

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.1 ANALIZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.1.1 OPŠTE NAPOMENE

VI.1.2 SEKVENCIJALNA MREŽA MEALY-JEVOG TIP

VI.1.3 SEKVENCIJALNA MREŽA MOOR-OVOG TIP

VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2.1 OPŠTE NAPOMENE

VI.2.2 SEKVENCIJALNA MREŽA MEALY-JEVOG TIP

VI.2.3 SEKVENCIJALNA MREŽA MOOR-OVOG TIP

VI.2.4 KONSTRUKCIJA STRUKTURNIH ŠEMA FLIP-FLOPOVA

V.2.4.1 ASINHRONI FLIP-FLOPOVI

V.2.4.2 TAKTOVANI FLIP-FLOPOVI

V.2.4.2.1 JEDNOSTAVNE STRUKTURNE ŠEME

V.2.4.2.2 SLOŽENE STRUKTURE ŠEME

V.2.4.2.2.1 MS FLIP-FLOPOVI

V.2.4.2.2.1 ET FLIP-FLOPOVI

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.1 ANALIZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.1.1 OPŠTE NAPOMENE

Analiza sekvencijalne prekidačke mreže je postupak kojim se na osnovu zadate strukturne šeme dolazi do zakona funkcionisanja u obliku funkcija izlaza i funkcija prelaza.

Za taktovanu sekvencijalnu prekidačku mrežu konstruisanu prema kanoničkom modelu procedura analize se sastoji od sledeća dva koraka:

1. Pri proceduri analize kombinacione mreže koja generiše izlazne signale i signale pobuda flip-floпова odrede se funkcije izlaza i funkcije pobuda flip-floпова posmatrane sekvencijalne mreže.

2. Uvrštavanjem funkcija pobude flip-floпова u funkcije prelaza flip-floпова odrede se funkcije prelaza posmatrane sekvencijalne mreže.

Određivanjem funkcija izlaza i funkcija prelaza dobijen je zakon funkcionisanja sekvencijalne prekidačke mreže.

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.1 ANALIZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.1.1 OPŠTE NAPOMENE

Za potrebe sinteze sekvencijalnih prekidačkih mreža definiše se još dva načina predstavljanja funkcija izlaza i funkcija prelaza sekvencijalne prekidačke mreže i to pomoću tablica prelaza/izlaza i grafova prelaza/izlaza.

Tablica prelaza/izlaza ima 2^n kolona i 2^k vrsta, gde je n broj ulaznih signala i k broj signala stanja. Kolone se označavaju ulaznim vektorima X , a vrste vektorima stanja Q . U preseku i -te kolone i j -te vrste upisuje se vektor sledećeg stanja i izlazni vektor određeni funkcijama prelaza i izlaza sekvencijalne prekidačke mreže za odgovarajući par vektora X i Q .

Graf prelaza/izlaza je orijentisani označeni graf koji se konstruiše na sledeći način. Svakom stanju sekvencijalne prekidačke mreže pridružuje se čvor označen vektorom stanja. Prelaz iz sadašnjeg u sledeće stanje predstavlja se na grafu orijentisanom spojnicom koja polazi iz čvora označenog vektorom sadašnjeg stanja, a završava se u čvoru označenom vektorom sledećeg stanja. Spojnica se označava sa X/Z , gde je X ulazni vektor koji prevodi sekvencijalnu prekidačku mrežu iz sadašnjeg u sledeće stanje, a Z izlazni vektor koji odgovara ulazom vektoru i sadašnjem stanju. Ako više ulaznih vektora prevode sekvencijalnu mrežu iz sadašnjeg u isto sledeće stanje, onda se se na grafu obično koristi samo jedna spojnica označena sa više parova X/Z . Ako je za neko par vektora X i Q sledeće stanje jednako sadašnjem, onda se to predstavlja spojnicom koja polazi iz čvora označenog sa Q i završava se u njemu.

Tablice i grafovi prelaza/izlaza sekvencijalnih mreža i Mealy-jevog i Moor-ovog tipa mogu se konstruisati na isti način. Međutim, za sekvencijalnu mrežu Moor-ovog tipa obično se konstruišu nešto uprošćene tablice i nešto uprošćeni grafovi prelaza/izlaza. Za sekvencijalne mreže Moor-ovog tipa vredi:

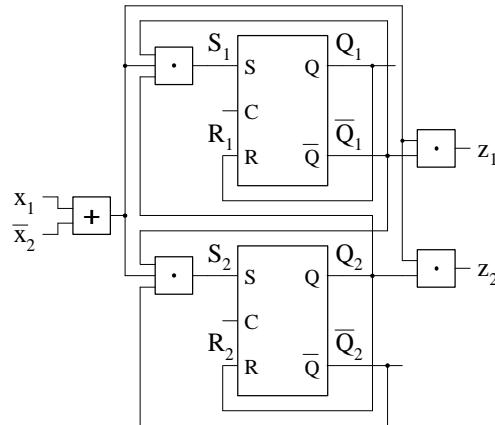
1. U sve ćelije jedne vrste tablice prelaza/izlaza upisuje se isti izlazni vektor Z i u oznake svih spojnica koje polaze iz jednog čvora grafa prelaza/izlaza upisuje se isti izlazni vektor Z .
2. Uprošćenje se sastoji u tome da se izlazni vektor Z ne upisuje u svaku ćeliju tablice prelaza/izlaza uz svaku spojnicu grafa prelaza/izlaza, već u posebnu kolonu koja se u tom cilju dodaje tablici prelaza/izlaza i u odgovarajući čvor pored vektora stanja na grafu prelaza/izlaza.

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.1 ANALIZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.1.2 SEKVENCIJALNA MREŽA MEALY-JEVOG TIPa

Potrebno je konstruisati tablicu i graf prelaza izlaza taktovane sekvencijalne mreže Mealy-jevog tipa zadate strukturnom šemom na slici 1.



Slika 1 Taktovana sekvencijalna mreža Mealy-jevog tipa

U prvom koraku se pri proceduri analize kombinacione mreže koja generiše izlazne signale i signale pobuda flip-floпова odrede se funkcije izlaza i funkcije pobuda flip-floпова.

Funkcije izlaza sekvencijalne pekidačke mreže su:

$$z_1 = (x_1 + \bar{x}_2) \cdot \bar{Q}_1 = x_1 \cdot \bar{Q}_1 + \bar{x}_2 \cdot \bar{Q}_1$$

$$z_2 = (x_1 + \bar{x}_2) \cdot Q_2 = x_1 \cdot Q_2 + \bar{x}_2 \cdot Q_2$$

Funkcije pobuda sekvencijalne pekidačke mreže su:

$$S_1 = (x_1 + \bar{x}_2) \cdot \bar{Q}_1 \cdot Q_2 = x_1 \cdot \bar{Q}_1 \cdot Q_2 + \bar{x}_2 \cdot \bar{Q}_1 \cdot Q_2$$

$$R_1 = Q_1$$

$$S_2 = (x_1 + \bar{x}_2) \cdot \bar{Q}_1 \cdot \bar{Q}_2 = x_1 \cdot \bar{Q}_1 \cdot \bar{Q}_2 + \bar{x}_2 \cdot \bar{Q}_1 \cdot \bar{Q}_2$$

$$R_2 = Q_2$$

U drugom koraku se zamenom funkcija pobuda iz prethodnog koraka u funkcije prelaza flip-floпова RS tipa dobijaju sledeći izrazi za funkcije prelaza sekvencijalne pekidačke mreže:

$$Q_1(t+1) = S_1 + \bar{R}_1 \cdot Q_1 = x_1 \cdot \bar{Q}_1 \cdot Q_2 + \bar{x}_2 \cdot \bar{Q}_1 \cdot Q_2$$

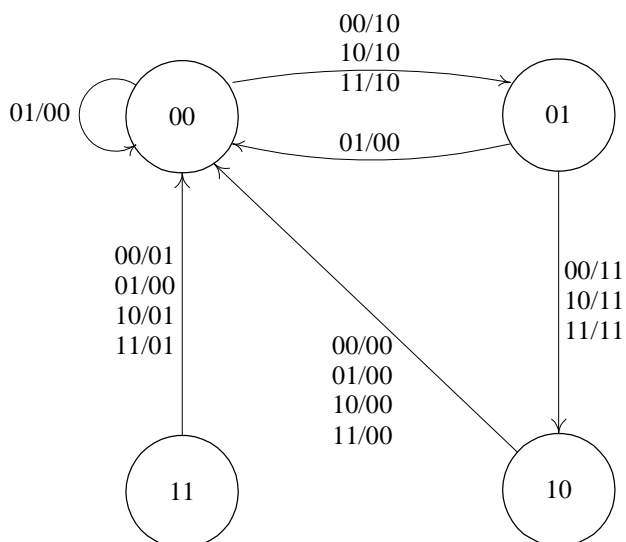
$$Q_2(t+1) = S_2 + \bar{R}_2 \cdot Q_2 = x_1 \cdot \bar{Q}_1 \cdot \bar{Q}_2 + \bar{x}_2 \cdot \bar{Q}_1 \cdot \bar{Q}_2$$

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA
 VI.1 ANALIZA SEKVENCIJALNIH MREŽA
 VI.1.2 SEKVENCIJALNA MREŽA MEALY-JEVOG TIP

Tablica i graf prelaza/izlaza su dati na slikama 2 i 3, respektivno.

Q \ X	00	01	10	11
00	01/10	00/00	01/10	01/10
01	10/11	00/00	10/11	10/11
10	00/00	00/00	00/00	00/00
11	00/01	00/00	00/01	00/01

Slika 2 Tablica prelaza/izlaza za sekvencijalnu mrežu Mealy-jevog tipa



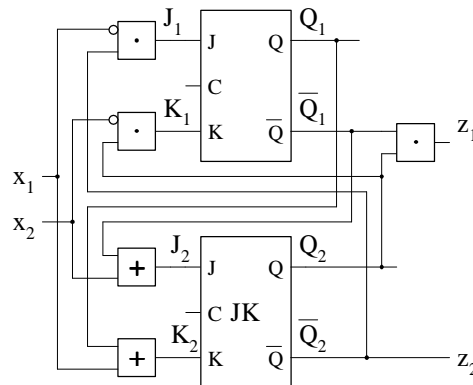
Slika 3 Graf prelaza/izlaza za sekvencijalnu mrežu Mealy-jevog tipa

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.1 ANALIZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.1.3 SEKVENCIJALNA MREŽA MOOR-OVOG TIPA

Potrebno je konstruisati tablicu i graf prelaza izlaza taktovane sekvencijalne mreže Moor-ovog tipa zadate strukturnom šemom na slici 4.



Slika 4 Taktovana sekvencijalna mreža Moor-ovog tipa

U prvom koraku se pri proceduri analize kombinacione mreže koja generiše izlazne signale i signale pobuda flip-flova odrede se funkcije izlaza i funkcije pobuda flip-flova.

Funkcije izlaza sekvencijalne pekidačke mreže su:

$$z_1 = \bar{Q}_1 \cdot Q_2$$

$$z_2 = \bar{Q}_2$$

Funkcije pobuda sekvencijalne pekidačke mreže su:

$$J_1 = \bar{x}_1 \cdot \bar{Q}_2$$

$$K_1 = \bar{x}_2 \cdot Q_2$$

$$J_2 = x_2 + \bar{Q}_1$$

$$K_2 = x_1 + Q_1$$

U drugom koraku se zamenom funkcija pobuda iz prethodnog koraka u funkcije prelaza flip-flova JK tipa dobijaju sledeći izrazi za funkcije prelaza sekvencijalne pekidačke mreže:

$$Q_1(t+1) = J_1 \cdot \bar{Q}_1 + \bar{K}_1 \cdot Q_1 = \bar{x}_1 \cdot \bar{Q}_2 \cdot \bar{Q}_1 + (x_2 + \bar{Q}_2) \cdot Q_1$$

$$Q_1(t+1) = \bar{x}_1 \cdot \bar{Q}_1 \cdot \bar{Q}_2 + x_2 \cdot Q_1 + Q_1 \cdot \bar{Q}_2$$

$$Q_2(t+1) = J_2 \cdot \bar{Q}_2 + \bar{K}_2 \cdot Q_2 = (x_2 + \bar{Q}_1) \cdot \bar{Q}_2 + \bar{x}_1 \cdot \bar{Q}_1 \cdot Q_2$$

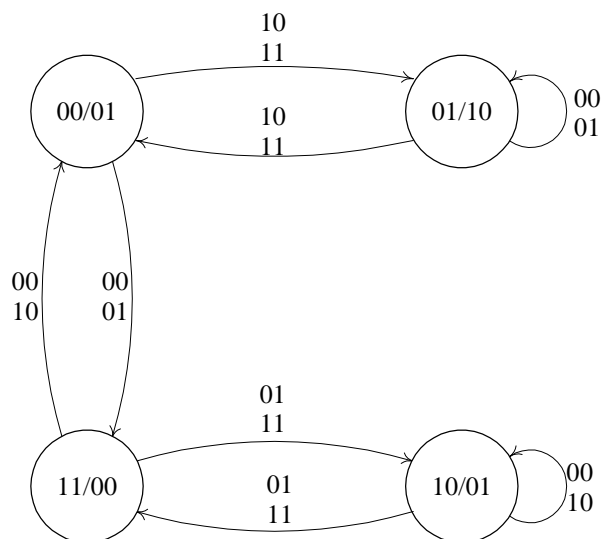
$$Q_2(t+1) = x_2 \cdot \bar{Q}_2 + \bar{Q}_1 \cdot \bar{Q}_2 + \bar{x}_1 \cdot \bar{Q}_1 \cdot Q_2$$

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA
 VI.1 ANALIZA SEKVENCIJALNIH MREŽA
 VI.1.2 SEKVENCIJALNA MREŽA MOOR-OVOG TIP

Tablica i graf prelaza/izlaza su dati na slikama 5 i 6, respektivno.

Q \ X	00	01	10	11	Z
00	11	11	01	01	01
01	01	01	00	00	10
10	10	11	10	11	01
11	00	10	00	10	00

Slika 5 Tablica prelaza/izlaza za sekvencijalnu mrežu Moor-ovog tipa



Slika 6 Graf prelaza/izlaza za sekvencijalnu mrežu Moor-ovog tipa

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2.1 OPŠTE NAPOMENE

Sinteza sekvencijalne mreže je postupak kojim se na osnovu zakona funkcionisanja dolazi do strukturne šeme.

Kompletan postupak sinteze taktovanih sekvencijalnih mreža sastoji se od četiri koraka i to:

1. konstrukcija grafa stanja i tablice stanja,
2. kodiranje stanja i konstrukcija tablice prelaza/izlaza,
3. izbor tipa flip-flopa i logičkih elemenata i određivanje funkcija izlaza i pobuda flip-flopova i
4. sinteza kombinacione mreže koja realizuje funkcije pobuda flip-flopova i izlaza sekvencijalne mreže.

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2.1 OPŠTE NAPOMENE

1. konstrukcija grafa stanja i tablice stanja

Problem je da je zakon funkcionisanja, koji bi trebalo da bude dat funkcijama izlaza i prelaza, obično dat opisno. Zbog toga se na osnovu opisnog datog zakona funkcionisanja najpre konstruišu graf stanja i tablica stanja.

Tablice i grafovi stanja se definišu slično tablicama i grafovima prelaza/izlaza, a razlike su u sledećem:

1. Stanjima u tablicama i grafovima stanja nisu pridruženi binarni vektori već su stanja označena sa A, B, C,... itd.
2. Broj stanja ne mora biti stepen broja 2
3. Za neke parove ulaznog vektora i vektora stanja ne mora biti definisano sledeće stanje i ne moraju biti definisane sve koordinate izlaznog vektora. To se u tablicama stanja označava pomoću simbola "b".

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2.1 OPŠTE NAPOMENE

2. kodiranje stanja i konstrukcija tablice prelaza/izlaza

Kodiranje stanja predstavlja pridruživanje binarnih vektora simbolima stanja.

Binarni vektori pridruženi stanjima neke sekvencijalne mreže obrazuju kod stanja.

Kodovi stanja se mogu proizvoljno pridruživati stanjima.

Međutim, od izabranog koda stanja zavisi složenost kombinacione mreže koja realizuje funkcije pobuda flip-flopova i funkcije izlaza taktovane sekvencijalne mreže.

Izbor se vrši na osnovu pravila najmanjih promena pri prelazu koje sugerise da stanja treba tako kodirati da se pri prelasku iz stanja u stanje menja što je moguće manji broj koordinata vektora stanja.

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2.1 OPŠTE NAPOMENE

3. izbor tipa flip-flopa i logičkih elemenata i određivanje funkcija izlaza i pobuda flip-flopova

Za realizaciju stanja sekvencijalne mreže može se koristiti bilo koji tip flip-flopova.

Za realizaciju kombinacione mreže koja generiše izlazne signale i signale pobuda može se koristiti bilo koji bazis logičkih elemenata.

Za određivanje funkcija izlaza i funkcija pobude flip-flopova pobuda potrebno je na osnovu tablice prelaza/izlaza i tablice pobude zadatog tipa flip-flopa konstruisati kombinacionu tablicu.

Na osnovu kombinacione potrebno je konstruisati Karnaugh-ove karte za signale pobuda i izlazne signale.

Pomoću Karnaugh-ovih karti potrebno je naći izraze za minimalne DNF ili minimalne KNF funkcija pobuda flip-flopova i funkcija izlaza. Dobijene izraze treba transformisati u oblik pogodan za realizaciju sa zadatim logičkim elementima. DNF je pogodniji ako su dati NI elementi, a KNF ako su dati NILI elementi.

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2.1 OPŠTE NAPOMENE

4. sinteza kombinacione mreže koja realizuje funkcije pobuda flip-flopova i izlaza sekvencijalne mreže

Na osnovu dobijenih izraza za signale pobuda flip-flopova treba postupkom sinteze kombinacionih prekidačkih mreža nacrtati strukturne šeme kombinacionih mreža koje generiše signale pobuda flip-flopova i njihove izlaze vezati na odgovarajuće ulaze flip-flopova.

Na osnovu dobijenih izraza za signale izlaza treba postupkom sinteze kombinacionih prekidačkih mreža nacrtati strukturne šeme kombinacionih mreža koje generiše signale izlaza.

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2.2 SEKVENCIJALNA MREŽA MEALY-JEVOG TIPa

1. konstrukcija grafa stanja i tablice stanja

Potrebno je konstruisati strukturnu šemu taktovane sekvencijalna mreže Mealyjevog tipa sa dva ulazna signala x_1 i x_2 i dva izlazna signala z_1 i z_2 . Izlazni signal z_1 dobija vrednost 1 kada se u nizu ulaznih vektora treći put pojavi 01 (ne mora uzastopno). Posle svakog $z_1=1$ brojanje počinje ispočetka. Izlazni signal z_2 dobija vrednost 1 u trenutku t_i ako je u trenutku t_{i-1} bilo $z_1=1$ (t_i i t_{i-1} su trenuci takta). U svim ostalim slučajevima z_1 i z_2 imaju vrednost 0. Ulazni signal $x_1=1$ uvek vraća mrežu u neko početno stanje. Vektor $x_1x_2 = 11$ nikada ne dolazi na ulaze mreže.

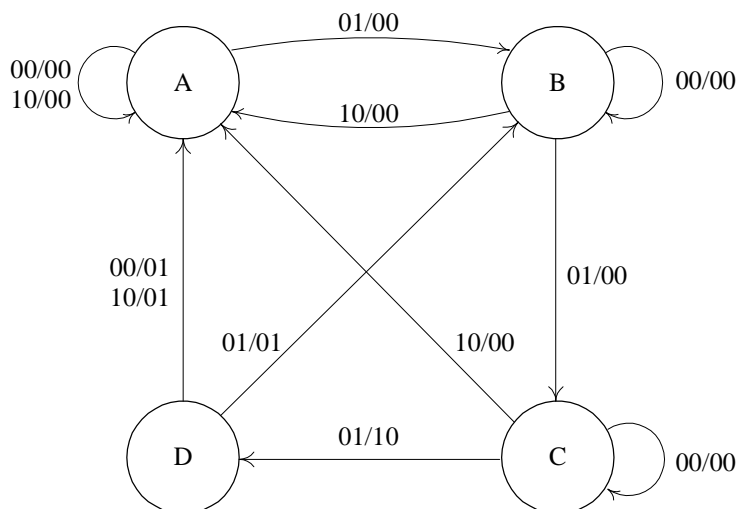
VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2.2 SEKVENCIJALNA MREŽA MEALY-JEVOG TIPA

1. konstrukcija grafa stanja i tablice stanja

Konstruisan je najpre graf stanja (slika 7). Stanja su označena sa A, B, C i D, pri čemu je početno stanje A. Na osnovu grafa stanja konstruisana je tablica stanja (slika 8).



Slika 7 Graf stanja taktovane sekvencijalne mreže Mealy-jevog tipa

s \ X	00	01	10	11
A	A/00	B/00	A/00	b/bb
B	B/00	C/00	A/00	b/bb
C	C/00	D/10	A/00	b/bb
D	A/01	B/01	A/01	b/bb

Slika 8 Tablica stanja taktovane sekvencijalne mreže Mealy-jevog tipa

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2.2 SEKVENCIJALNA MREŽA MEALY-JEVOG TIPA

2. kodiranje stanja i konstrukcija tablice prelaza/izlaza

Stanja sekvencijalne mreže Mealy-jevog tipa su kodirana sa

A=00, B=01, C=11 i D=10

Na osnovu tablice stanja (slika 8) konstruiše se tablica prelaza/izlaza (slika 9) tako što se u tablice stanja simboličke oznake stanja zamene binarnim vrednostima dodeljenim vektorima stanja.

Q \ X	00	01	10	11
00	00/00	01/00	00/00	bb/bb
01	01/00	11/00	00/00	bb/bb
10	00/01	01/01	00/01	bb/bb
11	11/00	10/10	00/00	bb/bb

Slika 9 Tablica prelaza/izlaza sekvencijalne mreže Mealy-jevog tipa

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2.2 SEKVENCIJALNA MREŽA MEALY-JEVOG TIPA

3. izbor tipa flip-flopa i logičkih elemenata i određivanje funkcija izlaza i pobuda flip-floпова

Za konstrukciju strukturne šeme taktovane sekvencijalne mreže Mealy-jevog tipa koristiti RS flip-floповe i NI logičke elemente.

Na osnovu tablice prelaza/izlaza (slika 9) i tablice pobude zadatog RS flip-flopa, konstruisana je kombinaciona tablica funkcija pobude flip-floпова i funkcija izlaza (slika 10).

X	Q	Q(t+1)	R ₁	S ₁	R ₂	S ₂	z ₁	z ₂
00	00	00	b	0	b	0	0	0
00	01	01	b	0	0	b	0	0
00	10	00	1	0	b	0	0	1
00	11	11	0	b	0	b	0	0
01	00	01	b	0	0	1	0	0
01	01	11	0	1	0	b	0	0
01	10	01	1	0	0	1	0	1
01	11	10	0	b	1	0	1	0
10	00	00	b	0	b	0	0	0
10	01	00	b	0	1	0	0	0
10	10	00	1	0	b	0	0	1
10	11	00	1	0	1	0	0	0
11	00	bb	b	b	b	b	b	b
11	01	bb	b	b	b	b	b	b
11	10	bb	b	b	b	b	b	b
11	11	bb	b	b	b	b	b	b

Slika 10 Kombinaciona tablica funkcija pobude flip-floпова i funkcija izlaza sekvencijalne mreže Mealy-jevog tipa

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2.2 SEKVENCIJALNA MREŽA MEALY-JEVOG TIPa

3. izbor tipa flip-flopa i logičkih elemenata i određivanje funkcija izlaza i pobuda flip-floпова

Na osnovu kombinacione tablice funkcija pobude flip-floпова i funkcija izlaza (slika 10 konstruisane su Karnaugh-ove karte za signale pobuda R_1 i S_1 (slika 11), R_2 i S_2 (slika 12) i izlazne signale z_1 i z_2 (slika 13).

Pomoću Karnaugh-ovih karti određene su minimalne DNF (dati su NI elementi) funkcija pobuda flip-floпова i funkcija izlaza, a zatim transformacijama dobijeni izrazi pogodni za realizaciju sa NI elementima.

$$R_1 = x_1 + \overline{Q_2} = \overline{\overline{x_1 + \overline{Q_2}}} = \overline{\overline{x_1} \cdot Q_2}$$

$$S_1 = x_2 \cdot Q_2 = \overline{\overline{x_2 \cdot Q_2}}$$

$$R_2 = x_1 + x_2 Q_1 Q_2 = \overline{\overline{x_1 + x_2 Q_1 Q_2}} = \overline{\overline{\overline{x_1} \cdot \overline{x_2 Q_1 Q_2}}}$$

$$S_2 = x_2 \cdot \overline{Q_2} = \overline{\overline{x_2 \cdot \overline{Q_2}}}$$

$$z_1 = x_2 \cdot Q_1 \cdot Q_2 = \overline{\overline{x_2 \cdot Q_1 \cdot Q_2}}$$

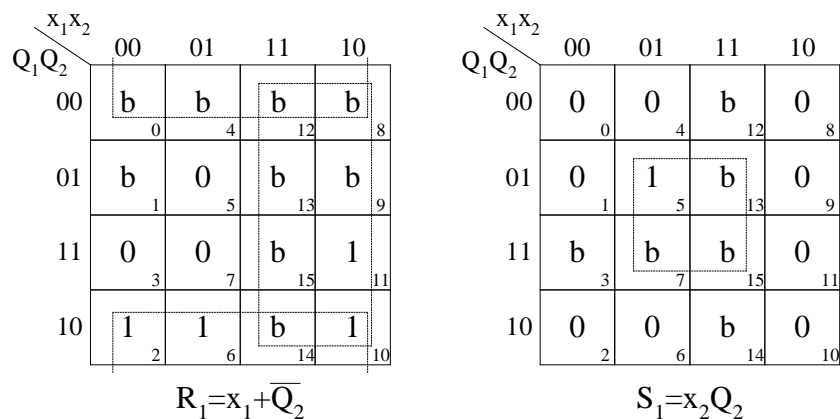
$$z_2 = Q_1 \cdot \overline{Q_2} = \overline{\overline{Q_1 \cdot \overline{Q_2}}}$$

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

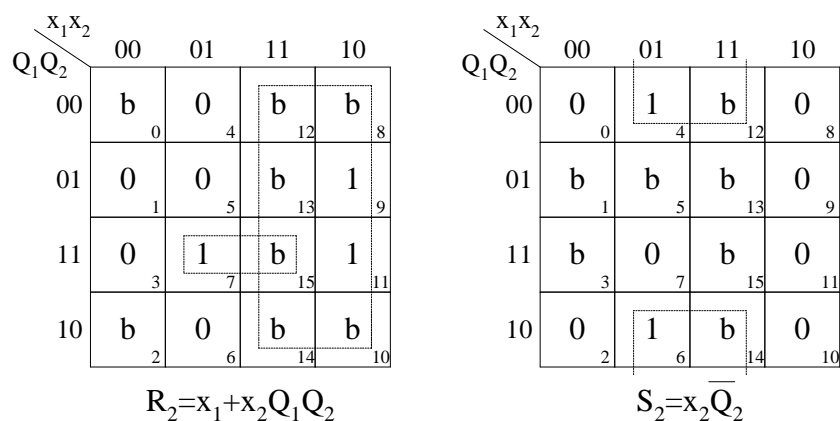
VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2.2 SEKVENCIJALNA MREŽA MEALY-JEVOG TIPA

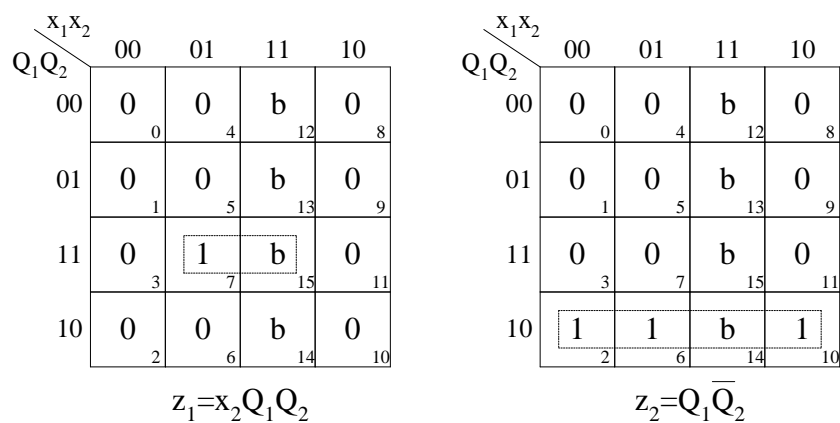
3. izbor tipa flip-flopa i logičkih elemenata i određivanje funkcija izlaza i pobuda flip-floпова



Slika 11 Karnaugh-ove karte za signale pobuda R_1 i S_1



Slika 12 Karnaugh-ove karte za signale pobuda R_2 i S_2



Slika 13 Karnaugh-ove karte za izlazne signale z_1 i z_2

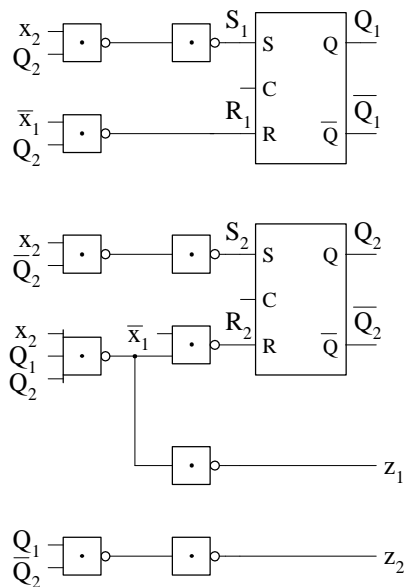
VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2.2 SEKVENCIJALNA MREŽA MEALY-JEVOG TIPA

4. sinteza kombinacione mreže koja realizuje funkcije pobuda flip-flopora i izlaza sekvencijalne mreže

Na osnovu dobijenih izraza za signale pobuda flip-flopora postupkom sinteze kombinacionih prekidačkih mreža nacrtane su strukturne šeme kombinacionih mreža koje generišu signale pobuda flip-flopora i njihovi izlazi vezani na odgovarajuće ulaze flip-flopora, a zatim su na osnovu dobijenih izraza za signale izlaza postupkom sinteze kombinacionih prekidačkih mreža nacrtane strukturne šeme kombinacionih mreža koje generišu signale izlaza (slika 14).



Slika 14 Strukturna šema taktovane sekvencijalne mreže Mealy-jevog tipa

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2.3 SEKVENCIJALNA MREŽA MOOR-OVOG TIPÁ

1. konstrukcija grafa stanja i tablice stanja

Potrebno je konstruisati strukturnu šemu taktovane sekvencijalna mreže Moor-ovog tipa sa dva ulazna signala x_1 i x_2 i tri izlazna signala z_1 , z_2 i z_3 . Na ulaz x_1 dolazi binarni broj N_1 , a na ulaz x_2 binarni broj N_2 i to cifra po cifra počev od najmlađe cifre. Izlazni signali dobijaju vrednosti $z_1=1$ ako je N_1 veći od N_2 , $z_2=1$ ako je $N_1=N_2$ i $z_3=1$ ako je N_1 manje od N_2 , što znači da u svakom trenutku samo jedan izlazni signal ima vrednost 1.

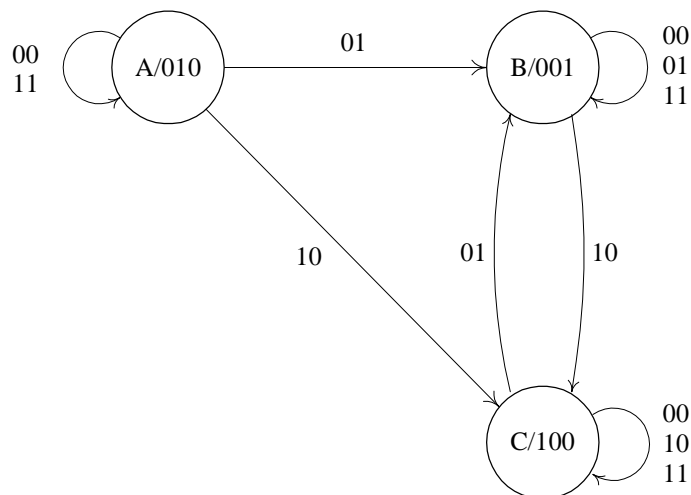
VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2.3 SEKVENCIJALNA MREŽA MOOR-OVOG TIPA

1. konstrukcija grafa stanja i tablice stanja

Konstruisan je najpre graf stanja (slika 15). Stanja su označena sa A, B i C, pri čemu je početno stanje A. Na osnovu grafa stanja konstruisana je tablica stanja (slika 16).



