

1. Trajanje kolokvijuma 120 minuta.
2. Kolokvijum se radi u vežbanci.
3. Dozvoljena je upotreba kalkulatora.

Tehnološki parametri izrade MOS tranzistora su: $L=200nm$, $\mu_n C_{ox}=270\mu A/V^2$, $\mu_p C_{ox}=70\mu A/V^2$, $C_{ox}=1\mu F/cm^2$, $V_{Tn}=0.5V$, $V_{Tp}=-0.5V$, $E_c L_n=1.2V$, $E_c L_p=4.8V$, $v_{SAT}=8 \times 10^6$ cm/s, $\lambda \approx 0$.

Zadatak 1 (a-5, b-5, c-5, d-5, e-5 poena)

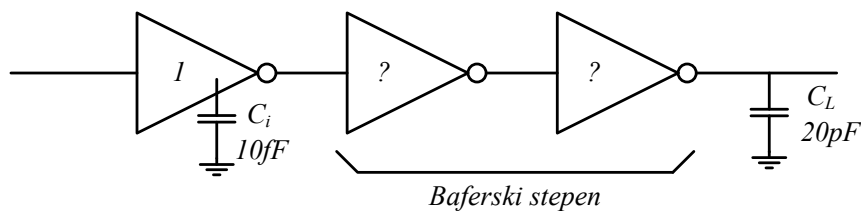
Za kolo CMOS invertora sa $V_{DD}=1.8V$, $Wp=Wn=400nm$:

- a) približno nacrtati karakteristiku prenosa i odrediti vrednosti napona V_{OH} , V_{OL} , V_S ;
- b) napisati izraze na osnovu kojih se izračunavaju vrednosti napona V_{IH} i V_{IL} ;
- c) izračunati dinamičke otpornosti p i n kanalnog tranzistora potrebne za procenu kašnjenja;
- d) izračunati potrebnu odnose širina kanala p i n kanalnog tranzistora da bi se dobilo minimalno srednje kašnjenje;
- e) za CMOS invertor dimenzionisan po rezultatu iz tačke d) i tehnološkim mogućnostima izračunati vrednost praga prebacivanja, V_S .

Zadatak 2 (a-7, b-8 poena)

U cilju poboljšanja dinamičkih karakteristika kola koje treba da radi sa velikom izlaznom kapacitivnošću $C_L=20pF$, na pravilno projektovan CMOS invertor 1 minimalne geometrije i interne kapacitivnosti $C_i=10fF$, izvršeno je dodavanje dvostrukog baferski stepena prema slici 2. Vreme propagacije signala kroz neopterećen invertor 1 je 50ps.

- a) Odrediti veličinu, odnose širine kanala tranzistora ostalih invertora prema tranzistorima jediničnog invertora, kako bi se minimizovalo ukupno vreme propagacije. Koliko je vreme propagacije u tom slučaju?
- b) Ukoliko je moguće dodati proizvoljan broja baferskih stepena u cilju postizanja minimalnog vremena propagacije, koliki broj invertora je potrebno dodati? Koliko je vreme propagacije u tom slučaju? Smatrati $\gamma \approx 1$ i da je ulazna kapacitivnost invertora proporcionalna njegovoj veličini.



