



Test iz Projektovanja (Digitalnih) Integriranih Kola

1. Odrediti broj peleta čije su dimenzije $5 \times 10 \text{ mm}^2$ i cenu peleta, ako se koristi podloga prečnika 300mm čija je cena 335€. Parametri procesa su $N_{DEF} = 0.15$ defekta/cm² i $\alpha = 3.75$. Poznato je:

$C_D = C_P / (N_D P_D)$, $N'_D = \pi d / \sqrt{2S_D}$, $P_D = (1 + N_{DEF} S_D / \alpha)^{-\alpha}$, gde je S_D površina peleta i d prečnik podloge. total points

$N_D = 1318$.

$C_D = 0.274€$.

$S_P = 50 \text{ mm}^2$, $P_D = 92.84\%$ (0.2), $N'_D = 95$ (0.2), $N_D = 1318$ (0.2)

$M_D = N_D P_D = 1224$ (0.2), $C_D = \frac{C_P}{M_D} = 0.27377 €$ (0.2)

2. Šta je CMP postupak u CMOS procesu i čemu služi? total points

Chemical-Mechanical Planarization je postupak planarizacije površine podloge (*wafer*-a). (1)

3. Odrediti kapacitivnost inverzno polarisanog PN spoja poprečnog preseka $S_j = 50 \mu\text{m}^2$, koncentracije akceptora $N_A = 1.5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ i donora $N_D = 0.75 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ pri naponu inverne polarizacije $V_R = 0.8 \text{ V}$ na sobnoj temperaturi $T = 300 \text{ K}$. Pdrzumevati strmi PN spoj. Poznato je: $\epsilon_{S_i} = 11.68 \epsilon_0$, $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}}$, $n_i = 10^{10} \text{ cm}^{-3}$, $V_o = \frac{kT}{q} \ln \left(\frac{N_A N_D}{n_i^2} \right)$, $C_{j0} = S_j \sqrt{\frac{q \epsilon_{S_i}}{2V_o}} (N_A || N_D)$, $C_j = C_{j0} \cdot \left(1 + \frac{V_R}{V_o} \right)^{-m_j}$.

$C_j =$ _____ fF. total points

$V_o = 772.8 \text{ mV}$ (0.3), $C_{j0} = 18.3 \text{ fF}$ (0.35), $C_j = 12.9 \text{ fF}$ (0.35)

4. Šta je podpragovski režim rada MOS-FET tranzistora? total points

Režim rada pri kome je napon između gejta i osnove (balka) manji od napona praga. (1)

5. Šta je *fringe* kapacitivnost veze u ICu ? total points

Kapacitivnost veze koja potiče od bočnih linja električnog polja. (1)

6. Ako se dužina kanala tzv. *square-low* MOS-FETA smanji 4 puta f_T tranzistora se aproksimativno:

smanji 3 puta, total points

poveća 4 puta ili

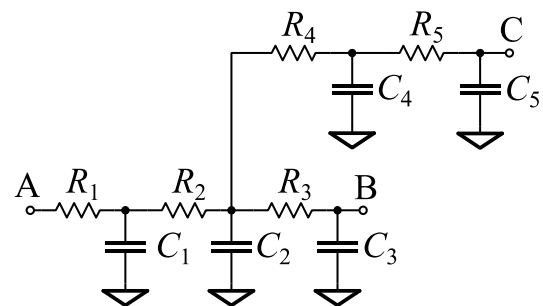
poveća 16 puta. (1)

7. Primenom Elmoreove formule proceniti kašnjenje

signala za kolo sa Sl.1 od čvora A do, total points

a) čvora B,

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



Sl. 1

b) i čvora C,

$$\frac{t_{pAC}}{\ln(2)} = C_1 R_1 + (R_1 + R_2)(C_2 + C_3) + (R_1 + R_2 + R_4)C_4 + (R_1 + R_2 + R_4 + R_5)C_5 \quad (0.5)$$

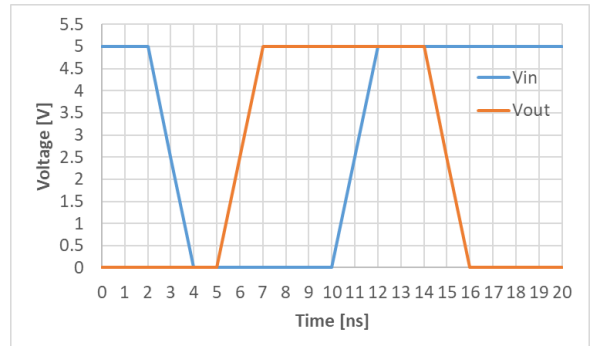
8. Sa grafika sa Sl. 2 očitati,

total points

$$t_{pLH} = 3\text{ns}, \quad (0.35)$$

$t_{pHL} = 4\text{ns}, \quad (0.35)$ i izračunati,

$$t_p = 3.5\text{ns}. \quad (0.30)$$



9. Odrediti relativne dimenzije gejtova a i b sa Sl. 3 tako da kašnjenje duž kritične putanje od čvora A do čvora B bude minimalno. Kapacitivnost opterećenja C_L je 70 puta veća od ulazne kapacitivnosti jediničnog invertora. Relativni odnos dimenzija PMOS i NMOS tranzistora jediničnog invertora je 2/1.

total points

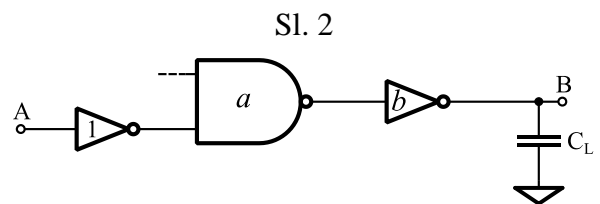
$$a = 4.536.$$

$$b = 15.432.$$

$$g_1 = 1 \quad 0.1, g_2 = \frac{4}{3} \quad 0.1, g_3 = 1 \quad 0.1, G = g_1 g_2 g_3 = \frac{4}{3} \quad 0.1$$

$$F = \frac{C_L}{1} = 70 \quad 0.1, H = F \cdot G = 93.33 \quad 0.1,$$

$$h_i = g_i f_i, i = 1, 2, 3 \quad 0.1$$



$$g_1 = \underline{\quad} \quad g_2 = \underline{\quad} \quad g_3 = \underline{\quad}$$

$$f_1 = \underline{\quad} \quad f_2 = \underline{\quad} \quad f_3 = \underline{\quad}$$

Sl. 3

$$h = h_1 = h_2 = h_3 = H^{\frac{1}{3}} = 4.536 \quad 0.1$$

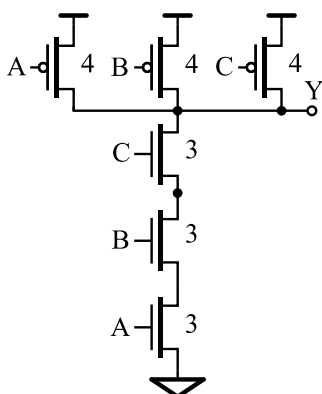
$$a = \frac{h}{g_1} = 4.536 \quad 0.1, b = \frac{h a}{g_2} = 15.432 \quad 0.1$$

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

$Y = \overline{A \& B \& C}$ i dimenzionisati tranzistore po kriterijumu $t_{pLH} \approx t_{pHL}$. Relativni odnos dimenzija PMOS i NMOS tranzistora jediničnog invertora je 4/1. Pod pretpostavkom da su svi ulazi statistički nezavisni, odrediti tranzijentnu aktivnost,

total points

$$\alpha_{0 \rightarrow 1} = 10.94\%.$$



$$0.05 \times 6 = 0.3$$

A	B	C	Y
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

0.3

$$M = 3 \quad 0.1$$

$$N_0 = 1 \quad 0.1$$

$$\alpha_{0 \rightarrow 1} = \frac{N_0(2^M - N_0)}{2^{2M}} = 0.1094 \quad (10.94\%) \quad 0.2$$