Slika 15 Graf stanja sekvencijalne mreže Moor-ovog tipa

s \ X	00	01	10	11	Z
A	A	B	C	A	010
B	B	B	C	B	001
C	C	B	C	C	100

Slika 16 Tablica stanja sekvencijalne mreže Moor-ovog tipa

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2.3 SEKVENCIJALNA MREŽA MOOR-OVOG TIPa

2. kodiranje stanja i konstrukcija tablice prelaza/izlaza

Stanja sekvencijalne mreže Moor - ovog tipa su kodirana sa
A=00, B=01 i C=11.

Na osnovu tablice stanja (slika 16) konstruiše se tablica prelaza/izlaza tako što se u tablice stanja simboličke oznake stanja zamene binarnim vrednostima dodeljenim vektorima stanja.

Tablica prelaza/izlaza je data na slici 17.

Q \ X	00	01	10	11	Z
00	00	01	11	00	010
01	01	01	11	01	001
10	bb	bb	bb	bb	bbb
11	11	01	11	11	100

Slika 17 Tablica prelaza/izlaza sekvencijalne mreže Moor-ovog tipa

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2.3 SEKVENCIJALNA MREŽA MOOR-OVOG TIP A

3. izbor tipa flip-flopa i logičkih elemenata i određivanje funkcija izlaza i pobuda flip-flopa

Za konstrukciju strukturne šeme taktovane sekvencijalne mreže Moor-ovog tipa koristiti T flip-flobove i NILI logičke elemente.

Na osnovu tablice prelaza/izlaza (slika 17) i tablice pobude zadatog T flip-flopa, konstruisana je kombinaciona tablica funkcija pobude flip-flopa (slika 18).

X	Q	Q(t+1)	T ₁	T ₂
00	00	00	0	0
00	01	01	0	0
00	10	bb	b	b
00	11	11	0	0
01	00	01	0	1
01	01	01	0	0
01	10	bb	b	b
01	11	01	1	0
10	00	11	1	1
10	01	11	1	0
10	10	bb	b	b
10	11	11	0	0
11	00	00	0	0
11	01	01	0	0
11	10	bb	b	b
11	11	11	0	0

Slika 18 Kombinaciona tablica funkcija pobude flip-flopa sekvencijalne mreže Moor-ovog tipa

Pošto se radi o sekvencijalnoj mreži Moor-ovog tipa kod koje izlazni signali zavise samo od signala stanja a ne i od ulaznih signala, kombinaciona tablica za sekvencijalnu mrežu Moor-ovog tipa sadrži samo funkcije pobuda flip-flopa.

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2.3 SEKVENCIJALNA MREŽA MOOR-OVOG TIPA

3. izbor tipa flip-flopa i logičkih elemenata i određivanje funkcija izlaza i pobuda flip-floпова

Na osnovu kombinacione tablice funkcija pobude flip-floпова (slika 18) konstruisane su Karnaugh-ove karte za signale pobuda T_1 i T_2 (slika 19), a na osnovu tablice prelaza/izlaza (slika 17) Karnaugh-ove karte za izlazne signale z_1 , z_2 i z_3 (slika 20).

Pomoću Karnaugh-ovih karti određene su minimalne KNF (dati su NILI elementi) funkcija pobuda flip-floпова i funkcija izlaza, a zatim transformacijama dobijeni izrazi pogodni za realizaciju sa NILI elementima.

$$T_1 = (x_1 + x_2) \cdot (\bar{x}_2 + Q_1) \cdot (\bar{x}_1 + \bar{Q}_1) = \overline{(x_1 + x_2) \cdot (\bar{x}_2 + Q_1) \cdot (\bar{x}_1 + \bar{Q}_1)}$$

$$T_1 = \overline{x_1 + x_2 + \bar{x}_2 + Q_1 + \bar{x}_1 + \bar{Q}_1}$$

$$T_2 = \bar{Q}_2 \cdot (x_1 + x_2) \cdot (\bar{x}_1 + \bar{x}_2) = \overline{\bar{Q}_2 \cdot (x_1 + x_2) \cdot (\bar{x}_1 + \bar{x}_2)}$$

$$T_2 = \overline{Q_2 + x_1 + x_2 + \bar{x}_1 + \bar{x}_2}$$

$$z_1 = Q_1$$

$$z_2 = \bar{Q}_2$$

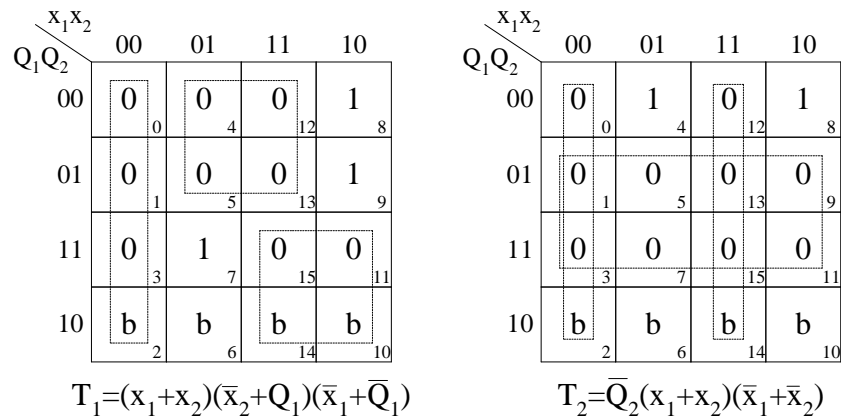
$$z_3 = \bar{Q}_1 \cdot Q_2 = \overline{\bar{Q}_1 \cdot Q_2} = \overline{\bar{Q}_1} + \overline{Q_2}$$

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

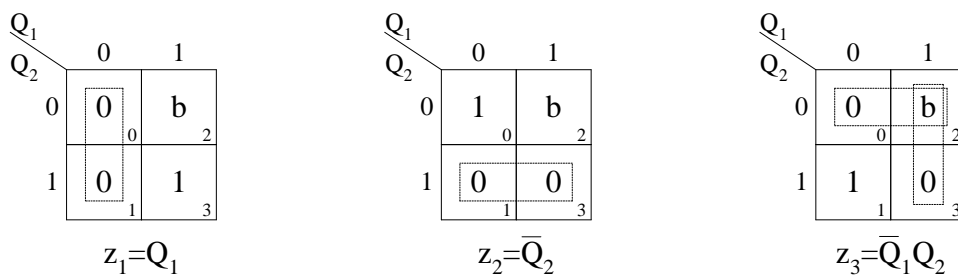
VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2.3 SEKVENCIJALNA MREŽA MOOR-OVOG TIPA

3. izbor tipa flip-flopa i logičkih elemenata i određivanje funkcija izlaza i pobuda flip-flopa



Slika 19 Karnaugh-ove karte za signale pobuda T_1 i T_2



Slika 20 Karnaugh-ove karte za izlazne signale z_1 , z_2 i z_3

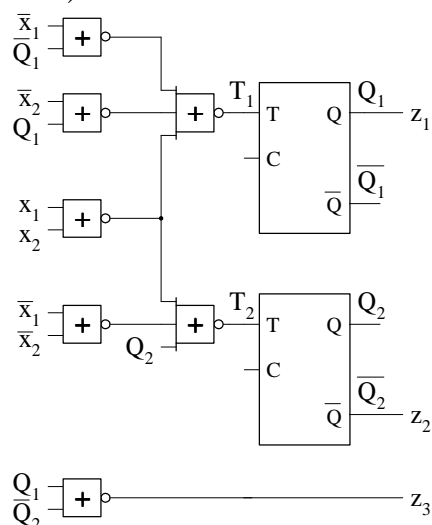
VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2.3 SEKVENCIJALNA MREŽA MOOR-OVOG TIPA

4. sinteza kombinacione mreže koja realizuje funkcije pobuda flip-flopova i izlaza sekvencijalne mreže

Na osnovu dobijenih izraza za signale pobuda flip-flopova postupkom sinteze kombinacionih prekidačkih mreža nacrtane su strukturne šeme kombinacionih mreža koje generišu signale pobuda flip-flopova i njihovi izlazi vezani na odgovarajuće ulaze flip-flopova, a zatim su na osnovu dobijenih izraza za signale izlaza postupkom sinteze kombinacionih prekidačkih mreža nacrtane strukturne šeme kombinacionih mreža koje generišu signale izlaza (slika 21).



Slika 21 Strukturna šema taktovane sekvencijalne mreže Moor-ovog tipa

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2.4 KONSTRUKCIJA STRUKTURNIH ŠEMA FLIP-FLOPOVA

Razmatra se

1. realizacija asinhronih flip-flopova RS tipa a zatim
2. realizacija taktovanih flip-flopova RS, D, T i JK tipa korišćenjem asinhronih flip-flopova RS tipa.

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA
 VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA
 VI.2.4 KONSTRUKCIJA STRUKTURNIH ŠEMA FLIP-FLOPOVA
 VI.2.4.1 ASINHRONI FLIP-FLOPOVI

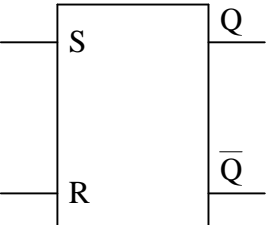
U glavi IV dat je asinhroni RS flip-flop.

Asinhroni flip-flop se opisuje

1. zakonom funkcionisanja koji je dat funkcijom prelaza i tablicom,
2. grafičkim simbolom kojim se označava u strukturnim šemama i
3. nazivom koji predstavlja njegovo ime.

Opis asinhronog RS flip-flop je dat na slici 22 koja sadrži:

1. zakon funkcionisanja u prvoj koloni,
2. grafički simbol u drugoj koloni i
3. naziv u trećoj koloni.

ZAKON FUNKCIONISANJA	GRAFICKI SIMBOL	NAZIV															
$Q(t+1) = S + \bar{R}Q$ $SR = 0$ <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>R</th> <th>S</th> <th>Q(t+1)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>Q</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>?</td> </tr> </tbody> </table>	R	S	Q(t+1)	0	0	Q	0	1	1	1	0	0	1	1	?		RS FF
R	S	Q(t+1)															
0	0	Q															
0	1	1															
1	0	0															
1	1	?															

Slika 22 Asinhroni RS flip-flop

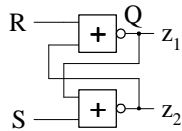
VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

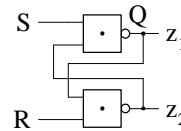
VI.2.4 KONSTRUKCIJA STRUKTURNIH ŠEMA FLIP-FLOPOVA

VI.2.4.1 ASINHRONI FLIP-FLOPOVI

Asinhroni flip-flop RS tipa (slika 22) se realizuje pomoću dva NILI elementa sa povratnim spregama (slika 23.a).



Slika 23.a Asinhroni flip-flop sa NILI elementima



Slika 23.b Asinhroni flip-flop sa NI elementima

Asinhroni flip-flopa RS tipa (slika 23.a) funkcioniše na sledeći način:

1. ako je na ulazu S vrednost 1, a na ulazu R vrednost 0, na izlazu Q se uspostavlja vrednost 1, koja ostaje i kada signal na ulazu S pređe na vrednost 0,
2. ako je na ulazu S vrednost 0, a na ulazu R vrednost 1, na izlazu Q se uspostavlja vrednost 0, koja ostaje i kada signal na ulazu R pređe na vrednost 0,
3. vrednosti 0 signala na ulazima S i R ne menjaju zadnju uspostavljenу vrednost signala na izlazu Q i
4. vrednosti 1 signala na ulazima S i R nisu dozvoljene.

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2.4 KONSTRUKCIJA STRUKTURNIH ŠEMA FLIP-FLOPOVA

VI. 2.4.1 ASINHRONI FLIP-FLOPOVI

Asinhroni flip-flop RS tipa se može realizovati i pomoću dva NI elementa sa povratnim spregama (slika 23.b).

Asinhroni flip-flopa RS tipa (slika 23.b) funkcioniše na sledeći način:

1. ako je na ulazu S vrednost 0, a na ulazu R vrednost 1, na izlazu Q se uspostavlja vrednost 1, koja ostaje i kada signal na ulazu S pređe na vrednost 0,
2. ako je na ulazu S vrednost 1, a na ulazu R vrednost 0, na izlazu Q se uspostavlja vrednost 0, koja ostaje i kada signal na ulazu R pređe na vrednost 0,
3. vrednosti 1 signala na ulazima S i R ne menjaju zadnju uspostavljenju vrednost signala na izlazu Q i
4. vrednosti 0 signala na ulazima S i R nisu dozvoljene.

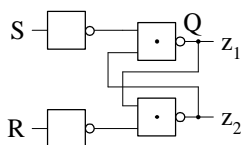
VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2.4 KONSTRUKCIJA STRUKTURNIH ŠEMA FLIP-FLOPOVA

VI. 2.4.1 ASINHRONI FLIP-FLOPOVI

Ukoliko se ispred ulaza S i R (slika 23.b) stave NE elementi, onda se i asinhroni flip-flopa RS tipa sa NI elementima (slika 23.c) ponaša kao asinhroni flip-flop RS tipa (slika 22)



Slika 23.c Asinhroni flip-flop sa NI elementima

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2.4 KONSTRUKCIJA STRUKTURNIH ŠEMA FLIP-FLOPOVA

VI. 2.4.1 ASINHRONI FLIP-FLOPOVI

Do prekidačkih funkcija kojima se predstavljaju zakoni funkcionisanja prekidačkih mreža sa slika 23.a i 23.b ne može se doći metodom analize kombinacionih mreža, jer u tim strukturnim šemama postoje povratne sprege. Za takve strukturne šeme se definišu posebne metode analize.

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

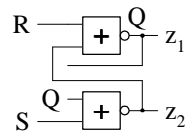
VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2.4 KONSTRUKCIJA STRUKTURNIH ŠEMA FLIP-FLOPOVA

VI. 2.4.1 ASINHRONI FLIP-FLOPOVI

Posmatra se strukturna šema flip-flopa sa slike 23.a.

Treba zamisliti da je presečena linija označena sa Q . Na taj način se posmatrana strukturna šema sa dva ulaza i dva izlaza pretvara u hipotetičku kombinacionu mrežu sa tri ulaza R , S i Q i tri izlaza Q , z_1 i z_2 . (slika 24).



Slika 24 Asinhroni RS flip-flop sa NILI elementima kao hipotetička kombinaciona mreža

Ako se u trenutku koji je označen sa t promeni ulazni vektor RS u hipotetičkoj kombinacionoj mreži se u vremenskom periodu koji odgovara kašnjenju kroz dva NILI elementa odvija prelazni proces. Po isteku tog vremenskog perioda u trenutku koji se označava sa $t+1$ završava se prelazni proces i na unutrašnjoj liniji Q koja predstavlja liniju stanja se formira vrednost

$$Q(t+1) = R + \overline{S + Q} = \overline{R}(S + Q) = \overline{RS} + \overline{R}Q.$$

Trenutak t se naziva sadašnji trenutak, a trenutak $t+1$ sledeći trenutak. Saglasno tome stanje Q se naziva sadašnje stanje, a stanje $Q(t+1)$ sledeće stanje.

Preostala dva signala hipotetičke kombinacione mreže su

$$z_1 = Q \text{ i } z_2 = \overline{S + Q} = \overline{S} \cdot \overline{Q}$$

Prekidačka funkcija $Q(t+1) = \overline{RS} + \overline{R}Q$ se naziva funkcija prelaza ili funkcija sledećeg stanja asinhronog RS flip-flopa sa NILI elementima. Prekidačke funkcije $z_1 = Q$ i $z_2 = \overline{S} \cdot \overline{Q}$ se nazivaju funkcijama izlaza asinhronog RS flip-flopa sa NILI elementima.

