



Test iz Projektovanja (Digitalnih) Integriranih Kola

1. Odrediti broj ispravnih peleta čije su dimenzije $2 \times 2 \text{ mm}^2$ i prinos (yield) peleta po podlozi, ako se koristi podlaga prečnika 125mm. Parametri procesa su $N_{DEF} = 0.2$ defekta/cm² i $\alpha = 3.5$. Poznato je $C_D = C_P / (N_D P_D)$, $N'_D = \pi d / \sqrt{2 S_D}$, $P_D = (1 + N_{DEF} S_D / \alpha)^{-\alpha}$, gde je S_D površina peleta i d prečnik podloge.

$M_D = 2905$. **0.5**

$P_D = 99.2\%$. **0.5**

2. Šta je FD-SOI tehnologija i po čemu se razlikuje od klasičnog CMOS procesa?

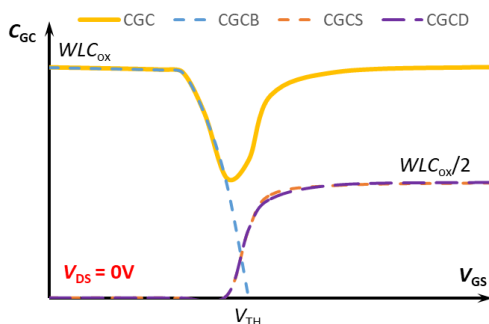
Fully Depleted Silicon On Insulator je tehnologija u kojoj se komponente realizuju na ukopanom oksidu (**0.5**) za razliku od klasičnog CMOS procesa gde se komponente realizuju direktno u podlozi (**0.5**).

3. Ako je V_{DSAT} napon između drejna i soursa pri kome dolazi do zasićenja brzine kretanja nosilaca naelektrisanja MOS-FETA u submikronskim CMOS procesima, koja od navedenih relacija je validna,

$V_{DSAT} > V_{GS} - V_{TH}$

$V_{DSAT} < V_{GS} - V_{TH}$. **1**

4. Skicirati promenu kapacitivnosti C_{GCB} , C_{GCS} , C_{GCD} kao i ukupne kapacitivnosti gejtno-kanal (C_{GC}) kada se naopn gejtno-sors menja u okolin napona praga pri nultom naponu drejn-sors.



Svaka kapacitivnost **0.25**

5. Šta je "skin" efekat?

Efekat koji se javlja na visokim frekvencijama i usled koga struja teče uglavnom po površini provodnika (otpornost postaje funkcija frekvencije). **1**

6. Proceniti podužne RLC parametre veze širine $5 \mu\text{m}$ izrađene u metalu Al1 koja se nalzi u FOXu. Poznato je $\epsilon_{r, SiO_2} = 3.9$, $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$, $\mu_{r, SiO_2} = 1$, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$, $C_{area, (Al1-FOX)} = 30 \text{ aF}/\mu\text{m}^2$, $C_{fring, (Al1-FOX)} = 40 \text{ aF}/\mu\text{m}$ i $R_{\square, Al1} = 0.075 \Omega/\square$.

$C'_{wire} = 230 \text{ pF}/\mu\text{m}$. **0.3** $C'_{wire} = W C_{area, (Al1-FOX)} + 2 C_{fring, (Al1-FOX)}$

$L'_{wire} = 188.6 \text{ fH}/\mu\text{m}$. **0.3** $L'_{wire} = (\mu_0 \mu_{r, SiO_2} \epsilon_0 \epsilon_{r, SiO_2}) / C'_{wire}$

$R'_{wire} = 15 \text{ m}\Omega/\mu\text{m}$. **0.3** $R'_{wire} = R_{\square, Al1} / W$, račun **0.1**

