

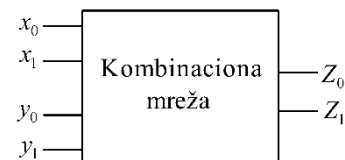
Na naslovnoj strani **obavezno** zaokružiti redne brojeve zadataka koji su rađeni.

1. Trajanje ispita 180 minuta.
2. Ispit se radi u vežbanci.
3. Dozvoljena je upotreba kalkulatora.

Napomena: Sve realizacije je potrebno nacrtati i obeležiti odgovarajuće signale.

1. Zadatak (a – 3, b – 6, c – 4, d – 6, e – 6 poena)

Kombinaciona mreža ima ulaze $X(x_1x_0)$, $Y(y_1y_0)$ i izlaz $Z(Z_1Z_0)$, kao što je predstavljeno blok šemom sa slike 1. Logička funkcija $Z(z_1z_0)$ na izlazu ove mreže dobija se pomeranjem operanda $X(x_1x_0)$ udesno za $Y(y_1y_0)$ mesta, uz popunjavanje najviših bita nulama.



Slika 1.

- a) Popuniti kombinacionu tabelu koja odgovara funkcijama Z_1 i Z_0 .
- b) Realizovati funkcije Z_1 i Z_0 u minimalnoj formi ukoliko su na raspolaganju kola niskog stepena integracije saproizvoljnim brojem ulaza. Nacrtati šemu kombinacione mreže koja realizuje tražene funkcije.
- c) Da li postoji mogućnost pojave statičkih hazarda u formi pod b)? Ukoliko postoji, naznačiti pri kojim prelazima dolazi do pojave statičkih hazarda i modifikovati funkcije pod b) tako da se spreči pojava statičkih hazarda. Komentarisati razliku dobijenog rešenja u poređenju sa rešenjem pod b).
- d) Realizovati funkcije Z_1 i Z_0 dobijene u tački b) ukoliko su na raspolaganju isključivo dvoulazna NI kola.
- e) Realizovati funkciju Z_0 dobijenu u tački b) korišćenjem samo jednog multipleksa 4/1 i proizvoljnog broja dvoulaznih NILI kola.

2. Zadatak (a – 10, b – 8, c – 7 poena)

a) Algoritamskim računanjem, korak po korak, izračunati vrednosti sledećih izraza:

- $A_{8KO} = 476_{8KO} + 7337_{8KO}$ (na raspolaganju su 4 cifre)
- $B_{9KMV} = 321_{9KMV} - 8412_{9KMV}$ (na raspolaganju su 4 cifre)
- $C_{2ZA} = 1101011_{2ZA} + 0111010_{2ZA}$ (na raspolaganju je 7 cifara)
- $D_{2KO} = 11.110_{2KO} * 01.101_{2KO}$ (na raspolaganju je 10 cifara – koristiti algoritam sa međuzbirovima)
- $E_2 = 1000101110_2 : 110_2$ (na raspolaganju je proizvoljan broj cifara)

Napomena: Ukoliko broj nema oznaku KMV, KO ili ZA u indeksu smatrati da je neoznačen. U slučaju izvođenja operacije nad označenim brojevima, jasno naznačiti ukoliko dođe do prekoračenja. Postupak za svaku operaciju prikazati korak po korak u osnovi u kome su brojevi dati. U zgradama je naveden maksimalno dostupni broj cifara za predstavu rezultata. Ukoliko je označeni broj predstavljen sa manjim brojem cifara od maksimalnog, izvršiti ekstenziju znaka. Bez detaljnog postupka rešenje zadatka je nevažeće.

b) Na osnovu vrednosti brojeva A, B i C dobijenih u tački a) odrediti njihove predstave u sledećim brojnim sistemima: A_{2KO} , B_{2ZA} , C_{7KMV} . Brojeve predstaviti sa minimalnim brojem cifara.

c) Za broj 376_8 najpre odrediti odgovarajuću binarnu predstavu na 8 bita. Zatim predstaviti ovaj broj Gray-ovim binarnim kodom. Za dobijeni Gray-ov kod, navesti sve binarne brojeve koji se nalaze na Hamingovom rastojanju 1 u odnosu na ovu predstavu broja.