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

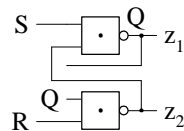
VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2.4 KONSTRUKCIJA STRUKTURNIH ŠEMA FLIP-FLOPOVA

VI. 2.4.1 ASINHRONI FLIP-FLOPOVI

Posmatra se strukturna šema flip-flopa sa slike 23.b.

Treba zamisliti da je presečena linija označena sa Q. Na taj način se posmatrana strukturna šema sa dva ulaza i dva izlaza pretvara u hipotetičku kombinacionu mrežu sa tri ulaza R, S i Q i tri izlaza Q, z_1 i z_2 . (slika 25).



Slika 25 Asinhroni RS flip-flop sa NI elementima kao hipotetička kombinaciona mreža

Ako se u trenutku koji je označen sa t promeni ulazni vektor RS u hipotetičkoj kombinacionoj mreži se u vremenskom periodu koji odgovara kašnjenju kroz dva NI elementa odvija prelazni proces. Po isteku tog vremenskog perioda u trenutku koji se označava sa t+1 završava se prelazni proces i na unutrašnjoj liniji Q koja predstavlja liniju stanja se formira vrednost

$$Q(t+1) = \overline{S \cdot R \cdot Q} = \overline{S} + RQ.$$

Trenutak t se naziva sadašnji trenutak, a trenutak t+1 sledeći trenutak. Saglasno tome stanje Q se naziva sadašnje stanje, a stanje Q(t+1) sledeće stanje.

Preostala dva signala hipotetičke kombinacione mreže su

$$z_1 = Q \text{ i } z_2 = \overline{R \cdot Q} = \overline{R} + \overline{Q}$$

Prekidačka funkcija $Q(t+1) = \overline{S} + RQ$ se naziva funkcija prelaza ili funkcija sledećeg stanja asinhronog RS flip-flopa sa NI elementima. Prekidačke funkcije $z_1 = Q$ i $z_2 = \overline{R} + \overline{Q}$ se nazivaju funkcijama izlaza asinhronog RS flip-flopa sa NI elementima.

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2.4 KONSTRUKCIJA STRUKTURNIH ŠEMA FLIP-FLOPOVA

VI. 2.4.1 ASINHRONI FLIP-FLOPOVI

Na osnovu izraza za funkcije izlaza i prelaza za asinhronne RS flip-flobove realizovane sa NILI i NI elementima formirane su odgovarajuće kombinacione tablice (slike 26.a i 26.b).

R	S	Q	Q(t+1)	z ₁	z ₂
0	0	0	0	0	1
0	0	1	1	1	0
0	1	0	1	0	0
0	1	1	1	1	0
1	0	0	0	0	1
1	0	1	0	1	0
1	1	0	0	0	0
1	1	1	0	1	0

Slika 26.a Kombinaciona tablica
za asinhroni RS
flip-flop sa NILI elementima

R	S	Q	Q(t+1)	z ₁	z ₂
0	0	0	1	0	1
0	0	1	1	1	1
0	1	0	0	0	1
0	1	1	0	1	1
1	0	0	1	0	1
1	0	1	1	1	0
1	1	0	0	0	1
1	1	1	1	1	0

Slika 26.b Kombinaciona
tablica za asinhroni RS
flip-flop sa NI elementima

Za stanje Q flip-flopa se kaže da je stabilno za neki ulazni vektor ako je za taj ulazni vektor $Q(t+1) = Q$. U suprotnom slučaju stanje je nestabilno za taj ulazni vektor.

U stabilnom stanju flip-flop se nalazi dok se ne promeni ulazni vektor. U nestabilnom stanju flip-flop se ne zadržava jer odmah započinje prelaz u sledeće stanje.

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2.4 KONSTRUKCIJA STRUKTURNIH ŠEMA FLIP-FLOPOVA

VI. 2.4.1 ASINHRONI FLIP-FLOPOVI

Na osnovu tablice sa slike 26.a se vidi da je:

1. za $RS = 00$ u stabilnom je stanju za vrednosti Q i 0 i 1
2. za $RS = 01$ u stabilnom je stanju ili prelazi u stabilno stanje u zavisnosti od vrednosti Q ,
3. za $RS = 10$ u stabilnom je stanju ili prelazi u stabilno stanje u zavisnosti od vrednosti Q
4. za $RS = 11$ u stabilnom je stanju ili prelazi u stabilno stanje u zavisnosti od vrednosti Q

Problem je promena ulaznog vektora RS sa 11 na 00, jer će flip-flop preći u jedno od dva stabilna stanja, ali se ne može predvideti u koje. Stoga

1. promena RS sa 11 preko 10 na 00 dovodi u $Q = 0$, dok
2. promena RS sa 11 preko 01 na 00 dovodi u $Q = 1$.

Zbog toga je kod asinhronog RS flip-flopa sa NILI elementima ulazni vektor $RS = 11$ zabranjen što se definiše relacijom $RS = 0$.

Kada se uzme u obzir da je $SR = 0$, tada funkcija prelaza postaje
 $Q(t+1) = \overline{RS} + \overline{R}Q = \overline{RS} + RS + \overline{R}Q = S(\overline{R} + R) + \overline{R}Q = S + \overline{R}Q$

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2.4 KONSTRUKCIJA STRUKTURNIH ŠEMA FLIP-FLOPOVA

VI. 2.4.1 ASINHRONI FLIP-FLOPOVI

Na osnovu tablice sa slike 26.b se vidi da je:

1. za $RS = 11$ u stabilnom je stanju za vrednosti Q i 0 i 1,
2. za $RS = 01$ u stabilnom je stanju ili prelazi u stabilno stanje u zavisnosti od vrednosti Q ,
3. za $RS = 10$ u stabilnom je stanju ili prelazi u stabilno stanje u zavisnosti od vrednosti Q ,
4. za $RS = 00$ u stabilnom je stanju ili prelazi u stabilno stanje u zavisnosti od vrednosti Q

Problem je promena ulaznog vektora RS sa 00 na 11, jer će flip-flop preći u jedno od dva stabilna stanja, ali se ne može predvideti u koje. Stoga

1. promena RS sa 00 preko 01 na 11 dovodi u $Q = 0$, dok
2. promena RS sa 00 preko 10 na 11 dovodi u $Q = 1$.

Zbog toga je kod asinhronog RS flip-flopa sa NILI elementima ulazni vektor $RS = 00$ zabranjen što se definiše relacijom $R+S = 1$.

Iz tablica sa slika 26.a i 26.b se vidi da je za sve dozvoljene ulazne vektore u stabilnom stanju $z_2 = \overline{Q}$, kao i da je $z_1 = Q$. Zbog toga funkcije izlaza z_1 i z_2 nisu potrebne.

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2.4 KONSTRUKCIJA STRUKTURNIH ŠEMA FLIP-FLOPOVA

VI.2.4.1 ASINHRONI FLIP-FLOPOVI

Kada se iz tablica sa slika 26.a i 26.b izostave kolone za z_1 i z_2 te tablice se mogu napisati u kompaktnijem obliku unošenjem promenljive Q u kolonu za $Q(t+1)$. Tako se dolazi do tablica sa slika 27.a i 27.b koje se nazivaju tablicama prelaza asinhronih RS flip-flopova. Sa simbolom "?" naznačeno je da je odgovarajući ulazni vektor RS zabranjen.

R	S	$Q(t+1)$
0	0	Q
0	1	1
1	0	0
1	1	?

Slika 27.a Tablica prelaza asinhronog RS flip-flopa sa NILI elementima

R	S	$Q(t+1)$
0	0	?
0	1	1
1	0	0
1	1	Q

Slika 27.b Tablica prelaza asinhronog RS flip-flopa sa NI elementima

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2.4 KONSTRUKCIJA STRUKTURNIH ŠEMA FLIP-FLOPOVA

VI.2.4.2 TAKTOVANI FLIP-FLOPOVI

Kod taktovanih flip-flopa pored ulaznih signala koji zavise od tipa flip-flopa postoji obavezno još jedan ulazni signal koji se naziva signal takta. Pri vrednosti 0 signala takta flip-flop se zadržava u sadašnjem stanju neograničeno vreme nezavisno od vrednosti preostalih ulaznih signala. Pri vrednosti 1 signala takta flip-flop može da pređe iz sadašnjeg u sledeće stanje saglasno funkciji prelaza flip-flopa.

Postoje četiri tipa taktovanih flip-flopa i to:

1. taktovani D flip-flop
2. taktovani T flip-flop
3. taktovani RS flip-flop
4. taktovani JK flip-flop

Sva četiri tipa taktovanih flip-flopa mogu da se realizuju pomoću asinhronih flip-flopa RS tipa i to:

1. asinhronog flip-flopa RS tipa sa NILI elementima i
2. asinhronog flip-flopa RS tipa sa NI elementima i

Razmotriće se realizacija sva četiri tipa taktovanih flip-flopa korišćenjem asinhronog flip-flopa RS tipa sa NILI elementima.

Kada se u dobijenim strukturnim šemama asinhroni flip-flop RS tipa sa NILI elementima (slika 23.a) zameni sa strukturnom šemom koja se ponaša na identičan način a sadrži asinhroni flip-flop RS tipa sa NI elementima (slika 23.c), dobijaju se strukturne šeme taktovanih flip-flopa sva četiri tipa u kojima se pojavljuje asinhroni flip-flop RS tipa sa NI elementima (slika 23.b).

U strukturnim šemama sva četiri tipa taktovanih flip-flopa ulazi asinhronih flip-flopa su označeni sa R_a i S_a .

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2.4 KONSTRUKCIJA STRUKTURNIH ŠEMA FLIP-FLOPOVA

VI.2.4.2 TAKTOVANI FLIP-FLOPOVI

Razmatra se najpre realizacija

taktovanih flip-flopora sa jednostavnim strukturnim šemama,

a zatim i realizacija

taktovanih flip-flopora sa složenim strukturnim šemama.

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2.4 KONSTRUKCIJA STRUKTURNIH ŠEMA FLIP-FLOPOVA

VI.2.4.2 TAKTOVANI FLIP-FLOPOVI

VI.2.4.2.1 JEDNOSTAVNE STRUKTURNE ŠEME

Razmatra se realizacija četiri tipa taktovanih flip-flopora sa jednostavnim strukturnim šemama i to:

1. taktovani D flip-flop,
2. taktovani T flip-flop,
3. taktovani RS flip-flop,
4. taktovani JK flip-flop.

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2.4 KONSTRUKCIJA STRUKTURNIH ŠEMA FLIP-FLOPOVA

VI.2.4.2 TAKTOVANI FLIP-FLOPOVI

VI.2.4.2.1 JEDNOSTAVNE STRUKTURNE ŠEME

Jednostavne strukturne šeme taktovanih flip-flopova se dobijaju standardnim postupkom sinteze sekvencijalnih prekidačkih mreža tako što se najpre

1. formira kombinaciona tablica funkcije prelaza zadatog taktovanog flip-flopa koja daje zavisnost vrednosti signala stanja u sledećem trenutku $Q(t+1)$ od vrednosti signala stanja u sadašnjem trenutku $Q(t)$ i vrednosti ulaznih signala datog taktovanog flip-flopa uključujući i signal takta C , zatim

2. formira kombinaciona tablica funkcije prelaza zadatog taktovanog flip-flopa i funkcija pobuda asinhronog RS flip-flopa sa NILI elementima tako što se u kombinacionu tablicu funkcije prelaza zadatog taktovanog flip-flopa dodaju kolone sa vrednostima signala pobuda asinhronog RS flip-flopa kojima se realizuju funkcije prelaza zadatog taktovanog flip-flopa, potom pomoću

3. Karnaugh-ovih karti za funkcije pobuda asinhronog RS flip-flopa kojima se realizuju funkcije prelaza zadatog taktovanog flip-flopa formiraju izrazi za funkcije pobuda asinhronog RS flip-flopa i na kraju

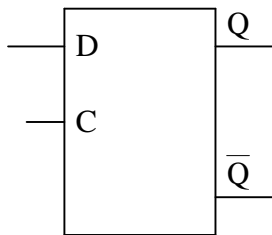
4. postupkom sinteze kombinacionih mreža dobijaju strukturne šeme kombinacionih prekidačkih mreža za funkcije pobuda asinhronog RS flip-flopa čiji se izlazi vode na ulaze asinhronog RS flip-flopa.

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA
 VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA
 VI.2.4 KONSTRUKCIJA STRUKTURNIH ŠEMA FLIP-FLOPOVA
 VI.2.4.2 TAKTOVANI FLIP-FLOPOVI
 VI.2.4.2.1 JEDNOSTAVNE STRUKTURNE ŠEME

D flip-flop

Grafički simbol D flip-flopa je dat na slici 28.

Kombinaciona tablica funkcija prelaza D flip-flopa je dat na slici 29.



Slika 28 Grafički simbol D flip-flopa

C	D	Q	Q(t+1)
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	1

Slika 29 Kombinaciona tablica funkcija prelaza D flip-flopa

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2.4 KONSTRUKCIJA STRUKTURNIH ŠEMA FLIP-FLOPOVA

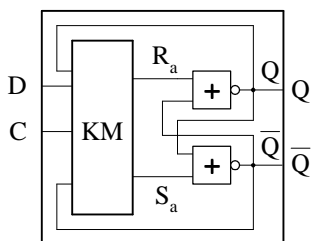
VI.2.4.2 TAKTOVANI FLIP-FLOPOVI

VI.2.4.2.1 JEDNOSTAVNE STRUKTURNE ŠEME

D flip-flop

Model strukturne šeme D flip-flopa je dat na slici 30.

Kombinaciona tablica funkcija prelaza i pobuda D flip-flopa je dat na slici 31.



Slika 30 Model strukturne šeme D flip-flopa

C	D	Q	Q(t+1)	R _a	S _a
0	0	0	0	b	0
0	0	1	1	0	b
0	1	0	0	b	0
0	1	1	1	0	b
1	0	0	0	b	0
1	0	1	0	1	0
1	1	0	1	0	1
1	1	1	1	0	b

Slika 31 Kombinaciona tablica funkcija prelaza i pobuda D flip-flopa

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

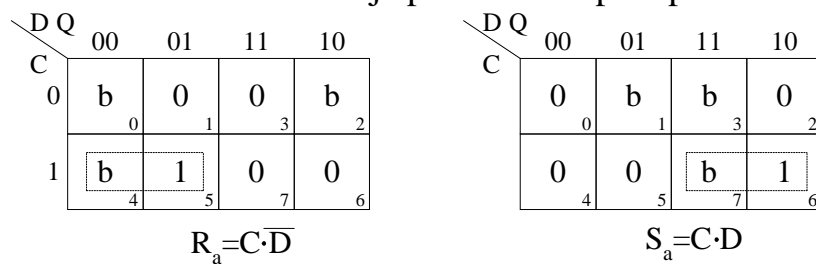
VI.2.4 KONSTRUKCIJA STRUKTURNIH ŠEMA FLIP-FLOPOVA

VI.2.4.2 TAKTOVANI FLIP-FLOPOVI

VI.2.4.2.1 JEDNOSTAVNE STRUKTURNE ŠEME

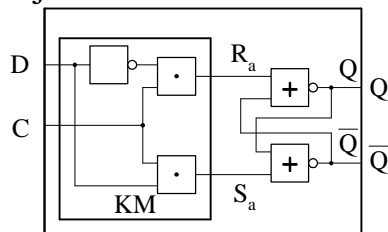
D flip-flop

Karnaugh-ove karte i izrazi za funkcije pobuda D flip-flopa su dati na slici 32.



Slika 32 Karnaugh-ove karte i izrazi za funkcije pobuda D flip-flopa

Strukturalna šema D flip-flopa je dat na slici 33.