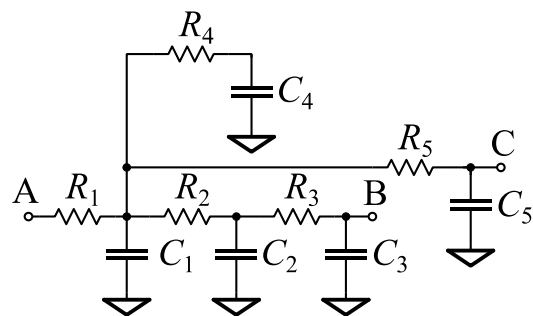
7. Primenom Elmorove formule proceniti kašnjenje signala za kolo sa Sl.1 od čvora A do,

a) čvora B,

$$\frac{t_{pAB}}{\ln(2)} = C_1 R_1 + C_2 (R_1 + R_2) + C_3 (R_1 + R_2 + R_3) + C_4 R_1 + C_5 R_1 \quad 0.5$$

b) i čvora C,

$$\frac{t_{pAC}}{\ln(2)} = C_1 R_1 + C_2 R_1 + C_3 R_1 + C_4 R_1 + C_5 (R_1 + R_5) \quad 0.5$$



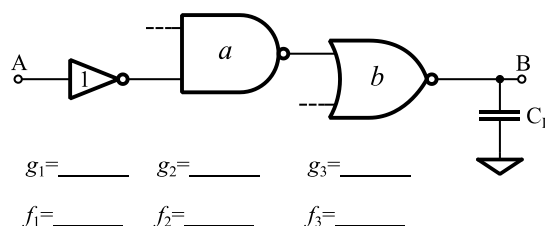
Sl. 1

8. Ako za dva CMOS invertora važi $(W_P/W_N)_{INV1} > (W_P/W_N)_{INV2}$, koji od invertora ima veći napon praga VTC, V_M ?

INV1 1

INV2

9. Odrediti relativne dimenzije gejtova a i b sa Sl. 2 tako da kašnjenje duž kritične putanje od čvora A do čvora B bude minimalno. Kapacitivnost opterećenja C_L je 100 puta veća od ulazne kapacitivnosti jediničnog invertora. Relativni odnos dimenzija PMOS i NMOS tranzistora jediničnog invertora je 2/1.



Sl. 2

$$a = 6.06.$$

$$b = 27.51.$$

$$g_1 = 1 \quad 0.05, g_2 = \frac{4}{3} \quad 0.05, g_3 = \frac{5}{3} \quad 0.05, G = \prod_{i=1}^3 g_i = \frac{20}{9} \quad 0.05, F = \frac{C_L}{1} = 100 \quad 0.1, H = GF = \frac{2000}{9} \quad 0.1$$

$$f_1 = \frac{a}{1} \quad 0.05, f_2 = \frac{b}{a} \quad 0.05, f_3 = \frac{C_L}{b} \quad 0.05, h_1 = h_2 = h_3 = h = (H)^{\frac{1}{3}} \approx 6.06 \quad 0.05$$

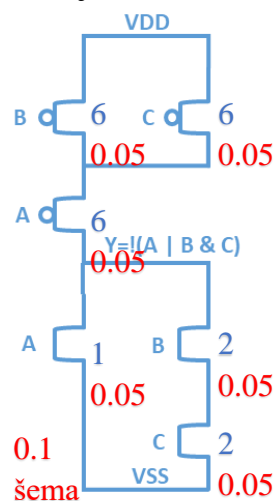
$$h_1 = g_1 f_1 = g_1 a = h \Rightarrow a = \frac{h}{g_1} = 6.06 \quad 0.15$$

$$h_2 = g_2 f_2 = g_2 \left(\frac{b}{a}\right) = h \Rightarrow b = a \left(\frac{h}{g_2}\right) = 27.51 \quad 0.15, \text{ račun } 0.1$$

10. Nacrtati električnu šemu na tranzistorskom nivou kojom se implementira logička funkcija,

$$Y = \overline{A + B \cdot C}$$

i dimenzionisati tranzistore po kriterijumu $t_{pLH} \approx t_{pHL}$. Relativni odnos dimenzija PMOS i NMOS tranzistora jediničnog invertora je 3/1. Pod pretpostavkom da su svi ulazi statistički nezavisni, odrediti tranzijentnu aktivnost $\alpha_{0 \rightarrow 1}$.



A	B	C	!(A B & C)
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	0

0.3

$$M = 3 \quad 0.1$$

$$N_0 = 5 \quad 0.1$$

$$\alpha_{0 \rightarrow 1} = \frac{N_0(2^M - N_0)}{2^{2M}} = 0.234 \quad (23.4\%) \quad 0.1$$