3. Zadatak (a – 5, b – 8, c -12 poena)

a) Korišćenjem samo jednog multipleksa 4/1 i invertora projektovati kolo koje ispituje parnost 3-bitnog binarnog broja $A_{2..0}$. Generisati izlaz $P = 1$ u slučaju neparne parnosti.

b) Pomoću realizacije iz tačke a) projektovati kolo koje ispituje neparnu parnost 9-bitnog binarnog broja (izlaz $P = 1$ se generiše u slučaju neparne parnosti). Na raspolaganju je modul iz tačke a) i potrebna logička kola niskog stepena integracije.

c) Koristeći modul iz tačke b) realizovati koder za Hamming-ov kod sa rastojanjem 3. Tražena kombinaciona mreža na osnovu 11-bitnog ulaza $poruka[10..0]$ generiše 15-bitni izlaz $kodovana_poruka[14..0]$ koji predstavlja poruku zaštićenu Hamming-ovim kodom sa rastojanjem 3.

4. Zadatak (a – 8, b – 8, c – 9 poena)

a) Korišćenjem isključivo NI kola sa proizvoljnim brojem ulaza realizovati kombinacionu mrežu koja implementira funkcionalnost sabiranja tri jednobitna broja A, B i C. Izlaz Y ima dovoljan broj bita da se realizuje tražena suma.

b) Korišćenjem isključivo NILI kola sa proizvoljnim brojem ulaza realizovati kombinacionu mrežu koja proverava da li je broj A veći od broja B pri čemu su A i B neoznačeni brojevi širine 2 bita. Izlaz Y je jednak jedinici ukoliko je A veće od B.

c) Ukoliko su na raspolaganju realizovana kola iz tačaka a) i b), i logička kola niskog stepena integracije, realizovati kombinacionu mrežu koja na izlazu Z realizuje funkciju provere: $A_0 + B_0 + C_0 = D_1D_0$. A, B i C su jednobitni brojevi dok je D dvobitni neoznačeni broj.

5. Zadatak (a – 5, b – 5, c – 5, d – 5, e – 5 poena)

CMOS tehnologija – 180nm, $V_{DD} = 1.8V$, $\mu_n = 417 \frac{cm^2}{Vs}$, $\mu_p = 85 \frac{cm^2}{Vs}$, $V_{Tn} = 0.45V$, $V_{Tp} = -0.45V$,

$$k_n = 351 \times 10^{-6} \frac{A}{V^2}, k_p = 71 \times 10^{-6} \frac{A}{V^2}, \quad \lambda_n = \lambda_p = 0.1 \frac{1}{V}, \quad E_{Cn} = 3.8 \times 10^5 \frac{V}{cm}, E_{Cp} = 18.8 \times 10^5 \frac{V}{cm}$$

a) Izvesti izraz za odnose širine kanala n i p tranzistora CMOS invertora minimalne geometrije da bi se minimizovalo srednje kašnjenje invertora. Kolike su širine kanala?

b) Za širine kanala tranzistora iz tačke a) izračunati dinamičke otpornosti p i n kanalnog tranzistora potrebne za procenu kašnjenja.

c) Ako je u kašnjenju invertora iz tačke a) dominantna kapacitivnost gejtta tranzistora izračunati to kašnjenje.

d) U digitalnom sistemu uočena je kritična putanja signala kroz 3 dvoulazna NI logička kola, pri čemu je izlaz poslednjeg kola opterećen velikom izlaznom kapacitivnošću $C_L = 1nF$. NI logička kola su realizovana na bazi invertora iz tačke a). Odrediti dimenzije tranzistora u NI logičkim kolima tako da se ukupno kašnjenje minimizuje, a da prvo NI logičko kolo u nizu bude minimalne geometrije.

