

Predmet: OSNOVI DIGITALNE ELEKTRONIKE

POENI _____

Kolokvijum: 26.04.2014.

Odgovorni nastavnik i asistenti: Dragan Vasiljević, Goran Savić i Lazar Karbunar

DEŽURNI:

KANDIDAT:

Sala _____
 Vreme početka _____
 Vreme završetka _____
 Potpis _____

Ime _____
 Prezime _____
 Broj indeksa _____
 Potpis _____

USLOVI KOLOKVIJUMA

1. Trajanje kolokvijuma 90 minuta.
2. Kolokvijum se polaže na formularu.
3. Ocenjuju se rad kandidata i razumevanje gradiva.
4. Traži se koncizan, jasan, čitak odgovor napisan u predviđenom prostoru (linija, boks, crtež).

OCENJIVANJE

R.Br.	1	2	3	Total
Max	6	8	16	30
Dobijeno				

- 1. a)** [2] Neoznačeni binarni broj 101000010 predstaviti u Grejovom kodu (postupak!!).
- b)** [2] Broj 11101111 predstavljen u Grejovom kodu konvertovati u binarni kod (postupak!!).
- c)** [1] Broj 876599_{10} predstaviti u heksadecimalnom i oktalnom brojnom sistemu. Konverziju vršiti direktno, prikazati svaki korak.
- d)** [1] Izvršiti sledeće aritmetičke operacije i odrediti prenos u svim razredima u svakom navedenom slučaju:

$$\begin{array}{r} 27BC3E987A_{16} \\ -DEF789BC14_{16} \\ \hline \text{rezultat} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 6573451000_8 \\ +7723452311_8 \\ \hline \text{rezultat} \end{array}$$

Rešenje:

a) Konverzija neoznačenog binarnog broja 101000010 u Grejov kod se može izvršiti tako što će se operacija „ekskluzivno ili“ izvršiti bit po bit nad datim brojem i binarnim brojem dobijenim pomeranjem za jedno mesto udesno (pri čemu je bit najviše težine 0). Kao rezultat se dobija:

$$101000010_{BIN} \rightarrow 111100011_{GRAY}$$

b) Konverzija n – to bitnog broja $g_{n-1}g_{n-2}\dots g_0$ iz Grejovog u binarni kod ($b_{n-1}b_{n-2}\dots b_0$) se vrši po rekurentnoj formuli $b_i = g_i \oplus b_{i+1}$, za $i = 0, 1, \dots, n-1$, pri čemu je $b_n = 0$. Kao rezultat se dobija:

$$11101111_{GRAY} \rightarrow 10110101_{BIN}$$

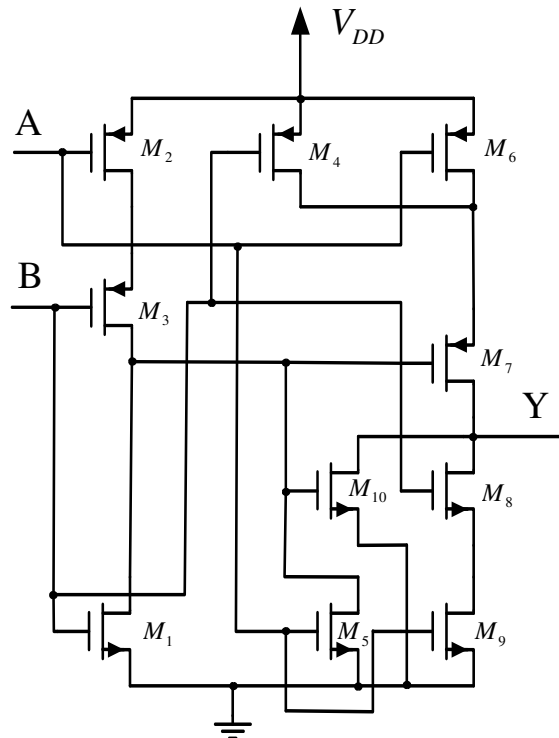
$$\begin{array}{ll} \text{c) } 876599_{10} = D6037_{16}, 876599_{10} = 3260067_8 & \text{d) } \begin{array}{r} 27BC3E987A_{16} \\ -DEF789BC14_{16} \\ \hline 48C4B4DC66_{16} \end{array} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 6573451000_8 \\ + 7723452311_8 \\ \hline 16517123311_8 \end{array}$$

