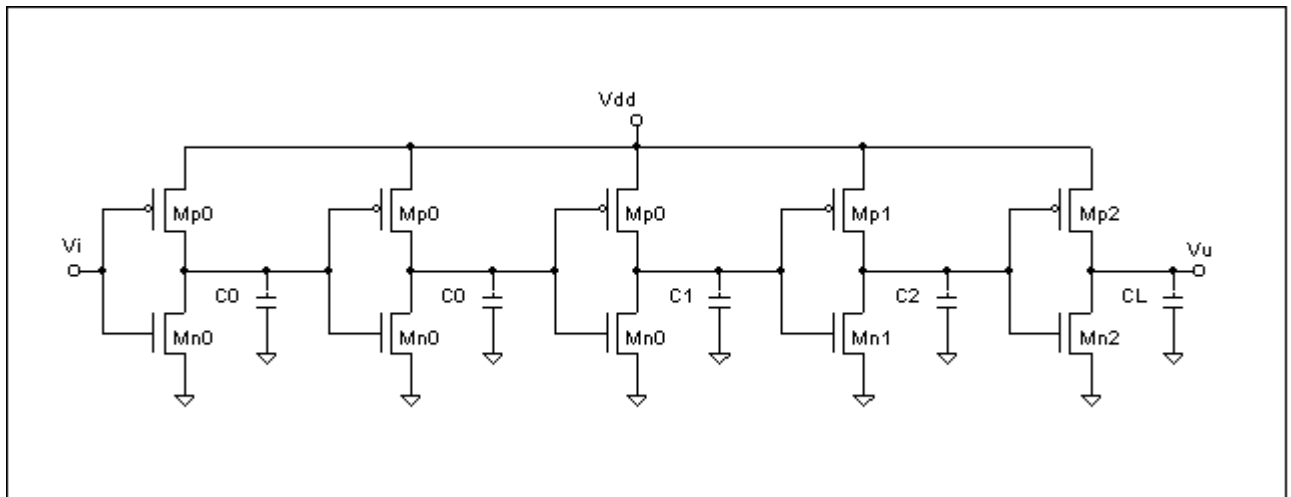


PARTE PRIMA



- 1) Nel circuito in figura, i transistori MOS sono caratterizzati dai coefficienti β e dalla stessa tensione di soglia $V_{Tn} = |V_{Tp}| = V_T$. Si determinino le larghezze di canale W di ciascun transistorore in maniera tale che il tempo complessivo di propagazione attraverso la catena sia pari a 200 ps.
- 2) Assumendo inoltre che il segnale di ingresso abbia andamento periodico, si determini la massima frequenza di tale segnale tale da mantenere la potenza media dissipata dall'intero circuito inferiore o uguale a 5 mW.
- 3) Si calcolino infine, a scopo di verifica, i valori dei tempi di propagazione di ciascuno stadio.

Ai fini delle considerazioni di cui sopra, si assuma:

- che i tempi di propagazione di ciascuno stadio possano essere approssimati al caso ideale (ingresso a gradino);
- che, ai fini del calcolo delle capacità di ingresso di ciascuno stadio, il gate di ciascun transistorore possa essere approssimato da una capacità costante: $C_G = \epsilon_{ox}/t_{ox} W \times L$;
- che ciascun transistorore abbia lunghezza di canale minima ($L = L_{min}$);
- che sia trascurabile, ai fini del calcolo della potenza dinamica media, il contributo della potenza di "corto circuito";
- sia inoltre, ai fini della minimizzazione del tempo di propagazione, $C_L/C_2 = C_2/C_1 = C_1/C_0$.

$V_T = 0.6 \text{ V}$,
 $V_{DD} = 3.5 \text{ V}$,
 $C_L = 1 \text{ pF}$,
 $L_{min} = 1 \text{ } \mu\text{m}$,
 $\mu_n = 600 \text{ cm}^2/(\text{V s})$,
 $\mu_p = 600 \text{ cm}^2/(\text{V s})$,
 $t_{ox} = 6 \text{ nm}$,
 $\epsilon_{ox} = 34.554 \text{ pF/m}$.

ESD 17/4/03

Ciascuno stadio è un invertitore CMOS - Per semplicità, si è assunto $\mu_n = \mu_p \rightarrow$ conviene ipotizzare $W_n = W_p \rightarrow \beta_n = \beta_p$

In questo caso, il tempo di propagazione vale, per ciascuno stadio

$$t_p = \frac{C}{\beta} \left\{ \frac{2V_T}{(V_{DD} - V_T)^2} + \frac{\log((3V_{DD} - 4V_T)/V_{DD})}{(V_{DD} - V_T)} \right\} = \frac{C}{\beta} \cdot \alpha$$

0.432

Quindi:

$$t_{ptot} = \left(2 \frac{C_0}{\beta_0} + \frac{C_1}{\beta_0} + \frac{C_2}{\beta_1} + \frac{C_L}{\beta_2} \right) \alpha = \left(2 \frac{C_0}{\beta_0} + \frac{C_1}{C_0} \frac{C_0}{\beta_0} + \frac{C_2}{C_1} \frac{C_1}{\beta_1} + \frac{C_L}{C_L} \frac{C_L}{\beta_2} \right) \alpha$$

con $\frac{C_1}{C_0} = \frac{C_2}{C_1} = \frac{C_L}{C_2} = K$

Ipotesi:

$$\frac{C_i}{\beta_i} = \frac{C_{ox} W_i L_{min}}{\beta_i C_{ox} \mu W_i L_{min}} = \frac{L_{min}^2}{\mu} = \text{cost} \rightarrow \frac{C_1}{\beta_1} = \frac{C_2}{\beta_2} = \frac{C_0}{\beta_0}$$

$$\rightarrow t_{ptot} = \frac{C_0}{\beta_0} (2 + 3K) \alpha = 200 \text{ ps} \rightarrow K = 3.96$$

$$\text{e } t_{p0} = \frac{C_0}{\beta_0} \alpha = 14.4 \text{ ps}, \quad t_{p1} = t_{p2} = t_{pL} = K t_{p0} = 57.04 \text{ ps}$$

$$t_{p1} = \frac{C_1}{\beta_1} \alpha \rightarrow \beta_2 = 7.57 \text{ mA/V}^2 \rightarrow W_2 = 21.9 \mu \rightarrow C_2 = 2 C_{ox} W_2 L = 252.4 \text{ fF}$$

$$\beta_1 = \frac{\beta_2}{K} = 1.91 \text{ mA/V}^2 \rightarrow W_1 = 5.53 \mu \rightarrow C_1 = 63.7 \text{ fF}$$

$$\beta_0 = \frac{\beta_1}{K} = 482.1 \mu\text{A/V}^2 \rightarrow W_0 = 1.39 \mu \rightarrow C_0 = 16.07 \text{ fF}$$

Potenza dissipata, per ciascuno stadio: $p = C \beta V_{DD}^2$

$$P_{tot} = (2C_0 + C_1 + C_2 + C_L) f V_{DD}^2 \rightarrow f \leq \frac{P_{max}}{V_{DD}^2 (2C_0 + C_1 + C_2 + C_L)} = 302.7 \text{ MHz}$$