Slika 33 Strukturalna šema D flip-flopa

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2.4 KONSTRUKCIJA STRUKTURNIH ŠEMA FLIP-FLOPOVA

VI.2.4.2 TAKTOVANI FLIP-FLOPOVI

VI.2.4.2.1 JEDNOSTAVNE STRUKTURNE ŠEME

D flip-flop

Funkcija prelaza taktovanog D flip-flopa se dobija tako što se u funkciji prelaza asinhronog flip-flopa

$$Q(t+1) = S_a + \overline{R_a} \cdot Q$$

signali S_a i R_a zamene izrazima

$$S_a = C \cdot D \text{ i } R_a = C \cdot \overline{D}$$

na osnovu čega se dobija

$$Q(t+1) = C \cdot D + \overline{C \cdot \overline{D}} = C \cdot D + (\overline{C} + D) \cdot Q = C \cdot D + \overline{C} \cdot Q + D \cdot Q$$

Za $C = 0$ se dobija

$$Q(t+1) = Q + D \cdot Q = Q \cdot (1 + D) = Q, \text{ dok se}$$

za $C = 1$ se dobija

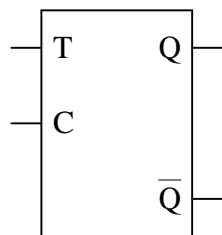
$$Q(t+1) = D + D \cdot Q = D \cdot (1 + Q) = D$$

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA
 VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA
 VI.2.4 KONSTRUKCIJA STRUKTURNIH ŠEMA FLIP-FLOPOVA
 VI.2.4.2 TAKTOVANI FLIP-FLOPOVI
 VI.2.4.2.1 JEDNOSTAVNE STRUKTURNE ŠEME

T flip-flop

Grafički simbol T flip-flopa je dat na slici 34.

Kombinaciona tablica funkcija prelaza T flip-flopa je dat na slici 35.



Slika 34 Grafički simbol T flip-flopa

C	T	Q	Q(t+1)
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

Slika 35 Kombinaciona tablica funkcija prelaza T flip-flopa

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2.4 KONSTRUKCIJA STRUKTURNIH ŠEMA FLIP-FLOPOVA

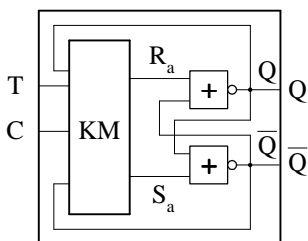
VI.2.4.2 TAKTOVANI FLIP-FLOPOVI

VI.2.4.2.1 JEDNOSTAVNE STRUKTURNE ŠEME

T flip-flop

Model strukturne šeme T flip-flopa je dat na slici 36.

Kombinaciona tablica funkcija prelaza i pobuda T flip-flopa je dat na slici 37.



Slika 36 Model strukturne šeme
T flip-flopa

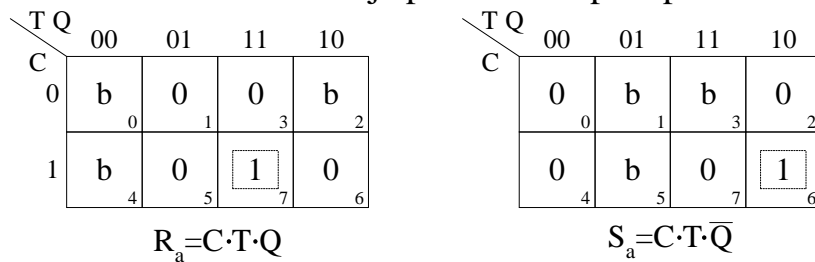
C	T	Q	Q(t+1)	R _a	S _a
0	0	0	0	b	0
0	0	1	1	0	b
0	1	0	0	b	0
0	1	1	1	0	b
1	0	0	0	b	0
1	0	1	1	0	b
1	1	0	1	0	1
1	1	1	0	1	0

Slika 37 Kombinaciona tablica
funkcija prelaza i pobuda T flip-flopa

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA
 VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA
 VI.2.4 KONSTRUKCIJA STRUKTURNIH ŠEMA FLIP-FLOPOVA
 VI.2.4.2 TAKTOVANI FLIP-FLOPOVI
 VI.2.4.2.1 JEDNOSTAVNE STRUKTURNE ŠEME

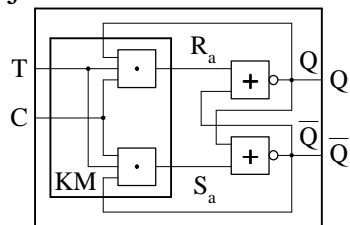
T flip-flop

Karnaugh-ove karte i izrazi za funkcije pobuda T flip-flopa su dati na slici 38.



Slika 38 Karnaugh-ove karte i izrazi za funkcije pobuda T flip-flopa

Strukturalna šema T flip-flopa je dat na slici 39.



Slika 39 Strukturalna šema T flip-flopa

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2.4 KONSTRUKCIJA STRUKTURNIH ŠEMA FLIP-FLOPOVA

VI.2.4.2 TAKTOVANI FLIP-FLOPOVI

VI.2.4.2.1 JEDNOSTAVNE STRUKTURNE ŠEME

T flip-flop

Funkcija prelaza taktovanog T flip-flopa se dobija tako što se u funkciji prelaza asinhronog flip-flopa

$$Q(t+1) = S_a + \overline{R_a} \cdot Q$$

signali S_a i R_a zamene izrazima

$$S_a = C \cdot T \cdot \overline{Q} \text{ i } R_a = C \cdot T \cdot Q$$

na osnovu čega se dobija

$$Q(t+1) = C \cdot T \cdot \overline{Q} + \overline{C \cdot T \cdot Q} = C \cdot T \cdot \overline{Q} + (\overline{C} + \overline{T} + \overline{Q}) \cdot Q$$

$$Q(t+1) = C \cdot T \cdot \overline{Q} + \overline{C} \cdot Q + \overline{T} \cdot Q$$

Za $C = 0$ se dobija

$$Q(t+1) = Q + \overline{T} \cdot Q = Q \cdot (1 + \overline{T}) = Q, \text{ dok se}$$

za $C = 1$ se dobija

$$Q(t+1) = T \cdot \overline{Q} + \overline{T} \cdot Q$$

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2.4 KONSTRUKCIJA STRUKTURNIH ŠEMA FLIP-FLOPOVA

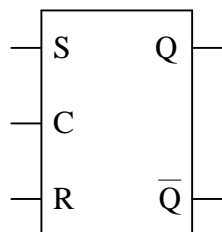
VI.2.4.2 TAKTOVANI FLIP-FLOPOVI

VI.2.4.2.1 JEDNOSTAVNE STRUKTURNE ŠEME

RS flip-flop

Grafički simbol RS flip-flopa je dat na slici 40.

Kombinaciona tablica funkcija prelaza RS flip-flopa je dat na slici 41.



Slika 40 Grafički simbol RS flip-flopa

C	S	R	Q	Q(t+1)
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	0
0	0	1	1	1
0	1	0	0	0
0	1	0	1	1
0	1	1	0	0
0	1	1	1	1
1	0	0	0	0
1	0	0	1	1
1	0	1	0	0
1	0	1	1	0
1	1	0	0	1
1	1	0	1	1
1	1	1	0	b
1	1	1	1	b

Slika 41 Kombinaciona tablica funkcija prelaza RS flip-flopa

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2.4 KONSTRUKCIJA STRUKTURNIH ŠEMA FLIP-FLOPOVA

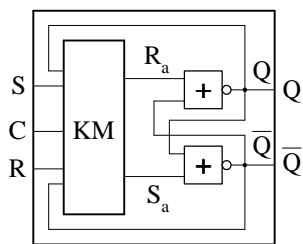
VI.2.4.2 TAKTOVANI FLIP-FLOPOVI

VI.2.4.2.1 JEDNOSTAVNE STRUKTURNE ŠEME

RS flip-flop

Model strukturne šeme RS flip-flopa je dat na slici 42.

Kombinaciona tablica funkcija prelaza i pobuda RS flip-flopa je dat na slici 43.



Slika 42 Model strukturne šeme RS flip-flopa

C	S	R	Q	Q(t+1)	R _a	S _a
0	0	0	0	0	b	0
0	0	0	1	1	0	b
0	0	1	0	0	b	0
0	0	1	1	1	0	b
0	1	0	0	0	b	0
0	1	0	1	1	0	b
0	1	1	0	0	b	0
0	1	1	1	1	0	b
1	0	0	0	0	b	0
1	0	0	1	1	0	b
1	0	1	0	0	b	0
1	0	1	1	0	1	0
1	1	0	0	1	0	1
1	1	0	1	1	0	b
1	1	1	0	b	b	b
1	1	1	1	b	b	b

Slika 43 Kombinaciona tablica funkcija prelaza i pobuda RS flip-flopa

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

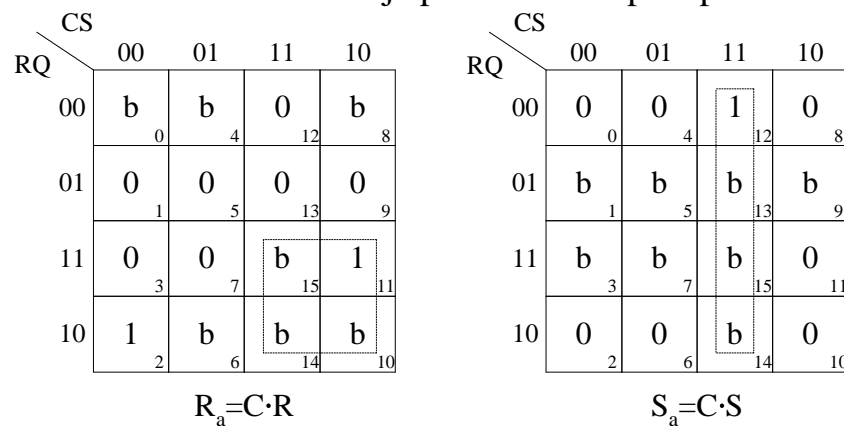
VI.2.4 KONSTRUKCIJA STRUKTURNIH ŠEMA FLIP-FLOPOVA

VI.2.4.2 TAKTOVANI FLIP-FLOPOVI

VI.2.4.2.1 JEDNOSTAVNE STRUKTURNE ŠEME

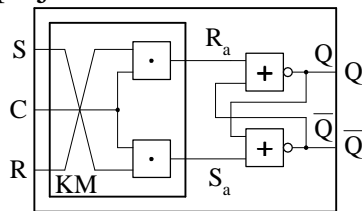
RS flip-flop

Karnaugh-ove karte i izrazi za funkcije pobuda RS flip-flopa su dati na slici 44.



Slika 44 Karnaugh-ove karte i izrazi za funkcije pobuda RS flip-flopa

Strukturna šema RS flip-flopa je dat na slici 45.



Slika 45 Strukturna šema RS flip-flopa

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2.4 KONSTRUKCIJA STRUKTURNIH ŠEMA FLIP-FLOPOVA

VI.2.4.2 TAKTOVANI FLIP-FLOPOVI

VI.2.4.2.1 JEDNOSTAVNE STRUKTURNE ŠEME

RS flip-flop

Funkcija prelaza taktovanog RS flip-flopa se dobija tako što se u funkciji prelaza asinhronog flip-flopa

$$Q(t+1) = S_a + \overline{R_a} \cdot Q$$

signali S_a i R_a zamene izrazima

$$S_a = C \cdot S \text{ i } R_a = C \cdot R$$

na osnovu čega se dobija

$$Q(t+1) = C \cdot S + \overline{C} \cdot R \cdot Q = C \cdot S + (\overline{C} + \overline{R}) \cdot Q$$

$$Q(t+1) = C \cdot S + \overline{C} \cdot Q + \overline{R} \cdot Q$$

Za $C = 0$ se dobija

$$Q(t+1) = Q + \overline{R} \cdot Q = Q \cdot (1 + \overline{R}) = Q, \text{ dok se}$$

za $C = 1$ se dobija

$$Q(t+1) = S + \overline{R} \cdot Q$$

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2.4 KONSTRUKCIJA STRUKTURNIH ŠEMA FLIP-FLOPOVA

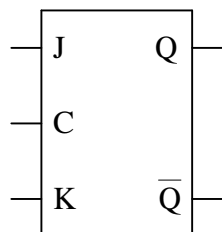
VI.2.4.2 TAKTOVANI FLIP-FLOPOVI

VI.2.4.2.1 JEDNOSTAVNE STRUKTURNE ŠEME

JK flip-flop

Grafički simbol JK flip-flopa je dat na slici 46.

Kombinaciona tablica funkcija prelaza JK flip-flopa je dat na slici 47.



Slika 46 Grafički simbol JK flip-flopa

C	J	K	Q	Q(t+1)
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	0
0	0	1	1	1
0	1	0	0	0
0	1	0	1	1
0	1	1	0	0
0	1	1	1	1
1	0	0	0	0
1	0	0	1	1
1	0	1	0	0
1	0	1	1	0
1	1	0	0	1
1	1	0	1	1
1	1	1	0	1
1	1	1	1	0

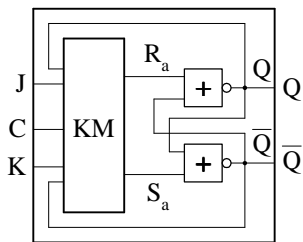
Slika 47 Kombinaciona tablica funkcija prelaza JK flip-flopa

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA
 VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA
 VI.2.4 KONSTRUKCIJA STRUKTURNIH ŠEMA FLIP-FLOPOVA
 VI.2.4.2 TAKTOVANI FLIP-FLOPOVI
 VI.2.4.2.1 JEDNOSTAVNE STRUKTURNE ŠEME

JK flip-flop

Model strukturne šeme JK flip-flopa je dat na slici 48.

Kombinaciona tablica funkcija prelaza i pobuda JK flip-flopa je dat na slici 49.



Slika 48 Model strukturne šeme JK flip-flopa

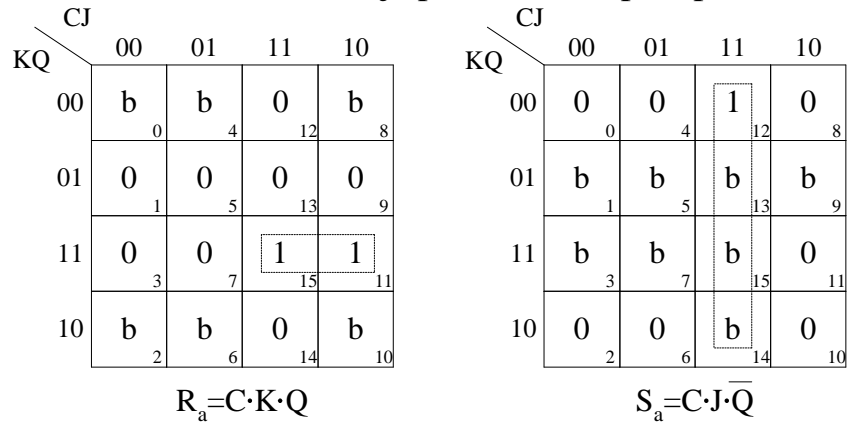
C	J	K	Q	Q(t+1)	R _a	S _a
0	0	0	0	0	b	0
0	0	0	1	1	0	b
0	0	1	0	0	b	0
0	0	1	1	1	0	b
0	1	0	0	0	b	0
0	1	0	1	1	0	b
0	1	1	0	0	b	0
0	1	1	1	1	0	b
1	0	0	0	0	b	0
1	0	0	1	1	0	b
1	0	1	0	0	b	0
1	0	1	1	0	1	0
1	1	0	0	1	0	1
1	1	0	1	1	0	b
1	1	1	0	1	0	1
1	1	1	1	0	1	0

Slika 49 Kombinaciona tablica funkcija prelaza i pobuda JK flip-flopa

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA
 VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA
 VI.2.4 KONSTRUKCIJA STRUKTURNIH ŠEMA FLIP-FLOPOVA
 VI.2.4.2 TAKTOVANI FLIP-FLOPOVI
 VI.2.4.2.1 JEDNOSTAVNE STRUKTURNE ŠEME

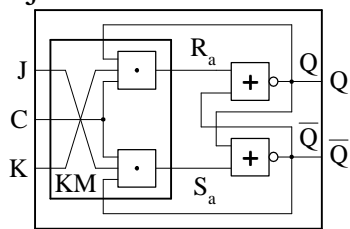
JK flip-flop

Karnaugh-ove karte i izrazi za funkcije pobuda JK flip-flopa su dati na slici 50.



Slika 50 Karnaugh-ove karte i izrazi za funkcije pobuda JK flip-flopa

Strukturna šema JK flip-flopa je dat na slici 51.



