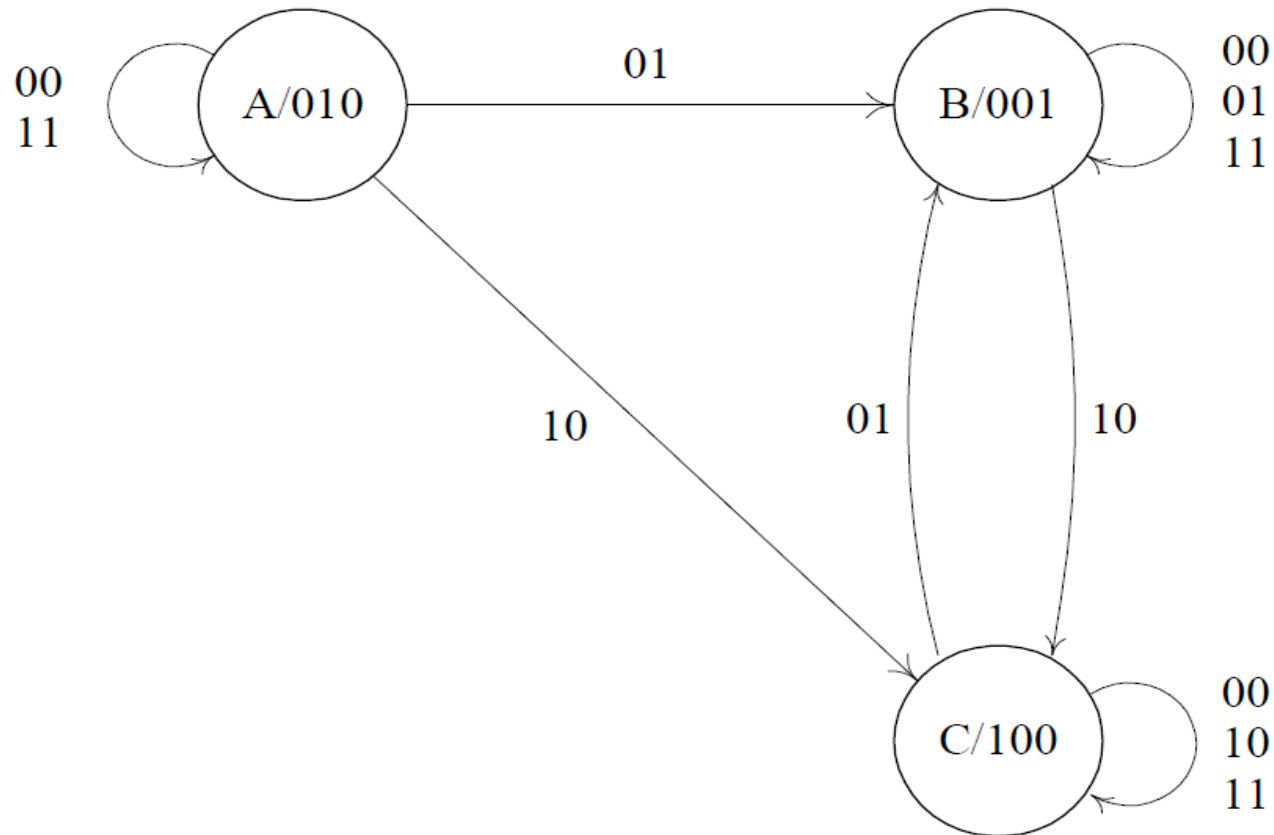


SEKVENCIJALNA MREŽA MOOR-OVOG TIP

1. Konstrukcija grafa stanja i tablice stanja

- Graf stanja:



1. Konstrukcija grafa stanja i tablice stanja

- Tablica stanja:

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

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 konstruiše se tablica prelaza/izlaza tako što se u tablice stanja simboličke oznake stanja zamene binarnim vrednostima dodeljenim vektorima stanja.

2. Kodiranje stanja i konstrukcija tablice prelaza/izlaza

Tablica prelaza/izlaza sekvencijalne mreže Moor-ovog tipa

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

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

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

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

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

Na osnovu tablice prelaza/izlaza i tablice pobude zadatog T flip-flopa, konstruisana je kombinaciona tablica funkcija pobude flip-flopova.

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

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

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

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

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

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

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

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-flopova.

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

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

Pomoću Karnaugh-ovih karti određene su minimalne KNF (dati su NILI elementi) funkcija pobuda flip-flopova i funkcija izlaza

x_1x_2		00	01	11	10
Q_1Q_2	00	0 0	0 4	0 12	1 8
	01	0 1	0 5	0 13	1 9
	11	0 3	1 7	0 15	0 11
	10	b 2	b 6	b 14	b 10

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

x_1x_2		00	01	11	10
Q_1Q_2	00	0 0	1 4	0 12	1 8
	01	0 1	0 5	0 13	0 9
	11	0 3	0 7	0 15	0 11
	10	b 2	b 6	b 14	b 10