2. Na slici je prikazano CMOS logičko kolo koje se sastoji iz NMOS i PMOS tranzistora. Na ulazu kola su prisutni signali A i B dok je Y izlaz kola. U provodnom režimu otpornost svih tranzistora je $r_{DS} \rightarrow 0$ dok je u neprovodnom režimu njihova otpornost $r_{DS} \rightarrow \infty$.

a) [6] Za sve moguće kombinacije logičkih vrednosti ulaznih signala A i B odrediti režime rada svih tranzistora u kolu. Režime rada prikazati tabelarno, ako je neki tranzistor u provodnom režimu koristiti oznaku “ON”, ako je u neprovodnom režimu koristiti oznaku “OFF”. Prve dve kolone ove tabele sadrže logičke vrednosti ulaznih signala A i B, a ostale kolone režime rada tranzistora (M_1, M_2, \dots). Poslednja kolona sadrži logičku vrednost na izlazi Y.

b) [2] Na osnovu prethodne analize odrediti logičku funkciju CMOS kola $Y = Y(A, B)$



Napomena: spojevi su ostvareni samo na mestima gde postoji kružić

Rešenje:

a) Režimi rada svih tranzistora u kolu za različite logičke vrednosti signala na ulazu A i B su prikazani u tabeli

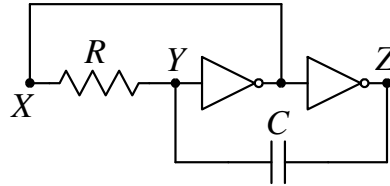
A	B	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	Y
0	0	OFF	ON	ON	ON	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	ON	0
0	1	ON	ON	OFF	OFF	OFF	ON	ON	ON	OFF	OFF	1
1	0	OFF	OFF	ON	ON	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	1
1	1	ON	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	ON	ON	ON	OFF	0

b) Na osnovu prethodne tabele i logičke vrednosti na izlazi Y, može se zaključiti da CMOS kolo obavlja funkciju “ekskluzivno ili”.

$$Y = \overline{A}B + A\overline{B} = A \oplus B$$

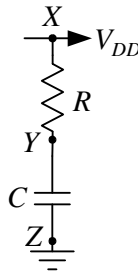
3. Na slici je prikazano kolo astabilnog multivibratora. Korišćeni CMOS invertori se napajaju sa $V_{DD} = 5\text{ V}$, imaju idealnu prenosnu karakteristiku sa naponom praga $V_{DD}/2$, imaju beskonačnu ulaznu i nultu izlaznu otpornost. Kapacitivnost kondenzatora je $C = 50\text{ nF}$, a otpornost otpornika je $R = 10\text{ k}\Omega$. Izračunati i nacrtati vremenske oblike naponskih signala u tačkama X, Y i Z i izračunati frekvenciju oscilovanja kada kolo radi u ustaljenom režimu za slučaj:

- [12] kada na ulazu CMOS invertora NEMA zaštitnih dioda;
- [4] kada na ulazu CMOS invertora IMA zaštitnih dioda; smatrati da su zaštitne diode idealne.



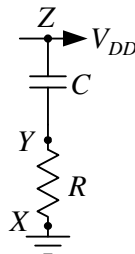
Rešenje:

a) Pošto je kolo astabilno, njegova stanja se periodično ponavljaju. Stoga, analiza kola može da se počne od bilo kog trenutka periode. Na primer, neka se uzme da je u trenutku $t = 0$ nastupila promena vrednosti signala u tački Z sa logičke jedinice na logičku nulu. Ta promena je nastupila kao posledica opadanja napona u tački Y do vrednosti $V_{DD}/2$. U istom trenutku (ako se zanemare kašnjenja kroz invertore), menja se i nivo signala u tački X sa logičke nule na logičku jedinicu. Nakon toga kolo se može ekvivalentno predstaviti na sledeći način:



Napon u tački Y će se eksponencijalno povećavati sa vremenskom konstantom $\tau = RC$ sve dok ne poraste do vrednosti $V_{DD}/2$. Neka je trenutak u kome se to desi $t = T_1$. Potom će napon u tački Z da skoči na nivo logičke jedinice, a napon u tački X da padne na nivo logičke nule. Zbog činjenice da se napon na kondenzatoru C ne može trenutno (skokovito) promeniti, napon u tački Y će skokovito porasti na vrednost $v_Y(T_1^+) = 7,5\text{ V}$.

Nova ekvivalentna šema kola će imati sledeći izgled:



Napon u tački Y će se sada eksponencijalno smanjivati sa vremenskom konstantom $\tau = RC$ sve dok ne opadne do vrednosti $V_{DD}/2$. Neka je trenutak u kome se to desi $t = T_1 + T_2$. Potom će napon u tački Z da padne na nivo logičke nule, a napon u tački X da skoči na nivo logičke jedinice. Zbog činjenice da se napon na kondenzatoru C ne može trenutno (skokovito) promeniti, napon u tački Y će skokovito opasti na vrednost $v_Y((T_1 + T_2)^+) = -2,5V$.

Nova ekvivalentna šema kola će ponovo imati izgled prikazan na prvoj slici u okviru ovoga rešenja. Opisani proces će se dalje periodično ponavljati.

Jednačine koje opisuju opisani proces za vreme intervala T_1 su:

$$v_X(t) = V_{DD}$$

$$v_Z(t) = 0$$

$$v_Y(t) = v_Y(\infty) - [v_Y(\infty) - v_Y(0^+)] \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$v_Y(t) = 5V - [5V + 2,5V] \cdot e^{-\frac{t}{RC}} = 5V - 7,5V \cdot e^{-2000t}$$

Jednačine koje opisuju opisani proces za vreme intervala T_2 su:

$$v_X(t) = 0$$

$$v_Z(t) = V_{DD}$$

$$v_Y(t) = v_Y(\infty) - [v_Y(\infty) - v_Y(T_1^+)] \cdot e^{-\frac{t-T_1}{\tau}}$$

$$v_Y(t) = 0 - [0 - 7,5V] \cdot e^{-\frac{t-T_1}{RC}} = 7,5V \cdot e^{-\frac{t-T_1}{RC}} = 7,5V \cdot e^{-2000(t-T_1)}$$

Vremenski interval T_1 se može odrediti iz uslova:

$$v_Y(T_1^-) = 5V - 7,5V \cdot e^{-2000T_1} = 2,5V$$

odakle se dobija:

$$T_1 = 0,0005 \ln 3 = 549,3 \mu s.$$

Vremenski interval T_2 se može odrediti iz uslova:

$$v_Y((T_1 + T_2)^-) = 7,5V \cdot e^{-2000T_2} = 2,5V$$

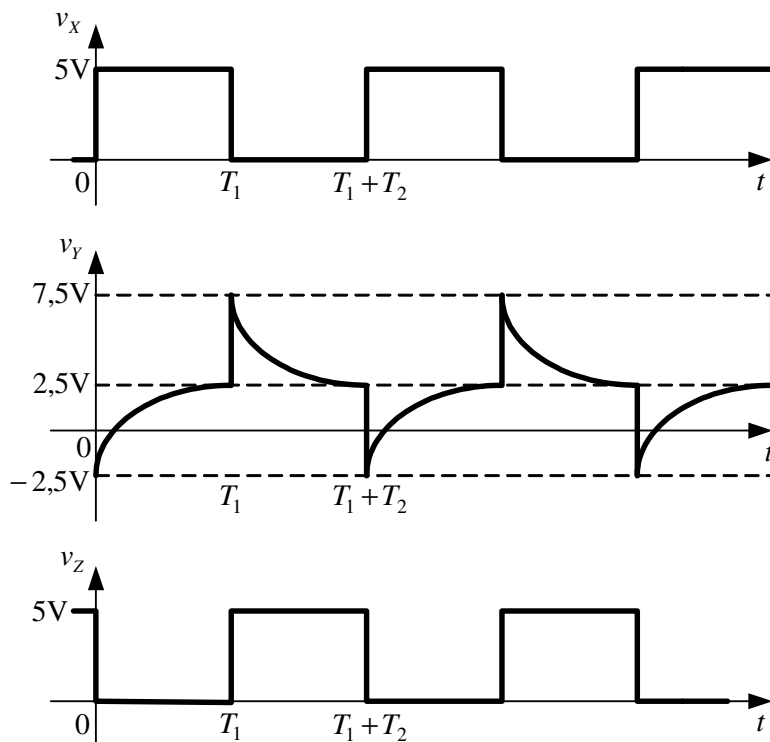
odakle se dobija:

$$T_2 = 0,0005 \ln 3 = 549,3 \mu s.$$

Frekvencija oscilovanja kola je:

$$f = \frac{1}{T_1 + T_2} = 910,25 \text{ Hz}$$

Traženi vremenski dijagrami su prikazani na sledećoj slici:



b) U slučaju kada na ulazu CMOS invertora postoje zaštitne diode, razlika u odnosu na rešenje iz prethodne tačke postoji u trenucima kada se dešavaju skokovite promene signala v_Y (tj. za $t = T_1$, $t = T_1 + T_2$ i u trenucima koji se potom periodično ponavljaju).

Naime, za $t = T_1$ napon u tački Y će najpre skokovito porasti na vrednost 7,5V što će uključiti zaštitnu diodu, usled čega će vrednost napona u tački Y momentalno da opadne na 5V, tako da će biti $v_Y(T_1^+) = 5V$. Nakon toga, napon v_Y će se eksponencijalno smanjivati.

Za $t = T_1 + T_2$ napon u tački Y će najpre skokovito opasti na vrednost -2,5V što će uključiti zaštitnu diodu, usled čega će vrednost napona u tački Y momentalno da poraste na 0V, tako da će biti $v_Y((T_1 + T_2)^+) = 0V$. Nakon toga, napon v_Y će se eksponencijalno povećavati.

Jednačine koje opisuju tražene napone za vreme intervala T_1 su:

$$v_X(t) = V_{DD}$$

$$v_Z(t) = 0$$

$$v_Y(t) = v_Y(\infty) - [v_Y(\infty) - v_Y(0^+)] \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$v_Y(t) = 5V - [5V + 0V] \cdot e^{-\frac{t}{RC}} = 5V - 5V \cdot e^{-2000t}$$

Jednačine koje opisuju tražene napone za vreme intervala T_2 su:

$$v_X(t) = 0$$

$$v_Z(t) = V_{DD}$$

$$v_Y(t) = v_Y(\infty) - [v_Y(\infty) - v_Y(T_1^+)] \cdot e^{-\frac{t-T_1}{\tau}}$$

$$v_Y(t) = 0 - [0 - 5V] \cdot e^{-\frac{t-T_1}{RC}} = 5V \cdot e^{-\frac{t-T_1}{RC}} = 5V \cdot e^{-2000(t-T_1)}$$

Vremenski interval T_1 se može odrediti iz uslova:

$$v_Y(T_1^-) = 5V - 5V \cdot e^{-2000T_1} = 2,5V$$

odakle se dobija:

$$T_1 = 0,0005 \ln 2 = 346,57 \mu s.$$

Vremenski interval T_2 se može odrediti iz uslova:

$$v_Y((T_1 + T_2)^-) = 5V \cdot e^{-2000T_2} = 2,5V$$

odakle se dobija:

$$T_2 = 0,0005 \ln 2 = 346,57 \mu s.$$

Frekvencija oscilovanja kola je:

$$f = \frac{1}{T_1 + T_2} = 1,443 \text{ kHz}$$

Traženi vremenski dijagrami su prikazani na sledećoj slici:

