

Dodatak na 3. zadatak

- disipacija za sledeću dimenziju za simetrično kašnjenje

Odrediti srednju snagu koja se disipira na tranzistorima prvog invertora u lancu, ako su invertori deo integrisanog kola koje radi na učestanosti $f_{clk} = 500 \text{ MHz}$, a verovatnoća promene signala na ulazu u invertorski par sa "1" na "0", tj. pravene izlaza prvog invertora sa "0" na "1" iznosi $P_{0 \rightarrow 1} = 0,1$

Poručilo je: $V_{DD} = 1,8 \text{ V}$, maksimalna struja direktnog putanja u trenutima prelaza je $I_{sc, peak} = 20 \text{ mA}$, trajanja uzlaza i silazne ivice ulaznog signala $t_r = t_f = 50 \text{ ps}$, struja curenja kroz invertor $I_{leak} = 500 \text{ pA}$.

- Ukupna snaga $P = P_{dyn} + P_{sc} + P_{stat}$
dinamička potrošnja statička potrošnja

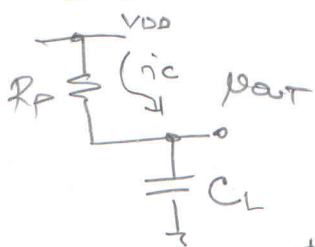
P_{dyn} - srednja snaga koja se disipira usled promena i prañjenja kapacitivnosti

P_{sc} - srednja snaga koja se disipira tokom prelaza ulaznog signala sa 0 na 1 i sa 1 na 0 dok su oba tranzistora delimično uključeni

P_{stat} - srednja snaga koja je posledica struje curenja

Energija koja se kopi iz napajanja:

P_{dyn} :
Izlaz 1. inv 0 \rightarrow 1



$$E_{VDD} = \int_0^{\infty} V_{DD} i_c(t) dt = \int_0^{\infty} V_{DD} \cdot C_L \frac{dV_{out}}{dt} dt =$$

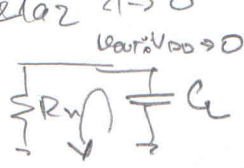
$$= \int_0^{\infty} V_{DD} \cdot C_L \cdot dV_{out} = C_L \cdot V_{DD}^2, \text{ od toga na}$$

promenjuje C_L ide:

$$E_C = \int_0^{\infty} V_{out}(t) i_c(t) dt = \int_0^{\infty} V_{out}(t) C_L \frac{dV_{out}}{dt} dt = \int_0^{\infty} C_L \cdot V_{out} dV_{out} = C_L \frac{V_{DD}^2}{2}$$

$$E_{RP} = E_{VDD} - E_C = C_L V_{DD}^2 / 2.$$

zlat 1 → 0



$$E_{km} = E_c = C_c \frac{V_{DD}^2}{2}$$

pa se na tranzistorima dissipira:

$$E_{dym} = E_{von} = C_c \cdot V_{DD}^2$$

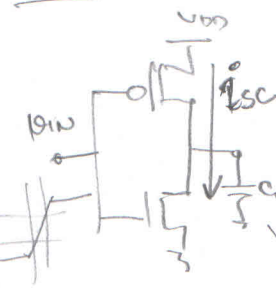
Srednja snaga: $P_{dym} = \int_{0 \rightarrow 1} E_{dym} = f_{clk} \cdot E_{dym} =$

$$= f_{clk} \cdot C_c \cdot V_{DD}^2 = 2,469 \mu W$$

$\begin{matrix} \nearrow & \nearrow & \nearrow \\ 0.1 & 500 \text{ MHz} & 7.9 \text{ fF} & 2.5 \text{ V} \end{matrix}$