Slika 51 Strukturna šema JK flip-flopa

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2.4 KONSTRUKCIJA STRUKTURNIH ŠEMA FLIP-FLOPOVA

VI.2.4.2 TAKTOVANI FLIP-FLOPOVI

VI.2.4.2.1 JEDNOSTAVNE STRUKTURNE ŠEME

JK flip-flop

Funkcija prelaza taktovanog JK flip-flopa se dobija tako što se u funkciji prelaza asinhronog flip-flopa

$$Q(t+1) = S_a + \overline{R_a} \cdot Q$$

signali S_a i R_a zamene izrazima

$$S_a = C \cdot J \cdot \overline{Q} \text{ i } R_a = C \cdot K \cdot Q$$

na osnovu čega se dobija

$$Q(t+1) = C \cdot J \cdot \overline{Q} + \overline{C} \cdot K \cdot Q \cdot Q = C \cdot J \cdot \overline{Q} + (\overline{C} + \overline{K} + \overline{Q}) \cdot Q$$

$$Q(t+1) = C \cdot J \cdot \overline{Q} + \overline{C} \cdot Q + \overline{K} \cdot Q$$

Za $C = 0$ se dobija

$$Q(t+1) = Q + \overline{K} \cdot Q = Q \cdot (1 + \overline{K}) = Q, \text{ dok se}$$

za $C = 1$ se dobija

$$Q(t+1) = J \cdot \overline{Q} + \overline{K} \cdot Q$$

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA
VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA
VI.2.4 KONSTRUKCIJA STRUKTURNIH ŠEMA FLIP-FLOPOVA
VI.2.4.2 TAKTOVANI FLIP-FLOPOVI
VI.2.4.2.1 JEDNOSTAVNE STRUKTURNE ŠEME

Asinhroni flip-flopovi

U slučaju kada bi se signal takta za sva četiri tipa taktovanih flip-flopora držao sve vreme na vrednosti 1 (slike 33, 39, 45 i 51) flip-flopovi bi postali asinhroni flip-flopovi. Međutim kao asinhroni flip-flop se realizuje samo flip-flop RS tipa. Razlozi zbog kojih ne postoje asinhroni flip-flopovi preostala tri tipa su sledeći:

1. asinhroni D flip-flop samo kasni vrednost ulaznog signala D,
2. asinhroni T flip-flop pri vrednosti 1 ulaznog signala T ne prelazi u stabilno stanje i
3. asinhroni JK flip-flop pri vrednostima 1 ulaznih signala J i K ne prelazi u stabilno stanje.

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2.4 KONSTRUKCIJA STRUKTURNIH ŠEMA FLIP-FLOPOVA

VI.2.4.2 TAKTOVANI FLIP-FLOPOVI

VI.2.4.2.1 JEDNOSTAVNE STRUKTURNE ŠEME

Taktovani flip-flopovi sa asinhronim ulazima

Taktovani flip-flopovi sva četiri tipa obično imaju i direktne ili asinhronne ulaze S_d i R_d na kojima signali deluju nezavisno od signala takta.

Razmotriće se realizacija

1. taktovanog D flip-flopa,
 2. taktovanog T flip-flopa,
 3. taktovanog RS flip-flopa i
 4. taktovanog JK flip-flopa
- koji imaju i direktne ulaze S_d i R_d .

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

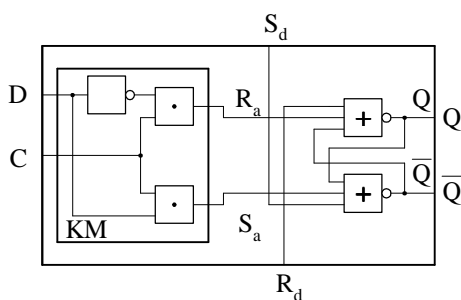
VI.2.4 KONSTRUKCIJA STRUKTURNIH ŠEMA FLIP-FLOPOVA

VI.2.4.2 TAKTOVANI FLIP-FLOPOVI

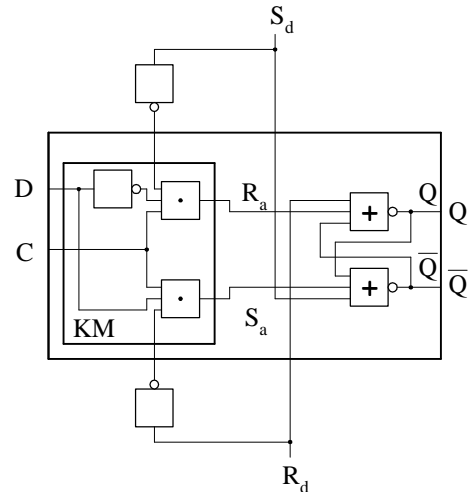
VI.2.4.2.1 JEDNOSTAVNE STRUKTURNE ŠEME

Taktovani D flip-flopi sa direktnim ili asinhronim ulazima S_d i R_d

Strukturalna šema je data na slici 52. Postoji problem kada vrednost 1 imaju S_d i R_a ili R_d i S_a . Problem se rešava na način dat na slici 53.

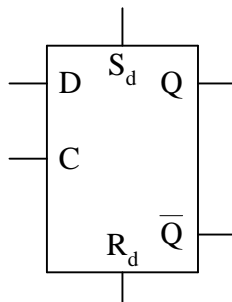


Slika 52 D flip-flop sa S_d i R_d



Slika 53 D flip-flop sa S_d i R_d

Grafički simbol taktovanog D flip-flopa sa direktnim ili asinhronim ulazima S_d i R_d je dat na slici 54.



Slika 54 Grafički simbol taktovanog D flip-flopa sa S_d i R_d

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

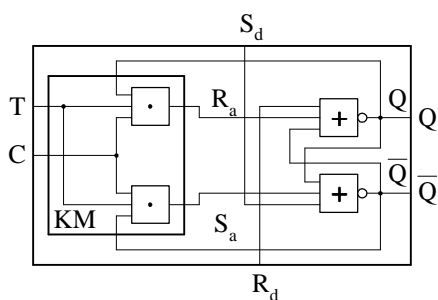
VI.2.4 KONSTRUKCIJA STRUKTURNIH ŠEMA FLIP-FLOPOVA

VI.2.4.2 TAKTOVANI FLIP-FLOPOVI

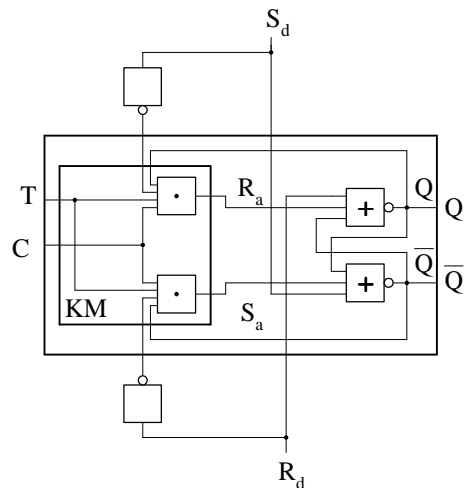
VI.2.4.2.1 JEDNOSTAVNE STRUKTURNE ŠEME

Taktovani T flip-flopi sa direktnim ili asinhronim ulazima S_d i R_d

Strukturna šema je data na slici 55. Postoji problem kada vrednost 1 imaju S_d i R_a ili R_d i S_a . Problem se rešava na način dat na slici 56.

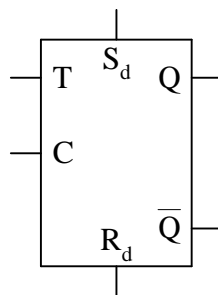


Slika 55 T flip-flop sa S_d i R_d



Slika 56 T flip-flop sa S_d i R_d

Grafički simbol taktovanog T flip-flopa sa direktnim ili asinhronim ulazima S_d i R_d je dat na slici 57.



Slika 57 Grafički simbol taktovanog T flip-flopa sa S_d i R_d

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

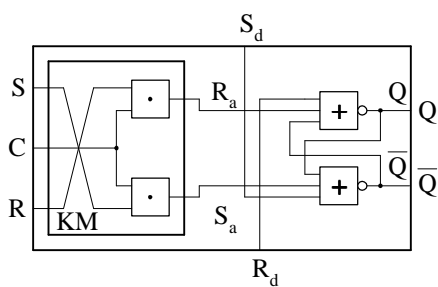
VI.2.4 KONSTRUKCIJA STRUKTURNIH ŠEMA FLIP-FLOPOVA

VI.2.4.2 TAKTOVANI FLIP-FLOPOVI

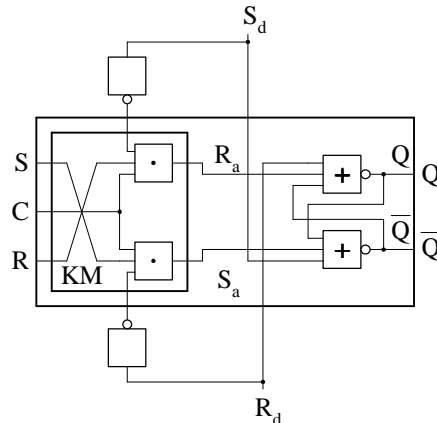
VI.2.4.2.1 JEDNOSTAVNE STRUKTURNE ŠEME

Taktovani RS flip-flopovi sa direktnim ili asinhronim ulazima S_d i R_d

Strukturna šema je data na slici 58. Postoji problem kada vrednost 1 imaju S_d i R_a ili R_d i S_a . Problem se rešava na način dat na slici 56.

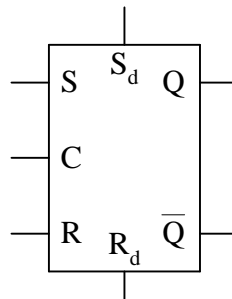


Slika 58 RS flip-flop sa S_d i R_d



Slika 59 RS flip-flop sa S_d i R_d

Grafički simbol taktovanog RS flip-flopa sa direktnim ili asinhronim ulazima S_d i R_d je dat na slici 60.



Slika 60 Grafički simbol taktovanog RS flip-flopa sa S_d i R_d

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

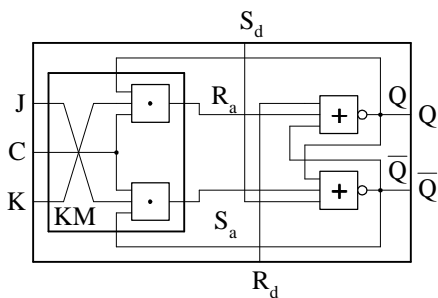
VI.2.4 KONSTRUKCIJA STRUKTURNIH ŠEMA FLIP-FLOPOVA

VI.2.4.2 TAKTOVANI FLIP-FLOPOVI

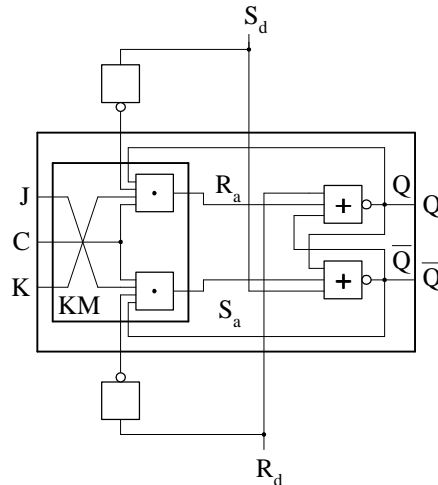
VI.2.4.2.1 JEDNOSTAVNE STRUKTURNE ŠEME

Taktovani JK flip-flopovi sa direktnim ili asinhronim ulazima S_d i R_d

Strukturna šema je data na slici 61. Postoji problem kada vrednost 1 imaju S_d i R_a ili R_d i S_a . Problem se rešava na način dat na slici 62.

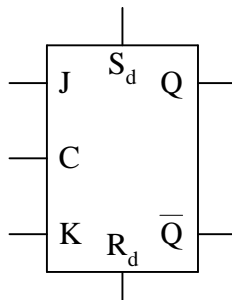


Slika 61 JK flip-flop sa S_d i R_d



Slika 62 JK flip-flop sa S_d i R_d

Grafički simbol taktovanog JK flip-flopa sa direktnim ili asinhronim ulazima S_d i R_d je dat na slici 60.



Slika 63 Grafički simbol taktovanog JK flip-flopa sa S_d i R_d

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2.4 KONSTRUKCIJA STRUKTURNIH ŠEMA FLIP-FLOPOVA

VI.2.4.2 TAKTOVANI FLIP-FLOPOVI

VI.2.4.2.2 SLOŽENE STRUKTURNE ŠEME

Kod taktovanih flip-flopora sa jednostavnim strukturnim šemama postoji problem sa trajanjem vrednosti 1 signala takta C.

Minimalno trajanje vrednosti 1 signala takta C je određeno potrebnim vremenom da flip-flop pređe iz jednog u drugo stanje. Istovremeno to je i maksimalno dozvoljeno vreme trajanja vrednosti 1 signala takata C.

Problem nastaje kod T flip-flopa ukoliko je na ulazu T vrednost 1 i kod JK flip-flopa ukoliko su na ulazima J i K vrednosti 1. Ukoliko bi trajanje vrednosti 1 signala takta C bilo duže od minimalnog potrebnog trajanja vrednosti 1, flip-flop bi odmah po prelasku u novo stanje počeo da se vraća u prethodno stanje.

Postoje dva tipa taktovanih flip-flopora sa složenim strukturnim šemama i to:

1. MS (master-slave) flip-flopovi i
2. ET (edge-triggered) flip-flopovi

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2.4 KONSTRUKCIJA STRUKTURNIH ŠEMA FLIP-FLOPOVA

VI.2.4.2 TAKTOVANI FLIP-FLOPOVI

VI.2.4.2.2 SLOŽENE STRUKTURNE ŠEME

VI.2.4.2.2.1 MS flip-flopovi

Razmatra se realizacija četiri tipa taktovanih MS flip-floпова i to:

1. taktovani D flip-flop
2. taktovani T flip-flop
3. taktovani RS flip-flop
4. taktovani JK flip-flop

MS flip-flop se sastoji od dva flip-flopa i to jednog koji se naziva master i drugog koji se naziva slave.

Ulazni signali MS flip-flopa se vode na odgovarajuće ulaze master flip-flopa, dok se izlazni signali MS flip-flopa dobijaju sa odgovarajućih izlaza slave flip-flopa.

Kada signal takta C ima vrednost 1 master flip-flop se postavlja na odgovarajuću vrednost, dok se stanje slave flip-flopa ne menja. Kada signal takta C ima vrednost 0 stanje master flip-flop se ne menja, dok se stanje slave flip-flopa postavlja na vrednost master flip-flopa postavljenu dok je signal takta C imao vrednost 1.

Strukturna šema master flip-flopa MS flip-flopa D, T, RS ili JK tipa odgovara strukturnoj šemi flip-flopa D, T, RS ili JK tipa sa jednostavnom strukturnom šemom, respektivno, pri čemu se kao signal stanja u sadašnjem trenutku Q koristi signal stanja slave flip-flopa a ne signal stanja master flop-flopa.

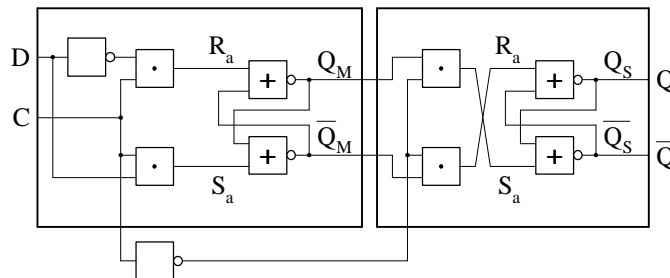
Strukturna šema slave flip-flopa MS flip-flopa D, T, RS ili JK tipa je ista za sva četiri tipa MS flip-flopa, jer se, kada signal takta C ima vrednost 0, u sva četiri slučaja stanje slave flip-flopa MS flip-flopa postavlja na vrednost master flip-flopa postavljenu dok je signal takta C imao vrednost 1

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA
 VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA
 VI.2.4 KONSTRUKCIJA STRUKTURNIH ŠEMA FLIP-FLOPOVA
 VI.2.4.2 TAKTOVANI FLIP-FLOPOVI
 VI.2.4.2.2 SLOŽENE STRUKTURNE ŠEME
 VI.2.4.2.2.1 MS flip-flopovi
MS flip-flop D tipa

Strukturna šema je data na slici 64.

