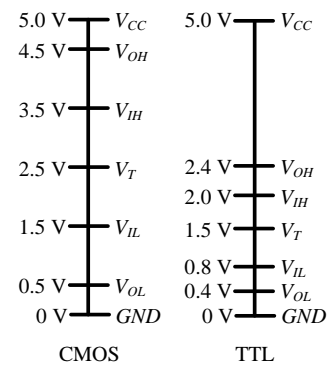
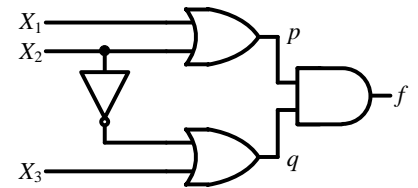


1. a) [8] Odrediti margine šuma za CMOS i TTL logička kola čije su odgovarajuće karakteristike prikazane na slici 1.a). Da li se na izlaz ovog TTL kola može direktno vezati CMOS kolo? Obrazložiti.
- b) [8] Ako je faktor grananja dvoulaznog NI kola 4, a izlazni signal treba dovesti na ulaze 6 dvoulaznih NI kola, predložiti šemu sa što manjim brojem dvoulaznih NI kola kojom se to može ostvariti. Smatrati da svaki ulaz narednog kola povlači istu struju sa izlaza prethodnog kola.
- c) [8] U kolu prikazanom na slici 1.b) je kašnjenje svih logičkih kola 10ns, a svi ulazni signali su u stanju logičke nule. Skicirati vremenske dijagrame u tom kolu ukoliko signal X_2 promeni vrednost na logičku jedinicu. Odrediti da li postoji hazard u tom slučaju i kog je tipa ako postoji.



Slika 1.a)

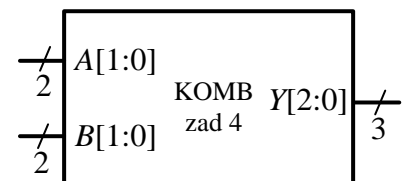
2. a) [2] Neoznačeni broj 26.125_{10} predstaviti u drugom komplementu sa proizvoljnim brojem bita.
- b) [3] Brojeve $A = -19_{10}$ i $B = 28_{10}$, predstaviti kao označene binarne brojeve u drugom komplementu sa minimalnim mogućim brojem bita.
- c) [4] Nad binarnim brojevima iz tačke b) izvršiti sledeće operacije: $A+B$ i $A-B$ sa istim brojem bita kojim su predstavljeni brojevi A i B . Označiti sve bite prenosa i odrediti da li je prilikom računanja došlo do prekoračenja.
- d) [3] Izvršiti množenje označenih brojeva 101.101_2 i 11.011_2 ako je za smeštanje rezultata na raspolaganju 10 bita.



Slika 1.b)

3. a) [9] Nacrtati električnu šemu jednostepenog statičkog CMOS logičkog kola koje realizuje logičku funkciju $Y = A \cdot (\overline{B} + \overline{CD}) + \overline{ACE}$. Ukratko obrazložiti postupak.
- b) [10] Neka su vrednosti ulaznih signala $B = "0"$, $C = "1"$, $D = "0"$, $E = "0"$, a na ulaz A se dovodi simetričan signal takta učestanosti $f_{CLK} = 100$ kHz. Na izlaz kola je povezana sonda osciloskopa kapacitivnosti $C_{sonde} = 20$ pF. Odrediti kašnjenje uzlazne i kašnjenje silazne ivice izlaznog signala Y pri odgovarajućim promenama signala na ulazu A , ako su otpornosti svih NMOS tranzistora jednake $R_{NMOS} = 500 \Omega$, a otpornosti svih PMOS tranzistora $R_{PMOS} = 600 \Omega$. Napon napajanja je $V_{DD} = 2,5$ V.
- c) [7] Odrediti srednju snagu koja se disipira ukupno na svim PMOS tranzistorima kola iz tačke a) pod uslovima iz tačke b).

4. a) [12] Projektovati kombinacionu mrežu *KOMB zad 4* (slika) koja na ulazima ima dva neoznačena dvobitna broja $A[1:0] = A_1A_0$ i $B[1:0] = B_1B_0$, a na izlazima generiše neoznačeni trobitni broj $Y[2:0] = |2A - B| = Y_2Y_1Y_0$. Na raspolaganju su samo osnovna logička kola. Težiti da broj upotrebljenih kola bude minimalan.