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

Karnaugh-ove mape za izlazne signale T1, T2

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

Karnaugh-ove mape za izlazne signale z_1 , z_2 i z_3

$Q_1 \backslash Q_2$	0	1
0	0	b
1	0	1

$$z_1 = Q_1$$

$Q_1 \backslash Q_2$	0	1
0	1	b
1	0	0

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

$Q_1 \backslash Q_2$	0	1
0	0	b
1	1	0

$$z_3 = \bar{Q}_1 Q_2$$

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

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

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

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

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

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

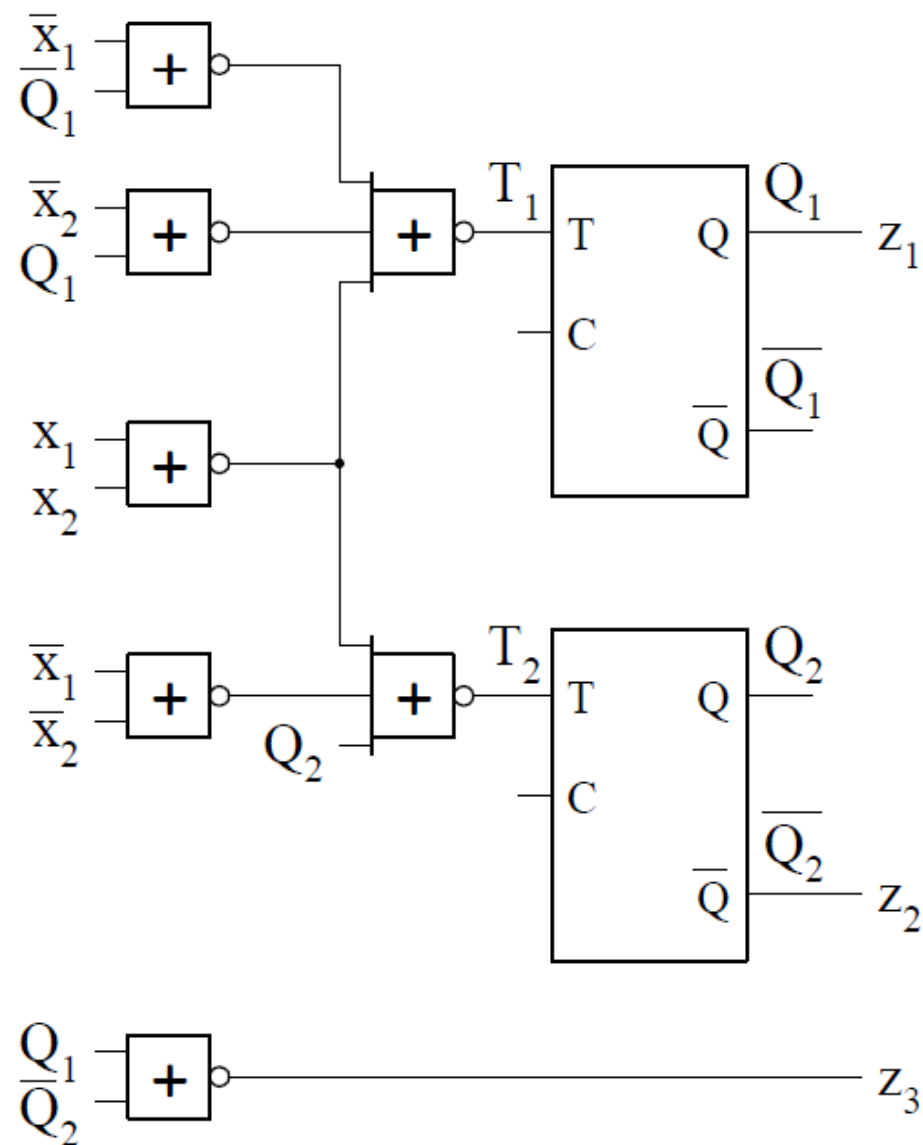
$$z_1 = Q_1$$

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

$$z_3 = \bar{Q}_1 \cdot Q_2 = \overline{\overline{\bar{Q}_1 \cdot Q_2}} = \overline{Q_1 + \bar{Q}_2}$$

4. sinteza kombinacione mreže koja realizuje funkcije pobuda flip-flopa I izlaza sekvencijalne mreže

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



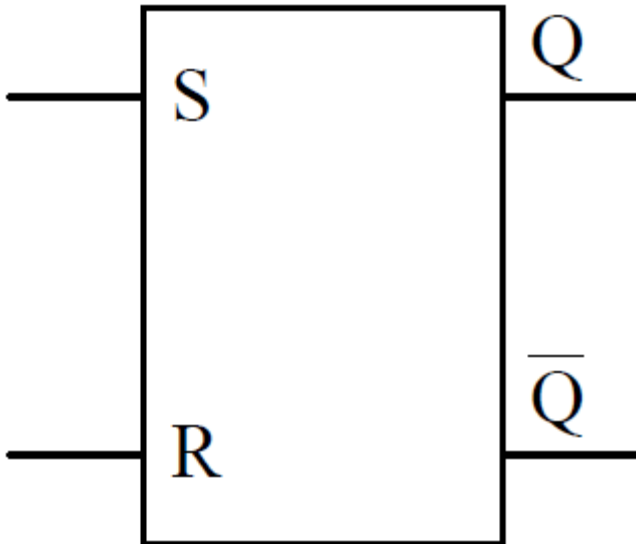
SINTEZA SEKVENCIJALNIH
MREŽA
KONSTRUKCIJA STRUKTURNIH
ŠEMA FLIP-FLOPOVA

ASINHRONI FLIP-FLOPOVI

Asinhroni flip-flop se opisuje:

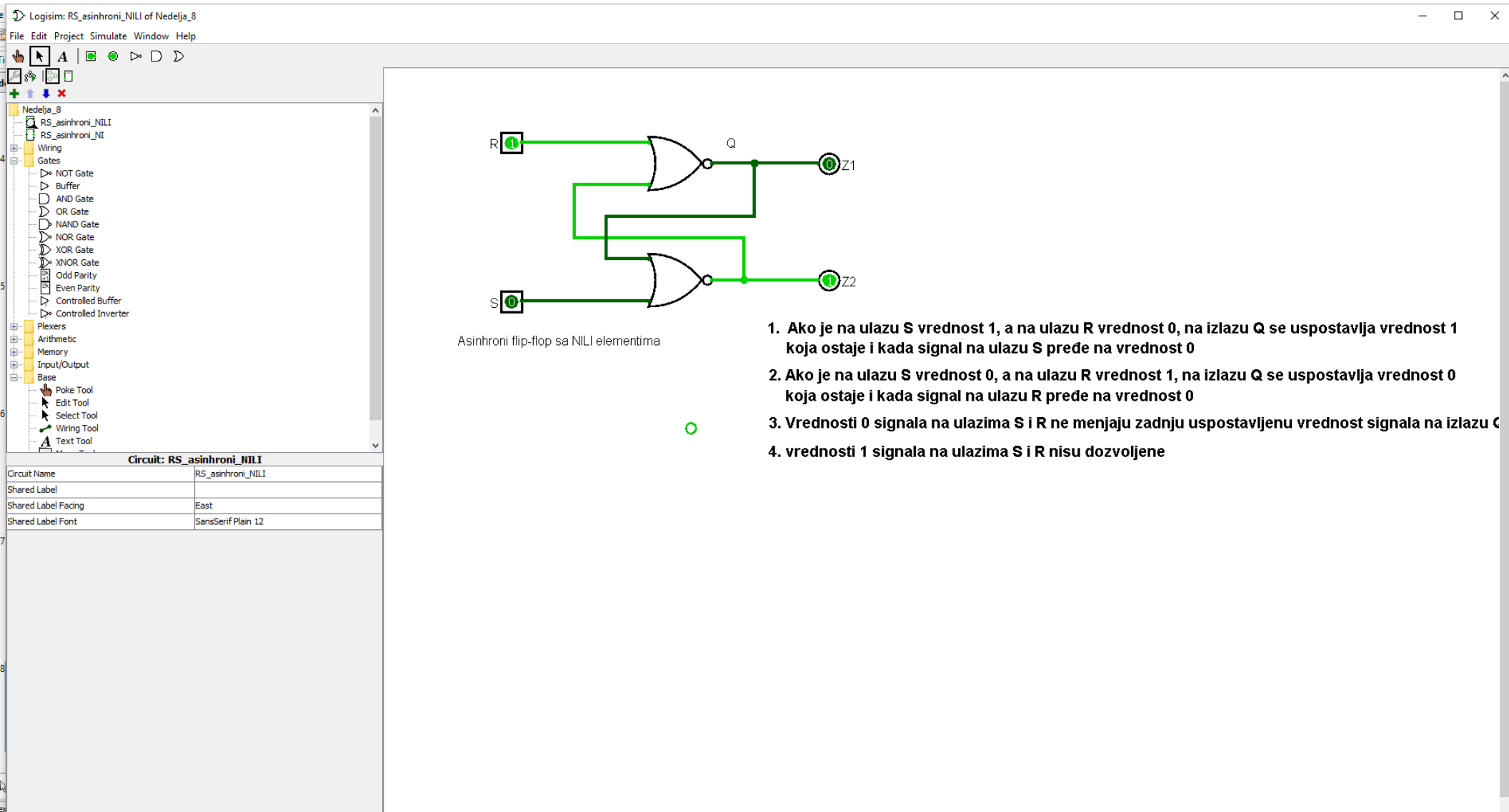
1. zakonom funkcionisanja koji je dat funkcijom prelaza i tablicom,
2. grafičkim simbolom kojim se označava u strukturnim šemama i
3. nazivom koji predstavlja njegovo ime.

Asinhroni RS flip-flop

ZAKON FUNKCIONISANJA	GRAFICKI SIMBOL	NAZIV															
$Q(t+1) = S + \bar{R}Q$ $SR = 0$ <table border="1"> <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	?															