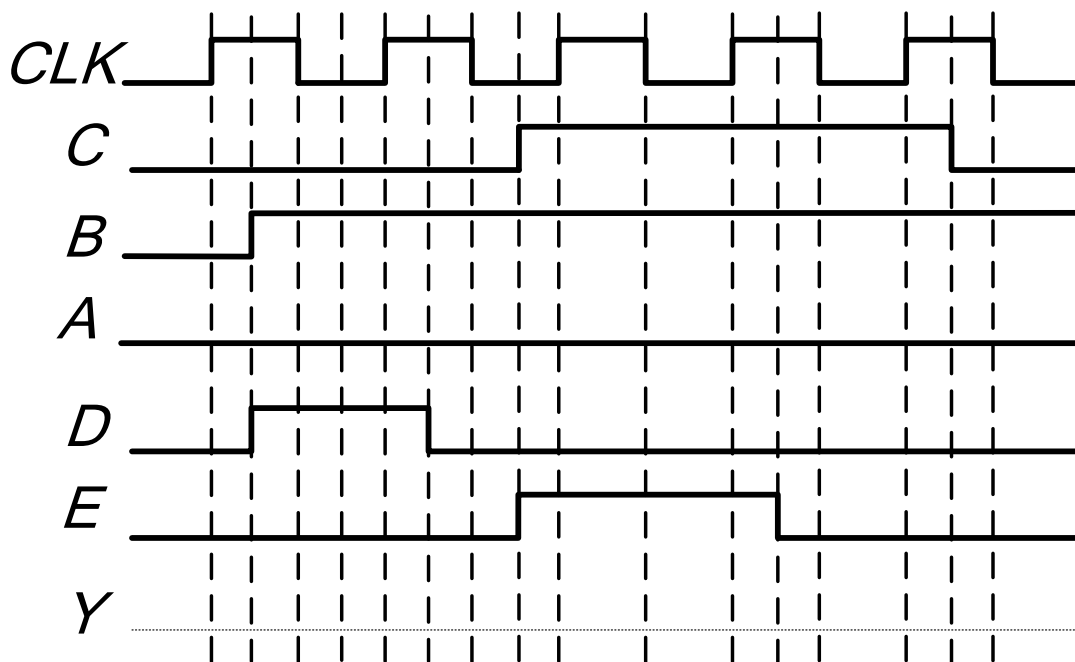
Zadatak 3 (a-10, b-10 poena)

Zadata je logička funkcija $Y = ((AB + C)DE + AC)(B + CD)$.

- a) Nacrtati jednostepeno statičko CMOS logičko kolo koje realizuje logičku funkciju Y. Nije dozvoljeno minimizovati funkciju Y.
- b) Odrediti odnose širina svih tranzistora u realizaciji iz tačke a) tako da kritična kašnjenja uzlazne i silazne ivice budu izjednačena i odgovaraju kašnjenjima referentnog invertora kod koga je $W_p : W_n = 2 : 1$.

Zadatak 4 (a-10, b-10 poena)

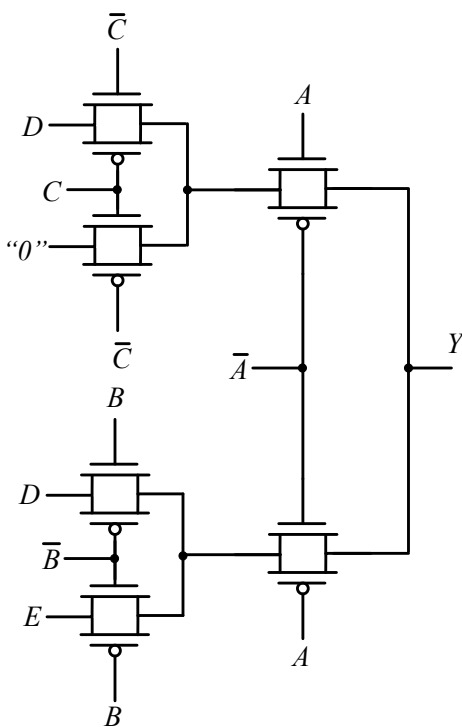
- a) Realizovati funkciju $Y = (AC + B(C + D))(D + E)$ kao jednostepeno dinamičko CMOS kolo. Nije dozvoljeno minimizovati funkciju Y.
 b) Za realizaciju pod a) dopuniti dijagram sa Slike 4.



Slika 4

Zadatak 5 (a-5, b-15 poena)

- a) Odrediti logičku funkciju kola sa Slike 5, realizovanog pomoću transmisionih gejtova.
 b) Funkciju $Y = (A + B) \oplus C$ predstaviti pomoću transmisionih gejtova.



Slika 5