Slika 4

- b) [8] Realizovati logičku funkciju koja generiše izlaz Y_2 samo uz pomoć dvoulaznih NILI logičkih kola.
- c) [6] Realizovati logičku funkciju koja generiše izlaz Y_1 samo uz pomoć NI logičkih kola sa proizvoljnim brojem ulaza.
- d) [12] Koristeći kombinacionu mrežu iz tačke a) kao gotov blok i potrebne kombinacione mreže (na primer: multipleksere, sabirače, dekodere, kodere...) realizovati kombinacionu mrežu koja na ulazu ima dva neoznačena dvobitna broja $A[1:0]$ i $B[1:0]$, a na izlazima generiše neoznačeni broj $|2A - B|$ ako je $A < B$, a broj $2B+A$, ako je $A \geq B$. Napomena: voditi računa o broju bita koji je potreban za smeštanje međurezultata i rezultata.

Rešenja:

2.

a)

$$26_{10} = 11010_2$$

$$26/2=13 \text{ ostatak } 0 \text{ (LSB)}$$

$$13/2=6 \text{ ostatak } 1$$

$$6/2=3 \text{ ostatak } 0$$

$$3/2=1 \text{ ostatak } 1$$

$$1/2=0 \text{ ostatak } 1 \text{ (MSB)}$$

$$0.125_{10} = 0.001_2$$

$$0.125 \times 2 = 0.25 \text{ (MSB) ostatak } 0$$

$$0.25 \times 2 = 0.5 \text{ ostatak } 0$$

$$0.5 \times 2 = 1 \text{ ostatak } 1 \text{ (LSB)}$$

$$\text{dakle, } 13.125_{10} = 11010.001_2$$

b)

Potrebno je 6 bita (opseg: $-2^{6-1} = -32$ do $+2^{6-1}-1 = 31$).

$$A = -19_{10} = -010011_2 = 101100+1 = 101101.$$

$$B = 28_{10} = 011100_2.$$

c)

$A+B$:

$$\begin{array}{r} c_1 1111000 \\ 101101 \\ + 011100 \\ \hline \end{array}$$

$$= 001001 \text{ (OF} = 0) \text{ } c_4 = c_3 \text{ Nema prekoračenja.}$$

$A-B$:

$$-011100_2 = 100100_2$$

ili sa pozajmicama:

$$\begin{array}{r} c_1 1011000 \\ 101101 \\ + 100100 \\ \hline \end{array}$$

$$= 010001 \text{ (OF} = 1) \text{ } c_4 \neq c_3 \text{ Prekoračenje!}$$

$$\begin{array}{r} c_1 0100000 \\ 101101 \\ - 011100 \\ \hline \end{array}$$

$$= 010001 \text{ (OF} = 1) \text{ } c_4 \neq c_3 \text{ Prekoračenje!}$$

d)

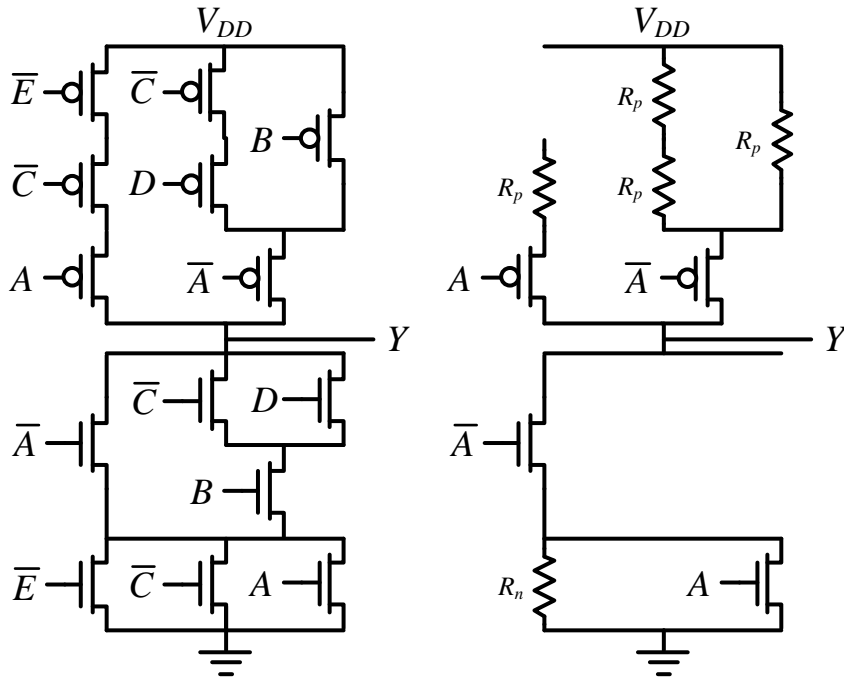
$$101.101 \times 11.011 = 0001.011111$$

$$\begin{array}{r} 1111101101 \text{ (ekstenzija znaka)} \\ 0000000000 \\ 11101101 \text{ (ekstenzija znaka)} \\ 1101101 \\ + 010011 \text{ (drugi komplement broja } 101101) \\ \hline \end{array}$$

$$\underline{\underline{110001011111}}$$

3.