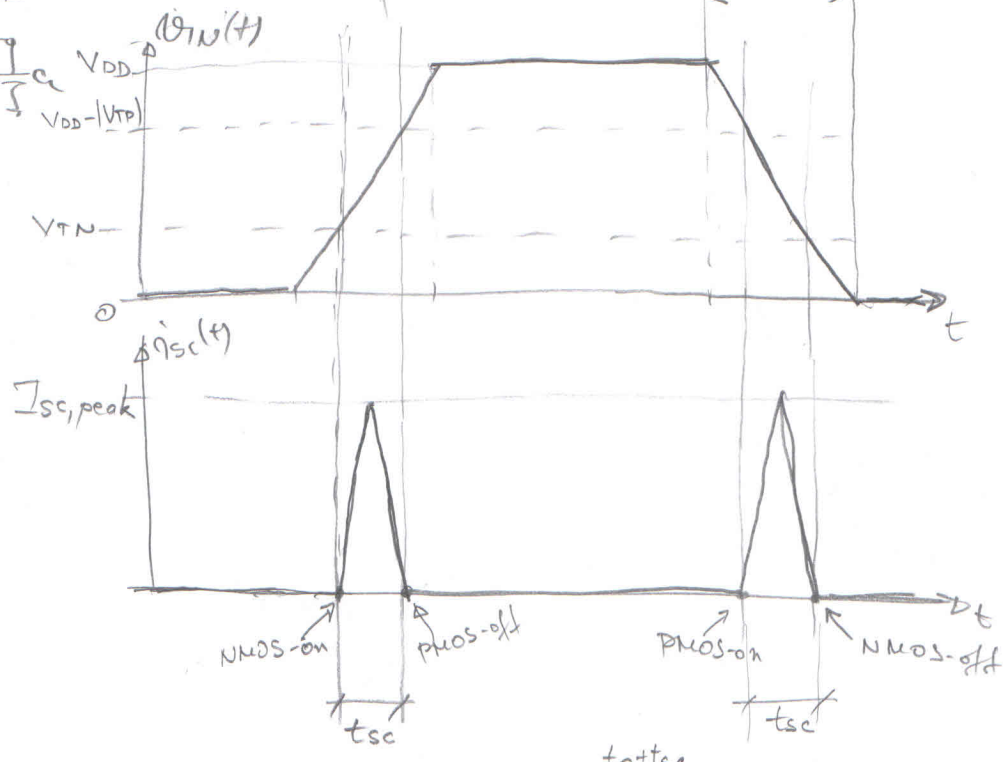
4.09

P_{sc}:



$$i_{sc}(t) = \frac{V_{DD}}{R_{n1}(t) + R_{p1}(t)}$$

Može se aproksimirati:



$$E_{sc} = E_{sc0 \rightarrow 1} + E_{sc1 \rightarrow 0} = 2 \cdot E_{sc0 \rightarrow 1} = 2 \cdot \int_{t_0}^{t_0+t_{sc}} V_{DD} \cdot i_{sc}(t) dt = 2 \cdot V_{DD} \cdot \frac{I_{sc,peak} \cdot t_{sc}}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E_{sc} = t_{sc} \cdot I_{sc,peak} \cdot V_{DD}$$

$$t_{sc} = ? \quad t_r = t_f = 0,8 \Delta t \Rightarrow \Delta t = \frac{t_{r,f}}{0,8}$$

$$t_{sc} = \frac{V_{DD} - |V_{TP}| - V_{TN}}{V_{DD}} \cdot \Delta t = \frac{V_{DD} - |V_{TP}| - V_{TN}}{V_{DD}} \cdot \frac{t_{r,f}}{0,8} = 25,7 \text{ ps}$$

$$P_{sc} = f_{0 \rightarrow 1} \cdot E_{sc} = f_{0 \rightarrow 1} \cdot t_{sc} \cdot I_{sc,peak} \cdot V_{DD} = 46,26 \mu W$$

Statička disipacija je $P_{stat} = I_{stat} \cdot V_{DD} = 0,9 \text{ nW}$
(u novijim tehnologijama je značajno veća → čak dominantnija od dinamičke)

Ukupno: $P = P_{dym} + P_{sc} + P_{stat} = 2,469 \mu\text{W} + 0,046 \mu\text{W} + 0,9 \text{ nW} \Rightarrow$

$$P = 2,515 \mu\text{W}$$