Signal stanja master flip-flopa je označen sa Q_M , a signal stanja slave flip-flopa sa Q_S .

Strukturna šema master flip-flopa odgovara strukturnoj šemi D flip-flopa sa jednostavnom strukturom (slika 33). Ulazni signali C i D MS flip-flopa se vode na ulaze C i D master flip-flopa D tipa sa jednostavnom strukturom. Kada signal C ima vrednost 1, signal stanja Q_M se postavlja u skladu sa funkcijom prelaza D flip-flopa. Signali Q_M , $\overline{Q_M}$ i invertovana vrednost signala takta C iz master flip-flopa se vode na ulaze I elemenata slave flip-flopa. Kada signal C ima vrednost 1, na ulazima I elemenata slave flip-flopa na koje se vodi invertovana vrednost signala C je 0, pa signali stanja Q_S i $\overline{Q_S}$ slave flip-flopa ostaju nepromenjeni. Kada signal C ima vrednost 0, na ulazima I elemenata slave flip-flopa na koje se vodi invertovana vrednost signala C je 1, pa se signali stanja Q_S i $\overline{Q_S}$ slave flip-flopa postavljaju na vrednosti signala stanja Q_M i $\overline{Q_M}$ master flip-flopa. Signali stanja Q_S i $\overline{Q_S}$ slave flip-flopa se vode na izlaze Q i \overline{Q} MS flip-flopa.



Slika 64 Taktovani MS flip-flop D tipa

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2.4 KONSTRUKCIJA STRUKTURNIH ŠEMA FLIP-FLOPOVA

VI.2.4.2 TAKTOVANI FLIP-FLOPOVI

VI.2.4.2.2 SLOŽENE STRUKTURNE ŠEME

VI.2.4.2.2.1 MS flip-flopovi

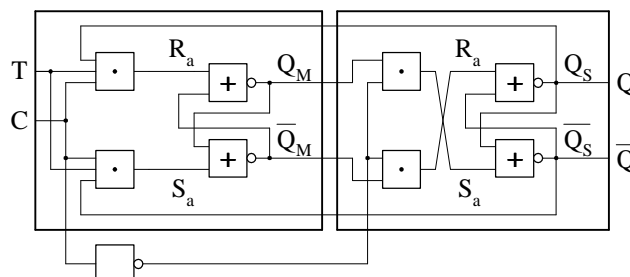
MS flip-flop T tipa

Strukturna šema je data na slici 65.

Signal stanja master flip-flopa je označen sa Q_M , a signal stanja slave flip-flopa sa Q_S .

Strukturna šema master flip-flopa odgovara strukturnoj šemi T flip-flopa sa jednostavnom strukturom (slika 39). Ulazni signali C i T MS flip-flopa se vode na ulaze C i T master flip-flopa T tipa sa jednostavnom strukturom, dok se kao signali stanja u sadašnjem trenutku umesto signala Q_M i $\overline{Q_M}$ koriste signali Q_S i $\overline{Q_S}$. Kada signal C ima vrednost 1, signal stanja Q_M se postavlja u skladu sa funkcijom prelaza T flip-flopa. Signali Q_M , $\overline{Q_M}$ i invertovana vrednost signala takta C iz master flip-flopa se vode na ulaze I elemenata slave flip-flopa. Kada signal C ima vrednost 1, na ulazima I elemenata slave flip-flopa na koje se vodi invertovana vrednost signala C je 0, pa signali stanja Q_S i $\overline{Q_S}$ slave flip-flopa ostaju nepromenjeni. Kada signal C ima vrednost 0, na ulazima I elemenata slave flip-flopa na koje se vodi invertovana vrednost signala C je 1, pa se signali stanja Q_S i $\overline{Q_S}$ slave flip-flopa postavljaju na vrednosti signala stanja Q_M i $\overline{Q_M}$ master flip-flopa. Signali stanja Q_S i $\overline{Q_S}$ slave flip-flopa se vode na izlaze Q i \overline{Q} MS flip-flopa.

Treba uočiti da se u master flip-flopu kao signali stanja u sadašnjem trenutku umesto signala Q_M i $\overline{Q_M}$ koriste signali Q_S i $\overline{Q_S}$, kao i da se pri vrednostima 1 signala C i T invertuju samo vrednosti Q_M i $\overline{Q_M}$ u master flip-flopu a da vrednosti Q_S i $\overline{Q_S}$ u slave flip-flopu ostaju nepromenjene. Zbog toga pri vrednostima 1 signala C i T master flip-flop prelazi u novo stanje u kome i ostaje sve vreme dok signali C i T imaju vrednost 1.



Slika 65 Taktovani MS flip-flop T tipa

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2.4 KONSTRUKCIJA STRUKTURNIH ŠEMA FLIP-FLOPOVA

VI.2.4.2 TAKTOVANI FLIP-FLOPOVI

VI.2.4.2.2 SLOŽENE STRUKTURNE ŠEME

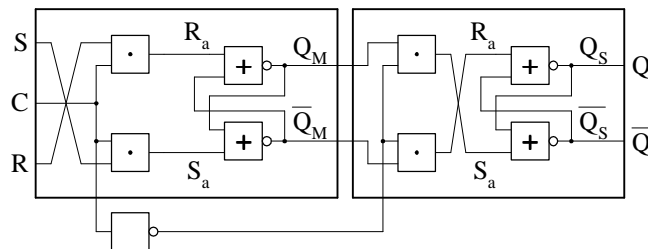
VI.2.4.2.2.1 MS flip-flopovi

MS flip-flop RS tipa

Strukturna šema je data na slici 66.

Signal stanja master flip-flopa je označen sa Q_M , a signal stanja slave flip-flopa sa Q_S .

Strukturna šema master flip-flopa odgovara strukturnoj šemi RS flip-flopa sa jednostavnom strukturom (slika 45). Ulazni signali C, S i R MS flip-flopa se vode na ulaze C, S i R master flip-flopa RS tipa sa jednostavnom strukturom. Kada signal C ima vrednost 1, signal stanja Q_M se postavlja u skladu sa funkcijom prelaza RS flip-flopa. Signali Q_M , $\overline{Q_M}$ i invertovana vrednost signala takta C iz master flip-flopa se vode na ulaze I elemenata slave flip-flopa. Kada signal C ima vrednost 1, na ulazima I elemenata slave flip-flopa na koje se vodi invertovana vrednost signala C je 0, pa signali stanja Q_S i $\overline{Q_S}$ slave flip-flopa ostaju nepromenjeni. Kada signal C ima vrednost 0, na ulazima I elemenata slave flip-flopa na koje se vodi invertovana vrednost signala C je 1, pa se signali stanja Q_S i $\overline{Q_S}$ slave flip-flopa postavljaju na vrednosti signala stanja Q_M i $\overline{Q_M}$ master flip-flopa. Signali stanja Q_S i $\overline{Q_S}$ slave flip-flopa se vode na izlaze Q i \overline{Q} MS flip-flopa.



Slika 66 Taktovani MS flip-flop RS tipa

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2.4 KONSTRUKCIJA STRUKTURNIH ŠEMA FLIP-FLOPOVA

VI.2.4.2 TAKTOVANI FLIP-FLOPOVI

VI.2.4.2.2 SLOŽENE STRUKTURNE ŠEME

VI.2.4.2.2.1 MS flip-flopovi

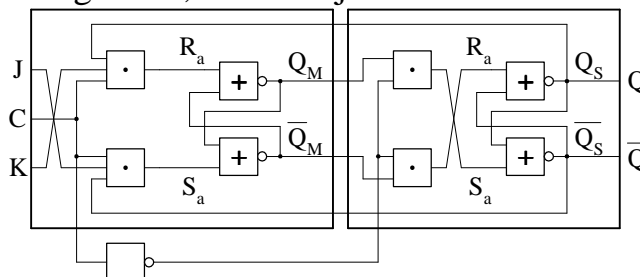
MS flip-flop JK tipa

Strukturna šema je data na slici 67.

Signal stanja master flip-flopa je označen sa Q_M , a signal stanja slave flip-flopa sa Q_S .

Strukturna šema master flip-flopa odgovara strukturnoj šemi JK flip-flopa sa jednostavnom strukturom (slika 51). Ulazni signali C, J i K MS flip-flopa se vode na ulaze C, J i K master flip-flopa JK tipa sa jednostavnom strukturom, dok se kao signali stanja u sadašnjem trenutku umesto signala Q_M i $\overline{Q_M}$ koriste signali Q_S i $\overline{Q_S}$. Kada signal C ima vrednost 1, signal stanja Q_M se postavlja u skladu sa funkcijom prelaza JK flip-flopa. Signali Q_M , $\overline{Q_M}$ i invertovana vrednost signala takta C iz master flip-flopa se vode na ulaze I elemenata slave flip-flopa. Kada signal C ima vrednost 1, na ulazima I elemenata slave flip-flopa na koje se vodi invertovana vrednost signala C je 0, pa signali stanja Q_S i $\overline{Q_S}$ slave flip-flopa ostaju nepromenjeni. Kada signal C ima vrednost 0, na ulazima I elemenata slave flip-flopa na koje se vodi invertovana vrednost signala C je 1, pa se signali stanja Q_S i $\overline{Q_S}$ slave flip-flopa postavljaju na vrednosti signala stanja Q_M i $\overline{Q_M}$ master flip-flopa. Signali stanja Q_S i $\overline{Q_S}$ slave flip-flopa se vode na izlaze Q i \overline{Q} MS flip-flopa.

Treba uočiti da se u master flip-flopu kao signali stanja u sadašnjem trenutku umesto signala Q_M i $\overline{Q_M}$ koriste signali Q_S i $\overline{Q_S}$, kao i da se pri vrednostima 1 signala C, J i K invertuju samo vrednosti Q_M i $\overline{Q_M}$ u master flip-flopu a da vrednosti Q_S i $\overline{Q_S}$ u slave flip-flopu ostaju nepromenjene. Zbog toga pri vrednostima 1 signala C, J i K master flip-flop prelazi u novo stanje u kome i ostaje sve vreme dok signali C, J i K imaju vrednost 1.



Slika 67 Taktovani MS flip-flop JK tipa

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2.4 KONSTRUKCIJA STRUKTURNIH ŠEMA FLIP-FLOPOVA

VI.2.4.2 TAKTOVANI FLIP-FLOPOVI

VI.2.4.2.2 SLOŽENE STRUKTURNE ŠEME

VI.2.4.2.2.2 ET flip-flopovi

Razmatra se realizacija četiri tipa taktovanih ET flip-flopova:

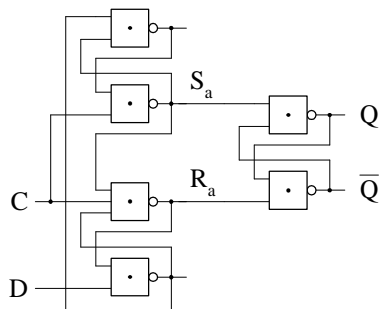
1. taktovani D flip-flop
2. taktovani T flip-flop
3. taktovani RS flip-flop
4. taktovani JK flip-flop

Najpre se daje realizacija ET flip-flopa D tipa , a zatim i realizuju ET flip-flopa T, RS i JK tipa.

ET flip-flopovi T, RS i JK tipa se realizuju standardnim postupkom sinteze sekvencijalnih prekidačkih mreža tako što se posebno za svaki ET flip-flop T, RS i JK tipa realizuje kombinaciona prekidačka mreža koje generiše signal pobude za ET flip-flop D tipa i njen izlaz veže na ulaz D ET flip-flopa D tipa. Kombinacione prekidačke mreže za ET flip-flopove T, RS i JK tipa generišu signale pobuda za ET flip-flop D tipa na takav način da kombinacione mreže i ET flip-flop D tipa posmatrani zajedno realizuju funkcije prelaza ET flip-flopova T, RS i JK tipa, respektivno.

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA
 VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA
 VI.2.4 KONSTRUKCIJA STRUKTURNIH ŠEMA FLIP-FLOPOVA
 VI.2.4.2 TAKTOVANI FLIP-FLOPOVI
 VI.2.4.2.2 SLOŽENE STRUKTURNE ŠEME
 VI.2.4.2.2.2 ET (edge-triggered) flip-flopi
ET flip-flop D tipa

Strukturna šema je data na slici 68.

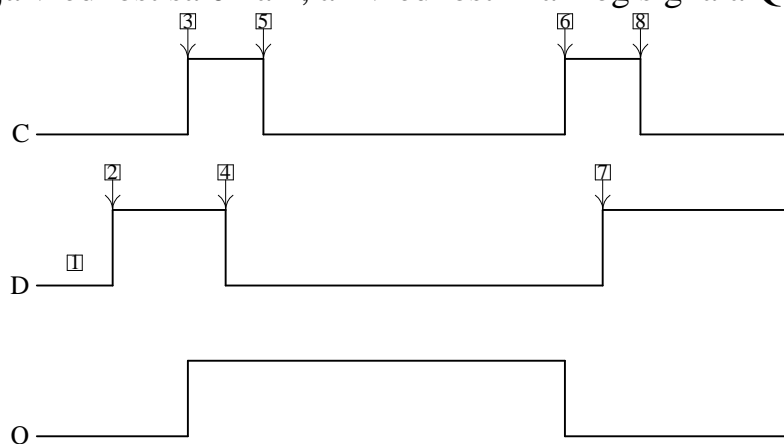


Slika 68 Taktovani ET flip-flop D tipa

Signal Q se postavlja na vrednost ulaznog signala D samo pri prelasku vrednosti signala takta C sa vrednosti 0 na vrednost 1. U svim ostalim situacijama vrednost signala Q ostaje nepromenjena.

Signala takta C prelazi sa vrednosti 0 na vrednost 1 u situacijama koje su na slici 69 označene sa 3 i 6. U situaciji 3 ulazni signal D ima vrednost 1 pa se signal Q postavlja na vrednost 1. U situaciji 5 ulazni signal D ima vrednost 0 pa se signal Q postavlja na vrednost 0.

Za vreme trajanja vrednosti 1 signala takta C ulazni signal D menja vrednost, ali izlazni signal Q ostaje nepromenjen. U situaciji 4, dok signal C još uvek ima vrednost 1, ulazni signal D menja vrednost sa 1 na 0, ali vrednost izlaznog signala Q ostaje 1. U situaciji 7, dok signal C još uvek ima vrednost 1, ulazni signal D menja vrednost sa 0 na 1, ali vrednost izlaznog signala Q ostaje 0.



Slika 69 Vremenski oblici signala ET flip-flop D tipa

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2.4 KONSTRUKCIJA STRUKTURNIH ŠEMA FLIP-FLOPOVA

VI.2.4.2 TAKTOVANI FLIP-FLOPOVI

VI.2.4.2.2 SLOŽENE STRUKTURNE ŠEME

VI.2.4.2.2.2 ET (edge-triggered) flip-flopi

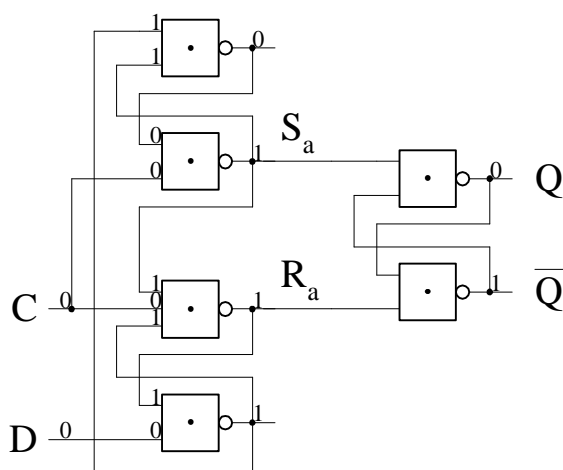
ET flip-flop D tipa

Signal Q menja vrednost kada ili signala S_a ili signal R_a postane 0.