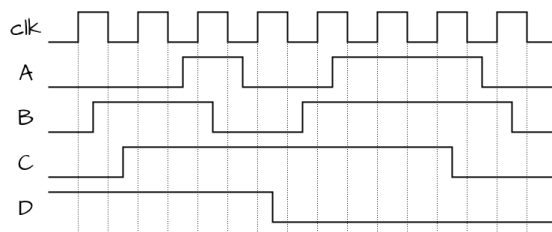
e) Koliko je ukupno vreme propagacije niza NI logičkih kola u tački d)? Koliko je vreme propagacije ako se napon napajanja promeni na $V_{DD} = 2.7V$?

6. Zadatak (a – 11, b – 5, c – 9 poena)

a) Realizovati jednostepeno dinamičko CMOS logičko kolo koje realizuje funkciju $Y = f(A, B, C, D)$ gde je $Y = 1$ akko je suma nula broja ABCD deljiva sa 2 (primer, $Y = 0$ za ABCD=1000, $Y = 1$ za ABCD=1010).

b) Ukoliko se ulazni signal u odnosu na signal takta CLK menja kao što je prikazano na slici 6, nacrtati vremenski dijagram koji ilustruje ponašanje izlaznog signala Y.

c) Realizovati logičku funkciju Y iz tačke a) pomoću domino logike.



Slika 6.

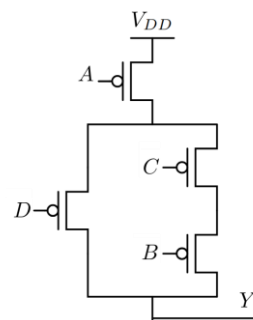
7. Zadatak (a – 10, b – 9, c – 6 poena)

Na slici 7 je prikazan deo koji odgovara pull-up mreži jednog statičkog jednostepenog CMOS kola.

a) Nacrtati kompletnu šemu CMOS kola i odrediti odnose širina svih tranzistora tako da kritična kašnjenja uzlazne i silazne ivice budu izjednačena i odgovaraju kašnjenjima referentnog invertora kod koga je $W_p:W_n = 2:1$.

b) Odrediti logičku funkciju koja opisuje rad kola realizovanog u tački a)

c) Realizovati funkciju iz tačke b) u minimalnoj formi i prokomentarisati da li u okviru tako dobijene realizacije postoji mogućnost pojave statičkih hazarda.



Slika 7.

8. Zadatak (a – 6, b – 6, c – 9, d – 4 poena)

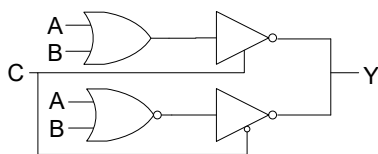
Funkcionalnom tabelom ili na drugi pogodan način prikazati funkciju dela digitalnog sistema realizovanog MOS logičkim kolima:

a) prikazanog na slici 8a;

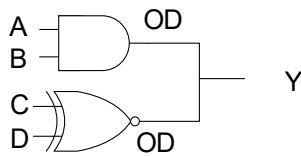
b) prikazanog na slici 8b.

c) Šta može da se desi u kolu prikazanom pod na slici 8c, i pri kojoj kombinaciji ulaza, ako su logička kola realizovana kao CMOS kola?

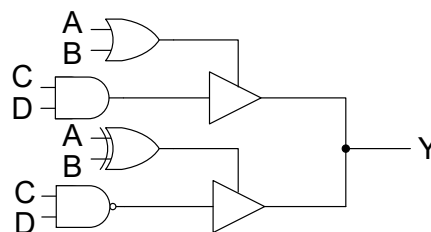
d) Kakav je odgovor pod c) ako su I i NI kolo realizovani sa otvorenim drejnom?



Slika 8a



Slika 8b



Slika 8c