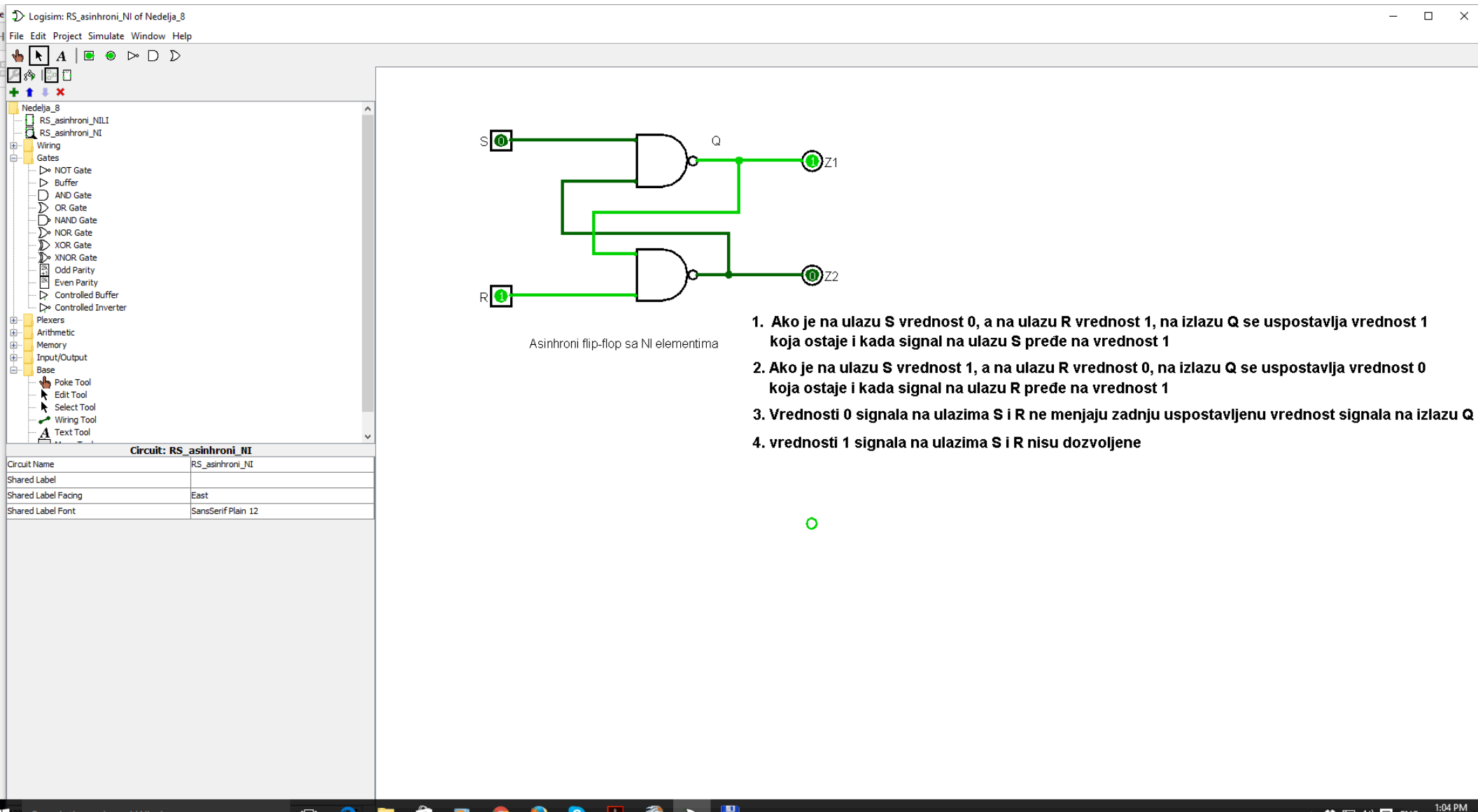
Asinhroni RS flip-flop

Asinhroni flip-flop RS tipa se realizuje pomoću dva NILI elementa sa povratnim spregama.



Asinhroni RS flip-flop

Asinhroni flip-flop RS tipa se realizuje pomoću dva NI elementa sa povratnim spregama.