$$a) Y = A \cdot (\overline{B + CD}) + \overline{ACE} = A \cdot (\overline{B + CD}) + \overline{ACE} = \overline{(A \cdot (\overline{B + CD})) \cdot (\overline{ACE})} = \overline{(A + B(\overline{C + D})) \cdot (A + \overline{C + E})}$$



$$b) A: 0 \rightarrow 1, Y: 0 \rightarrow 1, t_{pLH} = (R_p + R_p \parallel (2R_p)) C_{sonde} \ln 2 = \frac{5}{3} R_p C_{sonde} \ln 2 = 13,8 \text{ ps}$$

$$A: 1 \rightarrow 0, Y: 1 \rightarrow 0, t_{pHL} = 2R_n C_{sonde} \ln 2 = 13,8 \text{ ps}$$

$$c) E_{VDD} = \int_0^\infty V_{DD} i_{DD} dt = \int_0^\infty V_{DD} C \frac{dv_{OUT}}{dt} dt = C \int_0^{V_{DD}} V_{DD} dv_{OUT} = CV_{DD}^2 \cdot$$

$$E_C = \int_0^\infty v_{OUT} i_{DD} dt = \int_0^\infty v_{OUT} C \frac{dv_{OUT}}{dt} dt = C \int_0^{V_{DD}} v_{OUT} dv_{OUT} = \frac{CV_{DD}^2}{2}.$$

$$E_{PMOS} = E_{VDD} - E_C = \frac{CV_{DD}^2}{2}$$

$$P = \frac{E_{PMOS}}{T_{CLK}} = f_{CLK} \frac{CV_{DD}^2}{2} = 6,25 \mu\text{W}$$

4.

a)

A_1	A_0	B_1	B_0	Y_2	Y_1	Y_0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	1
0	0	1	0	0	1	0
0	0	1	1	0	1	1
0	1	0	0	0	1	0
0	1	0	1	0	0	1
0	1	1	0	0	0	0
0	1	1	1	0	0	1
1	0	0	0	1	0	0
1	0	0	1	0	1	1
1	0	1	0	0	1	0
1	0	1	1	0	0	1
1	1	0	0	1	1	0
1	1	0	1	1	0	1
1	1	1	0	1	0	0
1	1	1	1	0	1	1

Y_2 :

		B_1B_0			
		00	01	11	10
A_1A_0	00	0	0	0	0
	01	0	0	0	0
	11	1	1	0	1
	10	1	0	0	0

Y_1 :

		B_1B_0			
		00	01	11	10
A_1A_0	00	0	0	1	1
	01	1	0	0	0
	11	1	0	1	0
	10	0	1	0	1

$$Y_2 = A_1 \overline{B_1} \overline{B_0} + A_1 A_0 \overline{B_1} + A_0 A_1 \overline{B_0},$$

$$Y_1 = \overline{A_1} A_0 B_1 + A_0 \overline{B_1} \overline{B_0} + A_0 A_1 B_0 B_1 + \overline{A_0} A_1 B_0 \overline{B_1} + \overline{A_0} \overline{B_0} B_1 = \overline{A_1} A_0 B_1 + \overline{B_0} (A_0 \oplus B_1) + A_1 B_0 (\overline{A_0} \oplus B_1),$$

$$Y_0 = B_0$$

b)

$$Y_2 = A_1 (\overline{B_1} + \overline{B_0}) (A_0 + \overline{B_0}) (A_0 + \overline{B_1}) = A_1 (\overline{B_1} + \overline{B_0}) (A_0 + \overline{B_0}) (A_0 + \overline{B_1}) = \overline{A_1} + (\overline{B_1} + \overline{B_0}) + (A_0 + \overline{B_0}) + (A_0 + \overline{B_1}) = \overline{A_1} + (\overline{B_1} + \overline{B_0}) + (\overline{A_0} + B_0) + (\overline{A_0} + \overline{B_1})$$

c)

$$Y_1 = \overline{A_1} A_0 B_1 + A_0 \overline{B_1} \overline{B_0} + A_0 A_1 B_0 B_1 + \overline{A_0} A_1 B_0 \overline{B_1} + \overline{A_0} \overline{B_0} B_1 = \overline{A_1} A_0 B_1 (A_0 \overline{B_1} \overline{B_0}) (A_0 A_1 B_0 B_1) (\overline{A_0} A_1 B_0 \overline{B_1}) (\overline{A_0} \overline{B_0} B_1)$$

Y_2 :

		B_1B_0			
		00	01	11	10
A_1A_0	00	0	0	0	0
	01	0	0	0	0
	11	1	1	0	1
	10	1	0	0	0

Šeme sa logičkim kolima u ovom zadatku crtati kao što je to rađeno na vežbama.

d)

