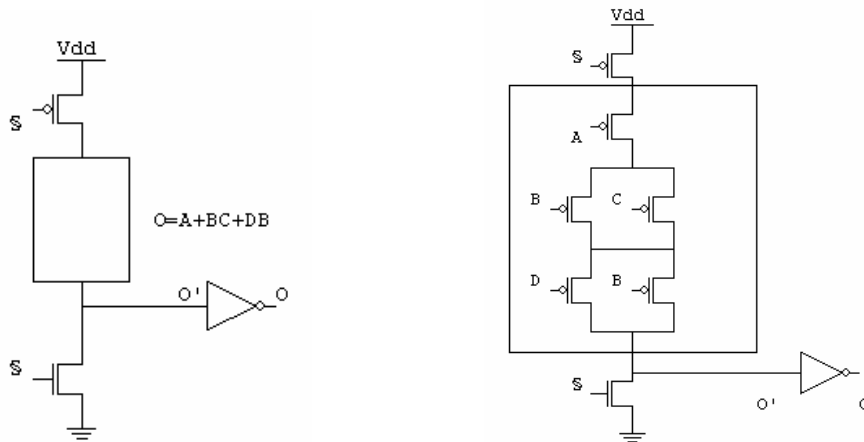
DRAM



Le celle dummy servono per ridurre il modo differenziale nella lettura delle celle della DRAM

Esercizio I.

1) $O' = A + BC + DB$



2) $R_{eq} = 4R_p$

I metodo: Calcolo della resistenza equivalente.

Il testo assegna $t_{90\%} = 200 \text{ psec}$. So che $t_{90\%} = C_{INV} R_{eq} \ln 10$. Dunque

$$R_{eq} = \frac{t_{90\%}}{\ln 10 \cdot C_{INV}} = \frac{200 \text{ ps}}{100 \text{ fF} \cdot 2,3} = \frac{200 \cdot 10^{-12}}{2,3 \cdot 100 \cdot 10^{-15}} = \frac{2 \cdot 10^3}{2,3} = 869,57 \Omega$$

In generale:

$$S_n = \frac{R_{eq,rif}}{R_n} S_{rif} \quad S_p = \frac{R_{eq,rif}}{p} S_{rif} \quad \text{Trovate } R_n \text{ e } R_p \text{ so che}$$

Nel compito ho $R_{eq,rif} = R_{eq}(V_{gs} = |V_{dd}|, 90\%, S=1)$ ovvero è data al 90% dello Swing Logico (ovvero della massima escursione in salita o discesa) e con dimensionamento di riferimento $S=W/L=1$. Ed è pari a 5,39 K Ω per il transistor n-channel, mentre a 10,78 K Ω per il p-channel.

Pull-Up: $R_{eq} = 4R_p$

$$R_p = \frac{R_{eq}}{4} \approx 217,4 \Omega$$

Perciò:

$$S_p = \frac{R_{eq,rif}}{R_p} S_{rif} = \frac{10,78 \text{ k}\Omega}{217,4 \Omega} \cdot 1 \cong 49,588 \Omega \rightarrow 50$$

oppure $W_p \approx 50 \cdot 0,35 \mu\text{m} = 17,5 \mu\text{m}$

II metodo. Uso il transitorio di salita e discesa.

Riconduco il mio circuito (1) ad un invertitore equivalente di caso peggiore (cammino più lungo ovvero maggior numero di transistor in serie).

$S_{peq} = S_p/4$. Ho $t_r = t_{90\%}$ allora ho che

$$t_{90\%} = \frac{2C_L}{K'_p \frac{W_{peq}}{L_{min}}} \cdot F_p = \frac{2C_L}{K'_p S_{peq}} \cdot F_p$$

Mi calcolo F x comodità:

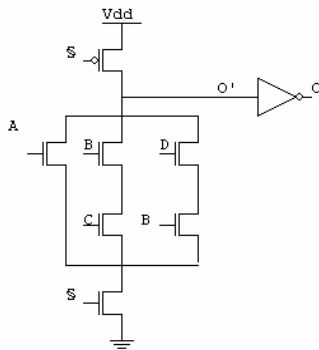
$$F \cong 0.62...$$

$$t_{90\%} = \frac{2C_{INV}F}{K'_p \cdot S_{peq}} \Rightarrow S_{peq} = \frac{2C_{INV}F}{K'_p \cdot t_{90\%}} = \frac{2 \cdot 100 \cdot 10^{-15} \cdot 0.62}{50 \cdot 10^{-6} \cdot 200 \cdot 10^{-12}} \cong 12,4$$

$$S_p = 4S_{peq} = 49,6 \rightarrow 50$$

3) L'invertitore commuta prima (considerando la fase di valutazione e ovviamente siamo nel caso peggiore, cioè con nodo O' inizialmente scarico e combinazione degli ingressi che implica la carica del nodo stesso) se la sua soglia logica è più bassa (0,4 Vdd) e quindi il gate può operare a maggior frequenza.

4)



Esercizio L

$$1) O = \overline{ACE + BCD + AB + ED}$$

2) La rete di PD è attiva x la condizione dell'ingresso espressa dalla seguente equazione degli ingressi $\overline{ACE + BCD + AB + ED}$. Viceversa la rete di PU è attiva per $(\overline{A + C + E})(\overline{B + C + D})(\overline{A + B})(\overline{D + E})$. Moltiplico le due espressioni per verificare le intersezioni:

$$(\overline{A + C + E})(\overline{B + C + D})(\overline{A + B})(\overline{D + E})(ACE + BCD + AB + ED) = \dots = 0$$

...

$$3) g = \frac{n_n + \alpha \cdot n_p}{1 + \alpha} = 3 \text{ infatti } S_{peq} = S_p/3 \text{ } S_{neq} = S_n/3 \text{ e } \alpha = 2$$

$$4) R_n = R_{eq}/3 \text{ } R_p = R_{eq}/3 \text{ } t_{90\%} = C_L R_{eq} \ln 10$$

$$R_{eq} = \frac{t_{90\%}}{\ln 10 \cdot C_L} = \frac{500 \text{ ps}}{400 \text{ fF} \cdot 2,3} = \frac{500 \cdot 10^{-12}}{2,3 \cdot 400 \cdot 10^{-15}} = \frac{5 \cdot 10^3}{4 \cdot 2,3} = 543,5 \Omega$$

$$S_n = \frac{R_{eq, rif}}{R_n} S_{rif} = 3 \frac{5,39 \text{ k}\Omega}{543,5 \Omega} \cdot 1 \cong 29,75 \rightarrow 30$$

$$S_p = 60$$