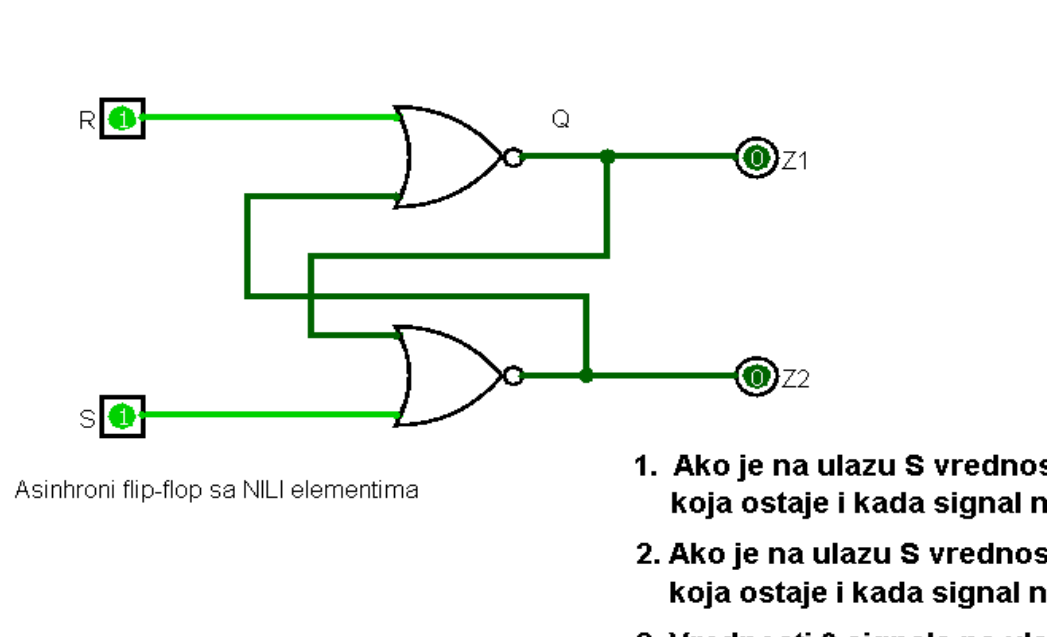


Asinhroni flip-flop

- Do prekidačkih funkcija kojima se predstavljaju zakoni funkcionisanja prekidačkih mreža, flip-flopova 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.

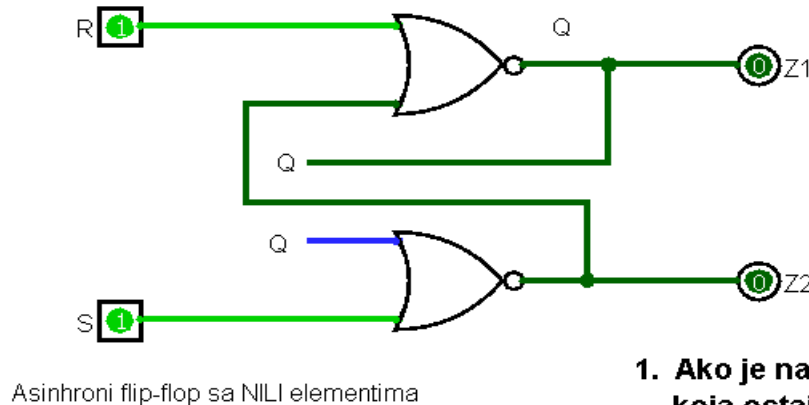
Asinhroni flip-flop

Posmatra se strukturna šema flip-flopa sa slike:



Asinhroni flip-flop

- 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, z1 i z2

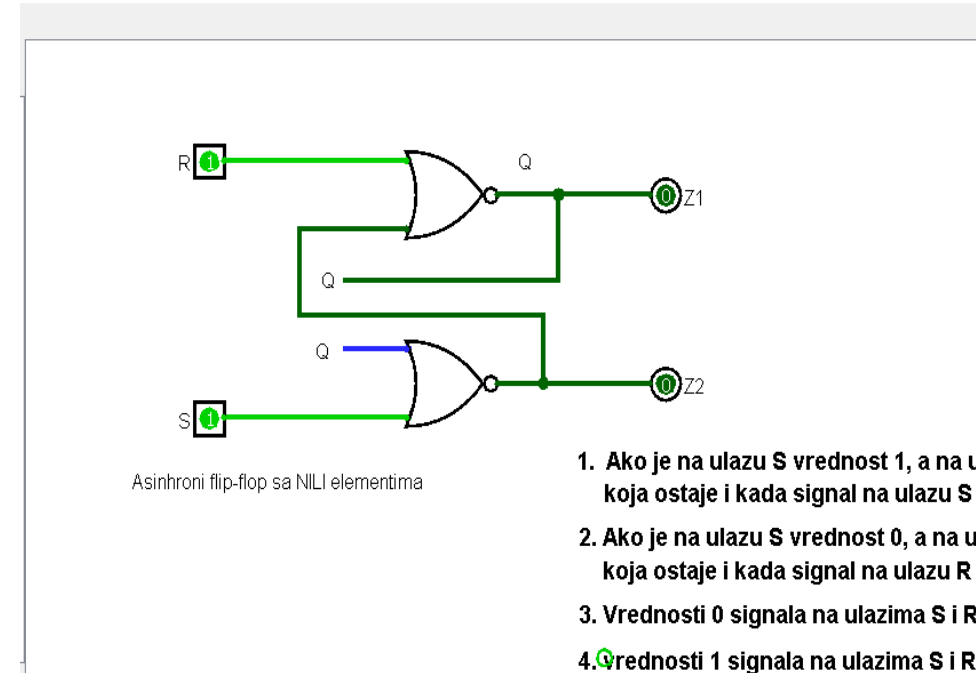


1. Ako je na ulazu S vrednost 1, a na ulazu R vrednost 0, tada signal na ulazu S ostaje i kada signal na ulazu R ostane 0
2. Ako je na ulazu S vrednost 0, a na ulazu R vrednost 1, tada signal na ulazu R ostaje i kada signal na ulazu S ostane 0
3. Vrednosti 0 signala na ulazima S i R
4. Vrednosti 1 signala na ulazima S i R

Asinhroni flip-flop

- 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:

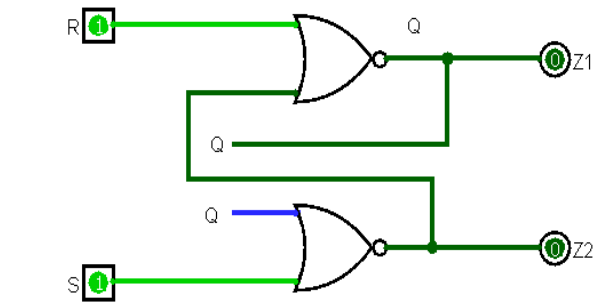
$$Q(t+1) = \overline{\overline{R + S + Q}} = \overline{R}(S + Q) = \overline{R}S + \overline{R}Q$$



Asinhroni flip-flop

- 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

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



Asinhroni flip-flop sa NILI elementima

1. Ako je na ulazu S vrednost 1, a na ulazu R vrednost 0, stanje Q ostaje i kada signal na ulazu S pređe na 0.
2. Ako je na ulazu S vrednost 0, a na ulazu R vrednost 1, stanje Q ostaje i kada signal na ulazu R pređe na 0.
3. Vrednosti 0 signala na ulazima S i R su neopredeljene.
4. Vrednosti 1 signala na ulazima S i R su neopredeljene.

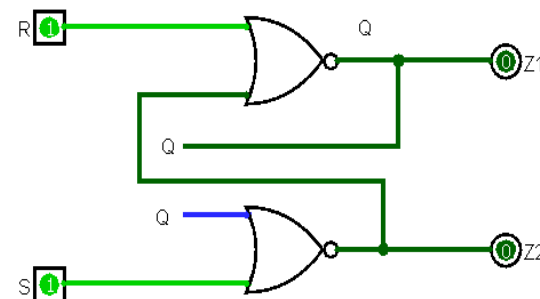
Asinhroni flip-flop

funkcija prelaza

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

funkcije izlaza

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

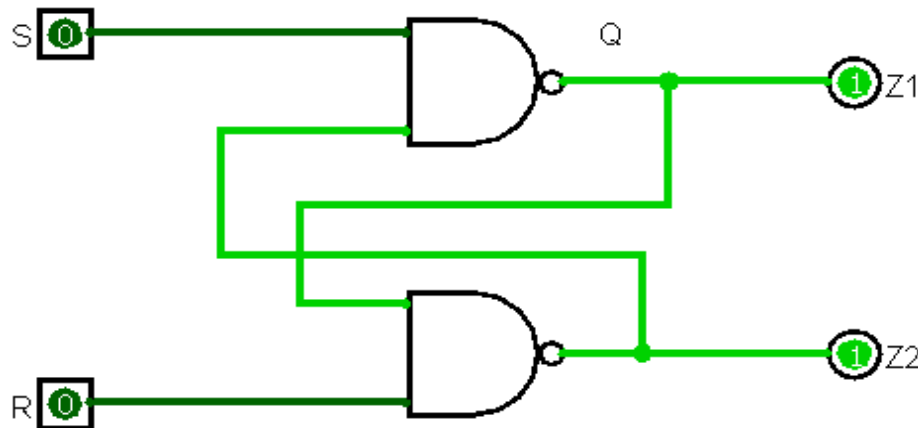


Asinhroni flip-flop sa NILI elementima

1. Ako je na ulazu S vrednost 1, a na u koja ostaje i kada signal na ulazu S |
2. Ako je na ulazu S vrednost 0, a na ul koja ostaje i kada signal na ulazu R |
3. Vrednosti 0 signala na ulazima S i R
4. Vrednosti 1 signala na ulazima S i R

Asinhroni flip-flop

Posmatra se strukturna šema flip-flopa sa slike:

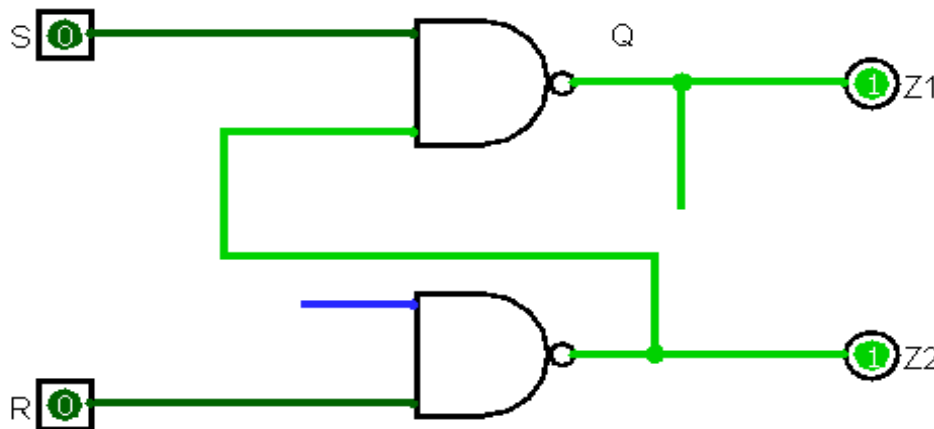


Asinhroni flip-flop sa NI elementima

1. Ako je na ulazu S vrednost 0, a na u koja ostaje i kada signal na ulazu S |
2. Ako je na ulazu S vrednost 1, a na ul koja ostaje i kada signal na ulazu R |
3. Vrednosti 0 signala na ulazima S i R
4. vrednosti 1 signala na ulazima S i R