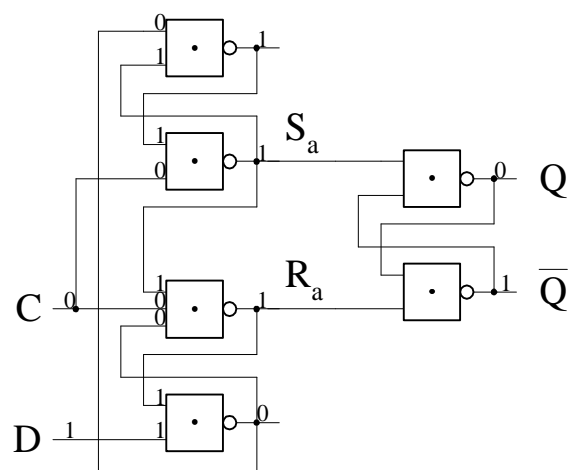
U situacijama 1 i 2 signal takta C ima vrednost 0, pa signali S_a ili signal R_a imaju vrednost 1. Stoga vrednost signala Q ostaje nepromenjena.

U situaciji 1 ulazni signal D ima vrednost 0. Na oba ulaza NI elementa koji daje signal S_a nalaze se dve nule. Stoga će signal S_a ostati 1 i kada signal takta C postane 1. Međutim, na dva ulaza NI elementa koji daje signal R_a nalaze se jedinice a na trećem, na koji se dovodi signal takta C , je nula. Stoga će signal R_a postati 0 kada signal takta C postane 1. Kao rezultat signal Q će postati 0 kada signal takta C postane 1.

U situaciji 2 ulazni signal D ima vrednost 1. Na dva ulaza NI elementa koji daje signal R_a nalaze se dve nule, a na trećem 1. Signal R_a će ostati 1 i kada signal takta C postane 1, jer će na jednom od ulaza i dalje biti 0. Međutim, na jednom od ulaza NI elementa koji daje signal S_a nalazi se jedinica a na drugom, na koji se dovodi signal takta C , je nula. Stoga signal će signal S_a postati 0 kada signal takta C postane 1. Kao rezultat signal Q će postati 1 kada signal takta C postane 1.



Situacija 1



Situacija 2

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2.4 KONSTRUKCIJA STRUKTURNIH ŠEMA FLIP-FLOPOVA

VI.2.4.2 TAKTOVANI FLIP-FLOPOVI

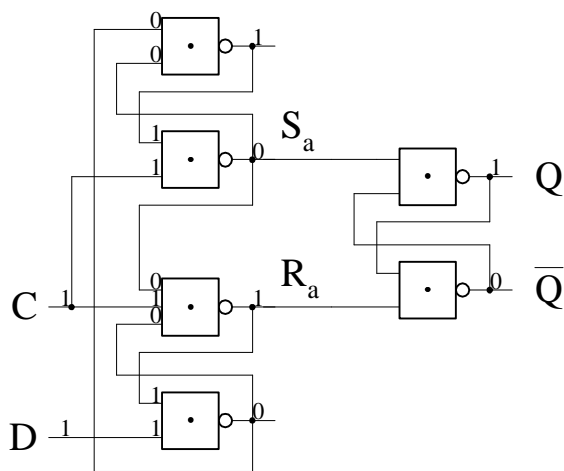
VI.2.4.2.2 SLOŽENE STRUKTURNE ŠEME

VI.2.4.2.2.2 ET (edge-triggered) flip-flopi

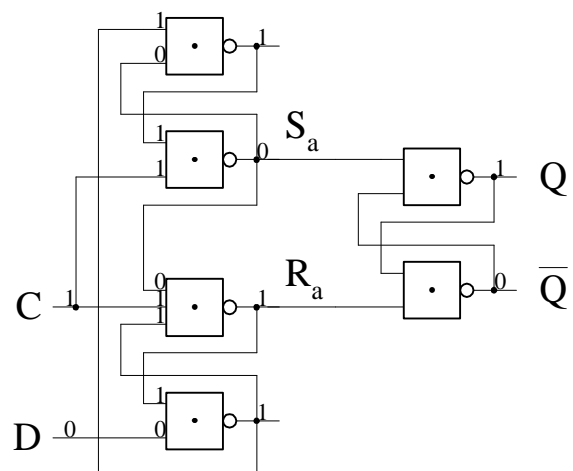
ET flip-flop D tipa

U situaciji 3 ulazni signal C i D imaju vrednost 1. Na oba ulaza NI elementa koji daje signal S_a nalaze se jedinice. Stoga signal S_a ima vrednost 0. Na dva ulaza NI elementa koji daje signal R_a nalaze se dve nule, a na trećem, na koji se dovodi signal takta C, je 1. Stoga signal R_a ima vrednost 1. Kao rezultat signal Q postaje 1.

U situaciji 4 ulazni signal C i dalje ima vrednost 1, dok signal D ima vrednost 0. Na oba ulaza NI elementa koji daje signal S_a i dalje se nalaze jedinice. Stoga signal S_a i dalje ima vrednost 0. Na dva ulaza NI elementa koji daje signal R_a nalaze se dve jedinice, a na trećem je i dalje vrednost 0. Stoga signal R_a ima vrednost 1. Kao rezultat signal Q ostaje i dalje 1. Treba uočiti da iako je signal D postao 0 a signal C još uvek ima vrednost 1, signal Q ostaje 1.



Situacija 3



Situacija 4

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2.4 KONSTRUKCIJA STRUKTURNIH ŠEMA FLIP-FLOPOVA

VI.2.4.2 TAKTOVANI FLIP-FLOPOVI

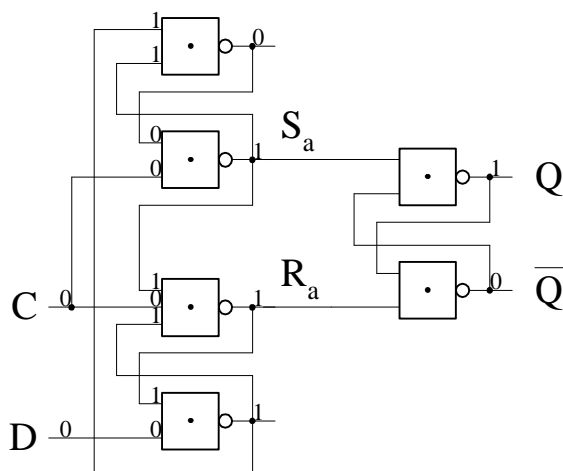
VI.2.4.2.2 SLOŽENE STRUKTURNE ŠEME

VI.2.4.2.2.2 ET (edge-triggered) flip-flopi

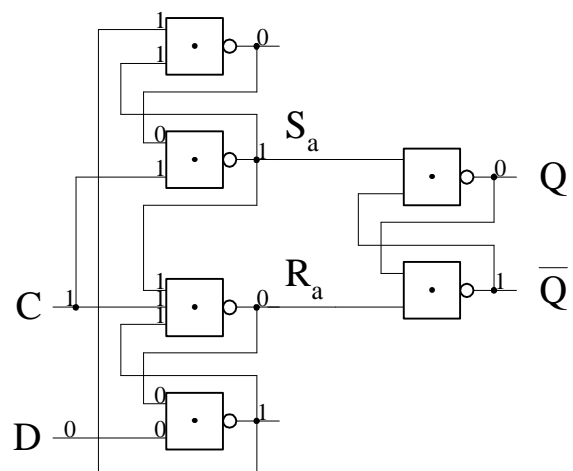
ET flip-flop D tipa

Situacija 5 je ista kao situacija 1, jer su na ulazima C i D vrednosti 0. Na oba ulaza NI elementa koji daje signal S_a nalaze se dve nule. Stoga će signal S_a ostati 1 i kada signal takta C postane 1. Međutim, na dva ulaza NI elementa koji daje signal R_a nalaze se jedinice a na trećem, na koji se dovodi signal takta C, je nula. Stoga će signal R_a postati 0 kada signal takta C postane 1. Kao rezultat signal Q će postati 0.

U situaciji 6 na ulazu D je 0, a na ulazu C je 1. Na jednom od ulaza NI elementa koji daje signal S_a i dalje se nalazi 0. Stoga signal S_a ostaje 1. Međutim, na sva tri ulaza NI elementa koji daje signal R_a nalaze se jedinice. Stoga signal R_a ima vrednost 0. Kao rezultat signal Q postaje 0.



Situacija 5



Situacija 6

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA

VI.2.4 KONSTRUKCIJA STRUKTURNIH ŠEMA FLIP-FLOPOVA

VI.2.4.2 TAKTOVANI FLIP-FLOPOVI

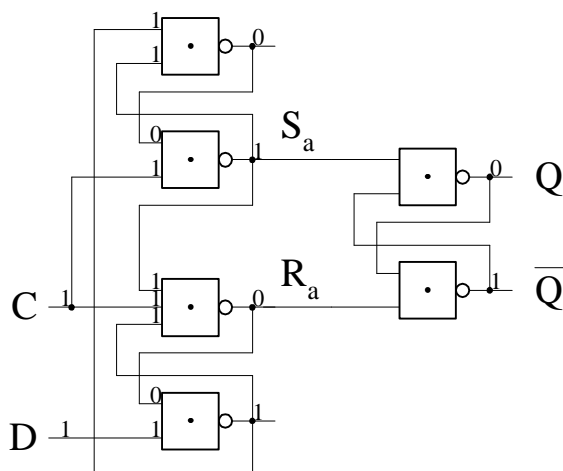
VI.2.4.2.2 SLOŽENE STRUKTURNE ŠEME

VI.2.4.2.2.2 ET (edge-triggered) flip-flopi

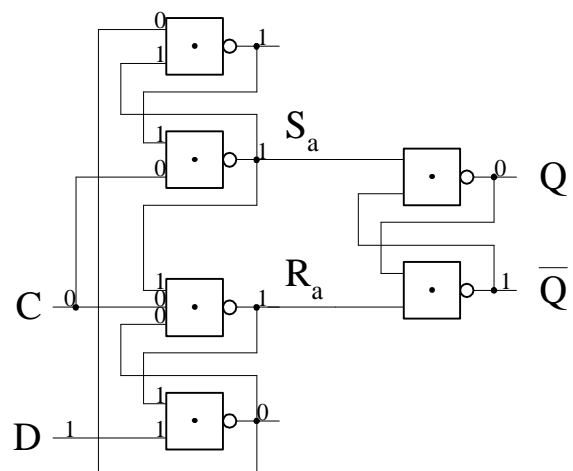
ET flip-flop D tipa

U situaciji 7 na ulazu D je sada 1, a na ulazu C je i dalje 1. Na ulazima NI elemenata koji daju signal S_a i R_a ništa se nije promenilo u odnosu na situaciju 6. Stoga signal S_a ostaje 1, a signal R_a ostaje 0. Kao rezultat signal Q ostaje 0. Treba uočiti da iako je signal D postao 1 a signal C još uvek ima vrednost 1, signal Q ostaje 0.

Situacija 8 je ista kao situacija 2, jer je na ulazu C sada 0, dok je na ulazu D i dalje 1. Na dva ulaza NI elementa koji daje signal R_a nalaze se dve nule, a na trećem 1. Zbog toga signal R_a ima vrednost 1. Na jednom od ulaza NI elementa koji daje signal S_a nalazi se jedinica a na drugom je nula. Zbog toga signal S_a ima vrednost 1. Kao rezultat signal Q ostaje 0.



Situacija 7



Situacija 8

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA
 VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA
 VI.2.4 KONSTRUKCIJA STRUKTURNIH ŠEMA FLIP-FLOPOVA
 VI.2.4.2 TAKTOVANI FLIP-FLOPOVI
 VI.2.4.2.2 SLOŽENE STRUKTURNE ŠEME
 VI.2.4.2.2.2 ET flip-flopovi

ET flip-flop T tipa

S obzirom da funkcija prelaza T flip-flopa

$$Q(t+1) = T \cdot \bar{Q} + \bar{T} \cdot Q$$

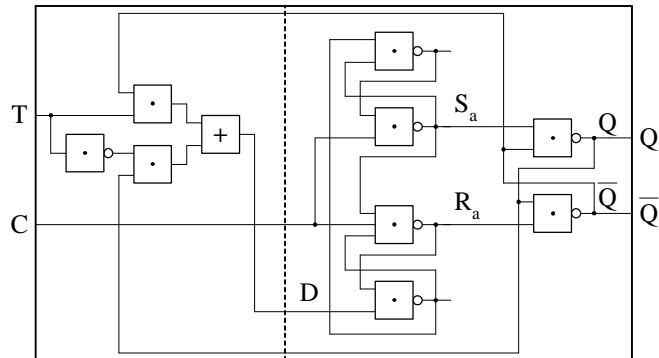
treba da se realizuje pobuđivanjem D flip-flopa čija je funkcija prelaza

$$Q(t+1) = D,$$

sledi da funkcija pobude D flip-flopa treba da bude

$$D = T \cdot \bar{Q} + \bar{T} \cdot Q$$

Strukturna šema je data na slici 70.



Slika 70 Taktovani ET flip-flop T tipa

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA
 VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA
 VI.2.4 KONSTRUKCIJA STRUKTURNIH ŠEMA FLIP-FLOPOVA
 VI.2.4.2 TAKTOVANI FLIP-FLOPOVI
 VI.2.4.2.2 SLOŽENE STRUKTURNE ŠEME
 VI.2.4.2.2.2 ET flip-flopovi

ET flip-flop RS tipa

S obzirom da funkcija prelaza RS flip-flopa

$$Q(t+1) = S + \bar{R} \cdot Q$$

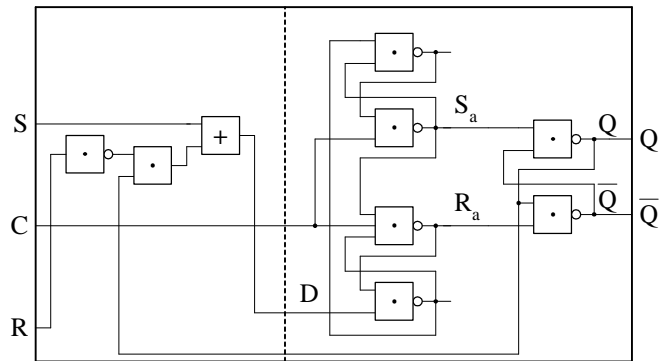
treba da se realizuje pobuđivanjem D flip-flopa čija je funkcija prelaza

$$Q(t+1) = D,$$

sledi da funkcija pobude D flip-flopa treba da bude

$$D = S + \bar{R} \cdot Q$$

Strukturna šema je data na slici 71.



Slika 71 Taktovani ET flip-flop RS tipa

VI. ANALIZA I SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA
 VI.2 SINTEZA SEKVENCIJALNIH MREŽA
 VI.2.4 KONSTRUKCIJA STRUKTURNIH ŠEMA FLIP-FLOPOVA
 VI.2.4.2 TAKTOVANI FLIP-FLOPOVI
 VI.2.4.2.2 SLOŽENE STRUKTURNE ŠEME
 VI.2.4.2.2.2 ET flip-flopovi

ET flip-flop JK tipa

S obzirom da funkcija prelaza JK flip-flopa

$$Q(t+1) = J \cdot \bar{Q} + \bar{K} \cdot Q$$

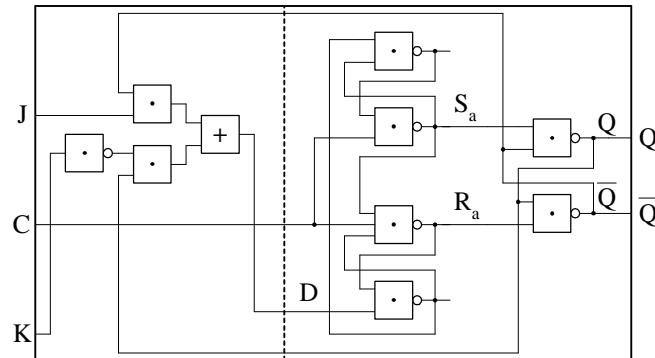
treba da se realizuje pobuđivanjem D flip-flopa čija je funkcija prelaza

$$Q(t+1) = D,$$

sledi da funkcija pobude D flip-flopa treba da bude

$$D = J \cdot \bar{Q} + \bar{K} \cdot Q$$

Strukturna šema je data na slici 72.



Slika 72 Taktovani ET flip-flop JK tipa