Asinhroni flip-flop

- 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, z1 i z2



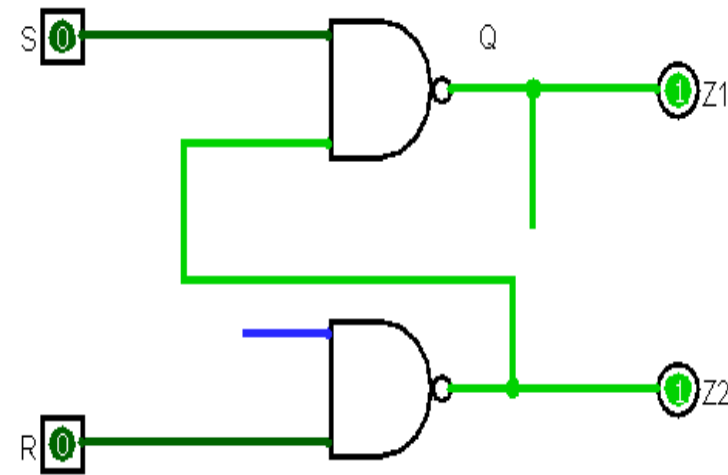
Asinhroni flip-flop sa NI elementima

1. Ako je na ulazu S vrednost koja ostaje i kada signal n
2. Ako je na ulazu S vrednost koja ostaje i kada signal n
3. Vrednosti 0 signala na ula
4. vrednosti 1 signala na ula

Asinhroni flip-flop

- 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 NII 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:

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



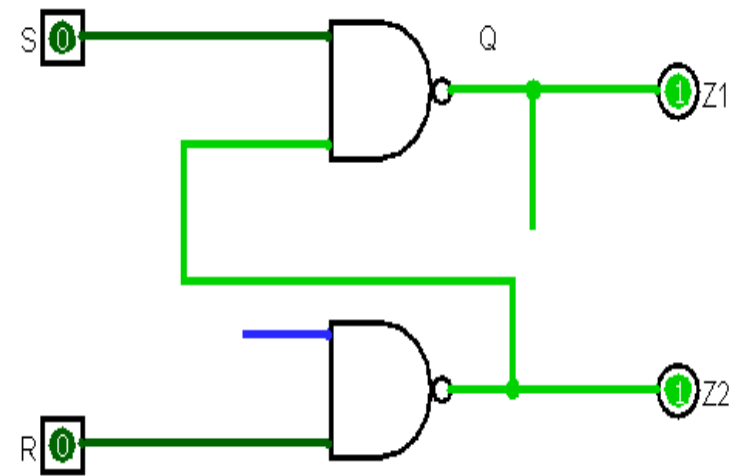
Asinhroni flip-flop sa NI elementima

1. Ako je na ulazu S vrednost koja ostaje i kada signal n
2. Ako je na ulazu S vrednost koja ostaje i kada signal n
3. Vrednosti 0 signala na ula
4. vrednosti 1 signala na ula

Asinhroni flip-flop

- 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

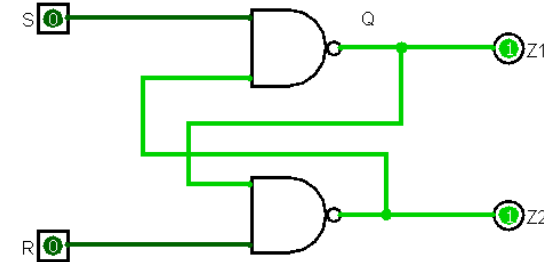
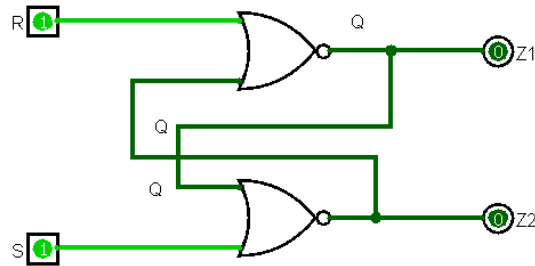
$$z_1 = Q \text{ i } z_2 = \overline{R \cdot Q} = \overline{R} + \overline{Q}$$



Asinhroni flip-flop sa NI elementima

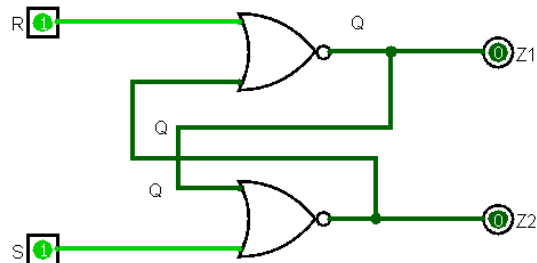
1. Ako je na ulazu S vrednost koja ostaje i kada signal n
2. Ako je na ulazu S vrednost koja ostaje i kada signal n
3. Vrednosti 0 signala na ula
4. vrednosti 1 signala na ula

Asinhroni flip-flop



- Na osnovu izraza za funkcije izlaza i prelaza za asinhrone RS flip-flopove realizovane sa NILI i NI elementima formirane su odgovarajuće kombinacione tablice

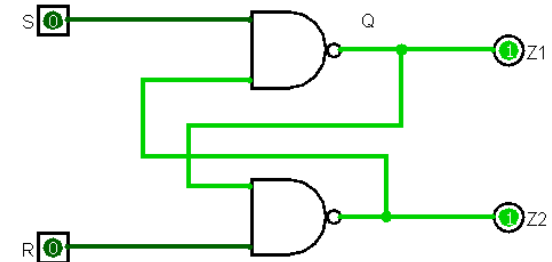
Asinhroni flip-flop



NILI

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

Asinhroni flip-flop

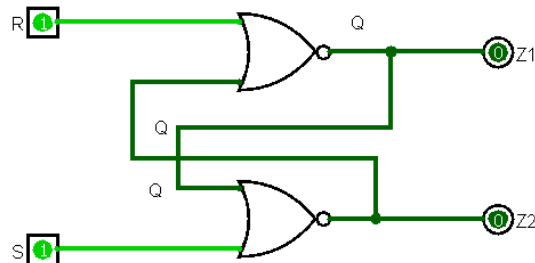


R	S	Q	$Q(t+1)$	z_1	z_2
0	0	0	1	0	1
0	0	1	1	1	1
0	1	0	0	0	1
0	1	1	0	1	1
1	0	0	1	0	1
1	0	1	1	1	0
1	1	0	0	0	1
1	1	1	1	1	0

NI

- 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.

Asinhroni flip-flop



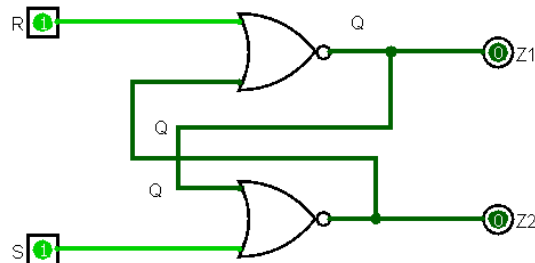
NILI

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

Na osnovu tablice vidi se 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

Asinhroni flip-flop



NILI

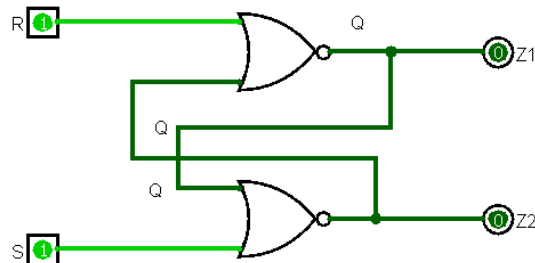
R	S	Q	Q(t+1)	z ₁	z ₂
0	0	0	0	0	1
0	0	1	1	1	0
0	1	0	1	0	0
0	1	1	1	1	0
1	0	0	0	0	1
1	0	1	0	1	0
1	1	0	0	0	0
1	1	1	0	1	0

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, pa je:

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 $RS = 0$.**

Asinhroni flip-flop



NILI

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

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, pa je:

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 $RS = 0$.**

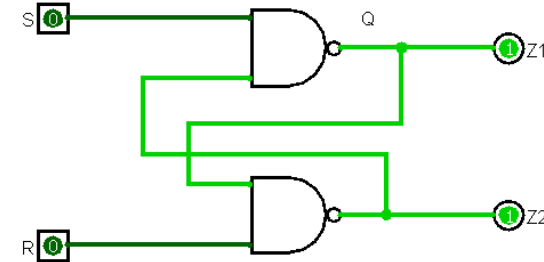
Kada se uzme u obzir da je $SR = 0$, tada funkcija prelaza postaje

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

Asinhroni flip-flop

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

NI



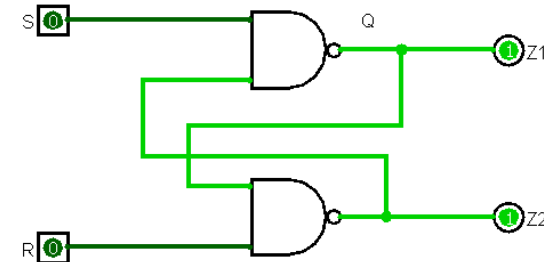
Na osnovu tablice vidi se da je:

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

Asinhroni flip-flop

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

NI



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:

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 $R+S = 1$.

Asinhroni flip-flop

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

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

Iz tablica se vidi da je za sve dozvoljene ulazne vektore u stabilnom stanju $z_2 = Q$, kao i da je $z_1 = Q$.
Zbog toga funkcije izlaza z_1 i z_2 nisu potrebne.

Asinhroni flip-flop

- Kada se iz tablica 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 koje se nazivaju tablicama prelaza asinhronih RS flip-floпова.
- 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	?

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

Tablica prelaza asinhronog
RS flip-flopa sa NI elementima