

Trigeriai

Turinys

1. Tikslas	1
2. Teorija	1
2.1 Asinchroniniai trigeriai	1
2.2 Sinchroniniai trigeriai	3
2.2.1 Statiniai trigeriai	4
2.2.2 Dviejų pakopų trigeriai	8
2.2.2 Dinaminiai trigeriai	8
3. Laboratorinio darbo užduotis	10
4. Pavyzdys	11

1. Tikslas

Susipažinti su paprasčiausiais atminties elementais – trigeriais, jų tipais, savybėmis ir realizacija naudojant loginius elementus.

2. Teorija

Loginiuose įrenginiuose naudojami dviejų stabilių būsenų loginiai elementai, vadinami **trigeriais**. Tai paprasčiausi atminties elementai, skirti vienam bitui informacijos saugoti (angl. *trigger – spragtukas, gaidukas*). Praktikoje dažniausiai naudojami SR, JK, D ir T trigeriai.

Asinchroniniai trigeriai reaguoja į įvesčių signalus jų pasirodymo metu. **Sinchroniniai trigeriai** reaguoja į įvesčių signalus tik pasirodžius sinchronizuojančiam (taktiniam) signalui (jį žymime simboliu **C**) atitinkamoje įvestyje.

2.1 Asinchroniniai trigeriai

Susipažinkime su SR trigeriau. Asinchroninis SR trigeris turi dvi įvestis. Įvestis **S** (angl. *Set*) nustato trigerio išvestį (dažnai sakoma nustato trigerį) į loginio vieneto būseną. Įvestis **R** (angl. *Reset*) nustato trigerį į loginio nulio būseną. Trigerio išvestis **Q** vadinama tiesiogine (arba vienetine) išvestimi. **Q_t** žymima dabar esanti trigerio išvesties reikšmė, o **Q_{t+1}** – trigerio išvesties

reikšmė tolesniu laiko momentu. Trigeriai dažnai turi ir inversinę išvestį \bar{Q} .

Toliau pateikiama asinchroninio SR trigerio teisingumo (perjungimo) lentelė.

1 lentelė. SR trigerio perjungimai

S	R	Q_t	Q_{t+1}	<i>Paiškinimas</i>
0	0	0	0	Informacijos saugojimas
0	0	1	1	
0	1	0	0	Loginio nulio įrašymas
0	1	1	0	
1	0	0	1	Loginio vieneto įrašymas
1	0	1	1	
1	1	0	x	Draudžiamoji įvesčių signalų kombinacija
1	1	1	x	

Iš teisingumo lentelės galima sudaryti SR trigerio lygtį. Lygtis aprašo trigerio būseną paskesniu laiko momentu Q_{t+1} :

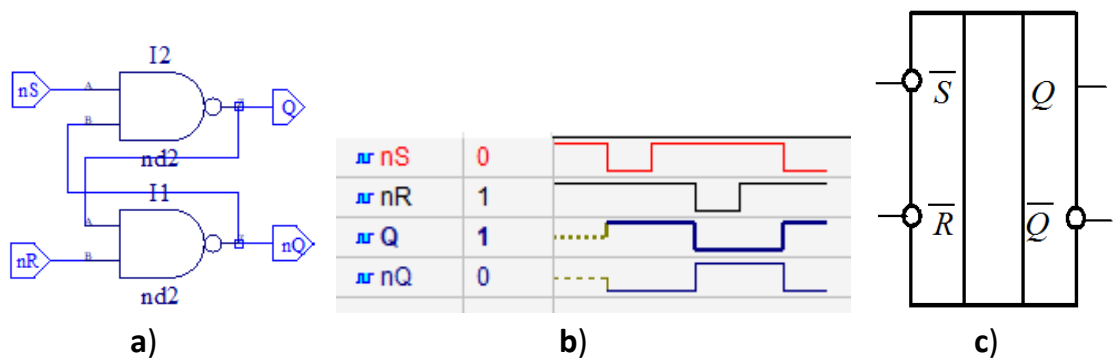
$$Q_{t+1} = \bar{S}\bar{R}Q_t + \bar{S}R\bar{Q}_t + S\bar{R}\bar{Q}_t = \bar{S}\bar{R}Q_t + \bar{S}R = \bar{R}(\bar{S}Q_t + S) = \bar{R}(Q_t + S) = \bar{R}Q_t + S.$$

Pastaroji išraiška teisinga, nes įvesčių signalų kombinacija $S = R = 1$ yra draudžiama. Iš lygties matyti, kad trigerio išvestis Q paskesniu laiko momentu (Q_{t+1}) įgis vieneto reikšmę, kai įvestis S nustatoma į loginį vienetą. Trigerio išvestis Q įgis loginio nulio reikšmę, kai įvestis R nustatoma į loginį vienetą.

Lygtį galima realizuoti naudojant tik IR-NE elementus. Tam ją pertvarkykime pagal De Morgano dėsnį ($\overline{a+b} = \bar{a} \cdot \bar{b}$):

$$Q_{t+1} = \overline{\overline{\bar{R}Q_t + S}} = \overline{\overline{\bar{R}Q_t} \cdot \overline{S}} = \overline{\overline{\bar{R}} \cdot \overline{Q_t} \cdot \overline{S}};$$

IR-NE elementais realizuota schema parodyta 1 paveiksle, a (įvestys pažymėtos nS ir nR , pabrėžiant tai, kad jos inversinės).



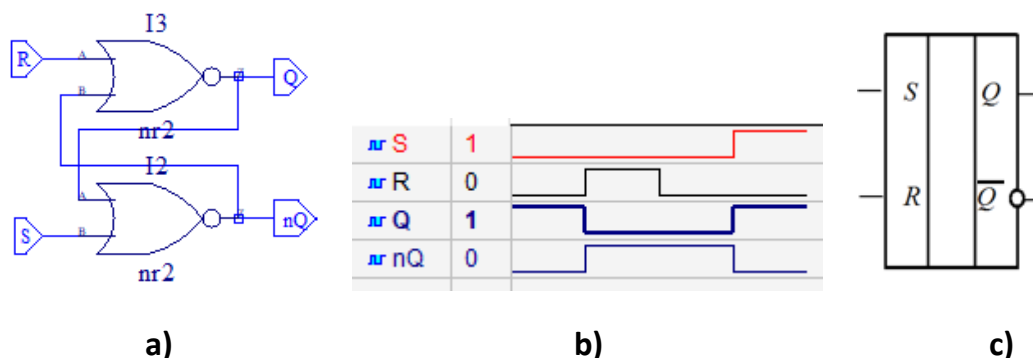
1 pav. SR trigerio, sudaryto iš IR-NE elementų, schema (a), laiko diagramos (b) ir grafinis žymėjimas (c)

Atkreipkite dėmesį, kad darbo pradžioje nustačius saugojimo režimą trigeris yra neapibrėžtoje būsenoje (tai rodo tarpinio lygio punktyrinės linijos).

SR trigerį galima realizuoti ir naudojant ARBA-NE elementus. Tuomet trigerio lygtis pertvarkoma taip:

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

SR trigerio realizacija naudojant ARBA-NE elementus parodyta 2 paveiksle, a.



2 pav. SR trigerio schema (a), sudaryta iš ARBA-NE elementų, laiko diagramos (b) ir grafinis žymėjimas (c)

2.2 Sinchroniniai trigeriai

Asinchroniniai trigeriai naudojami retai. Sinchroniniai trigeriai skirstomi į tokias grupes:

- **statinius trigerius**, turinčius statinį įrašymo valdymą ir reaguojančius į įvesčių signalus tik tuomet, kai į sinchronizacijos įvestį siunčiamas loginis vienetas. Šie trigeriai dar vadinami vienalaipsniais arba fiksatoriais;
- **dvilaipsnius trigerius**, turinčius dviejų pakopų atmintį, kuriuose sinchronizavimo impulsas įrašo duomenis į pirmąją atminties pakopą, vėliau, pasikeitus sinchronizavimo impulso lygiui, šie duomenys perrašomi iš pirmosios į antrąją pakopą, kuri formuoja išvesties signalą;
- **dinaminis trigerius**, valdomus sinchronizavimo signalo frontu. Šie trigeriai reaguoja į įvesčių signalus tik tuomet, kai sinchronizavimo impulsas **C** pereina iš loginio nulio lygio į loginio vieneto lygį.

Tam, kad trigeriai patikimai veiktų, į juos siunčiami signalai turi tenkinti tokius reikalavimus:

- Įvesčių signalai tam tikrą laiką, kuris vadinamas **parengties laiku** (t_{par}), prieš pasirodant aktyviajam sinchronizavimo impulso frontui turi nesikeisti.
- Įvesčių signalai tam tikrą laiką, vadinamą **išlaikymo laiku** (t_{isl}), praėjus aktyviajam sinchronizavimo impulso frontui turi išlaikyti savo reikšmes.

2.2.1 Statiniai trigeriai

Apžvelgsime praktikoje dažniausiai naudojamus SR, JK ir D trigerius (T trigeriai naudojami tik skaitikliuose).

a) statinis SR trigeris

Toliau pateikiama statinio SR trigerio teisingumo lentelė (2 lentelė).

2 lentelė. Statinio SR trigerio perjungimai

<i>C</i>	<i>S</i>	<i>R</i>	Q_t	Q_{t+1}	<i>Paiškinimas</i>
0	x	x	0	0	Informacijos saugojimas
0	x	x	1	1	
1	0	0	0	0	
1	0	0	1	1	
1	0	1	0	0	Loginio nulio įrašymas
1	0	1	1	0	
1	1	0	0	1	Loginio vieneto įrašymas
1	1	0	1	1	
1	1	1	0	x	Draudžiamoji įvesčių signalų kombinacija
1	1	1	1	x	

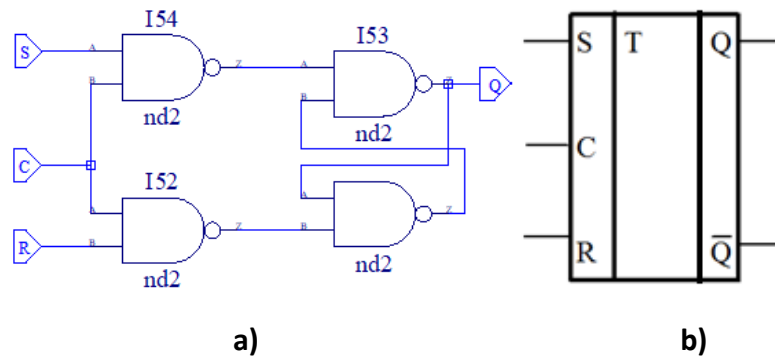
Statinio valdymo trigeris aprašomas šia lygtimi:

$$Q_{t+1} = \bar{C}Q_t + \bar{C}SRQ_t + CS\bar{R}\bar{Q}_t + CS\bar{R}Q_t = \bar{C}Q_t + \bar{C}R(Q_t + S) = \bar{C}Q_t + \bar{C}RQ_t + CS;$$

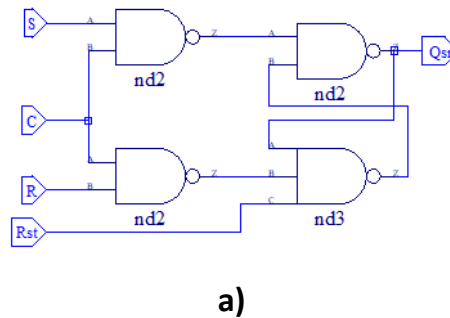
čia $\bar{C}Q_t$ – narys, aprašantis informacijos saugojimo režimą (nesant sinchronizavimo impulso); $\bar{C}R(Q_t + S)$ – narys, aprašantis trigerio darbą, kai į trigerio įvestį *C* ateina sinchronizavimo impulsas (*CS* – narys, gaunamas minimizavus funkciją ir įvertinus draudžiamą būseną (*S* = 1, *R* = 1)).

SR trigerio, sudaryto iš IR-NE elementų schemą papildžius elementais, reaguojančiais į sinchronizavimo impulsą, gaunamas statinis SR trigeris, pavaizduotas 3 paveiksle, a.

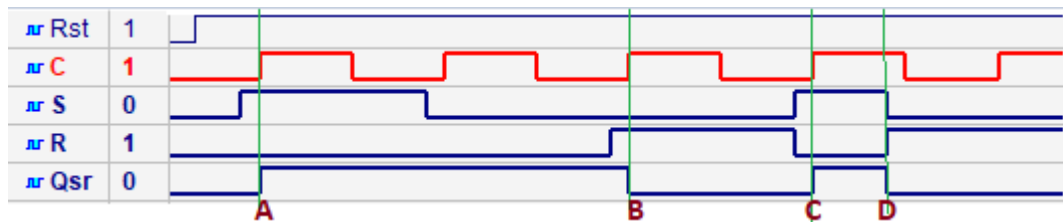
Pradiniu laiko momentu neįmanoma nustatyti, kurioje būsenoje yra trigeris, todėl dažnai naudojamas papildomas signalas, nustatantis trigerį į žinomą būseną. Tokia schema pavaizduota 4 paveiksle, kurioje šis signalas pavadintas **Rst**. Analizuodami trigerių darbą, mes schemose visada naudosime tokį signalą.



3 pav. Statinio SR trigerio schema (a) ir jo grafinis žymėjimas (b)



a)



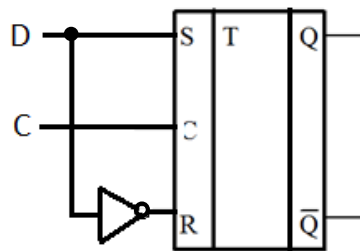
b)

4 pav. Statinio SR trigerio, nustatomo į pradinę būseną, schema (a) ir laiko diagramos (b)

Statinio SR trigerio grafinis žymėjimas pavaizduotas 3 paveiksle, b, o laiko diagramos (įvertinant Rst signalą) – 4 paveiksle, b. Diagramoje atkreipkite dėmesį į tai, kad trigeris keičia savo būseną tik esant aukštam signalo **C** lygiui (diagramoje – laiko momentas D) arba šiam signalui pereinant į aukštą lygį (diagramoje – laiko momentai A, B, C).

b) statinis D trigeris

Sudėtingesni trigeriai sudaromi iš paprasčiausio SR atminties elemento ir valdymo schemos. Plačiai naudojami sinchroniniai D trigeriai (angl. *D* – *Data*, *Delay*). Jie turi vieną informacinę įvestį **D**, kurios informacija įsimenama atėjus sinchronizavimo impulsui ir saugoma iki kito sinchronizavimo impulso. Sinchroninio SR trigerio invertuotą **S** signalą sujungus su **R** įvestimi gaunamas D trigeris, kaip parodyta 5 paveiksle.



5 pav. D trigeris, gautas iš SR trigerio

Toliau pateikiama šio trigerio teisingumo lentelė.

3 lentelė. D trigerio perėjimai

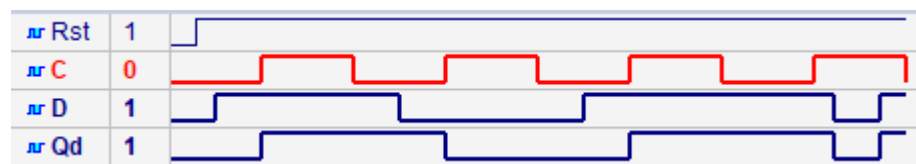
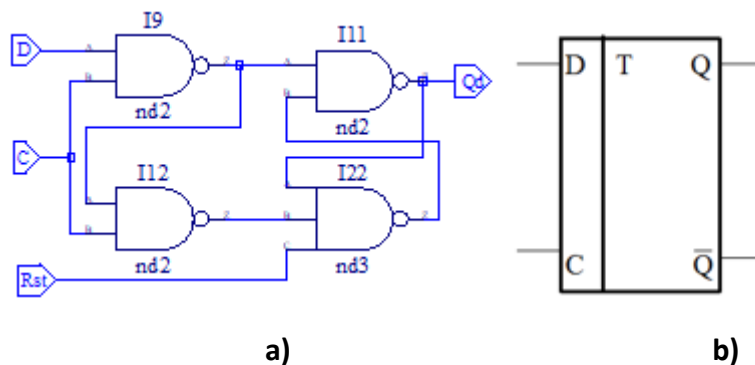
C	D	Q_t	Q_{t+1}	Paaškinimas
0	x	0	0	Informacijos saugojimas
0	x	1	1	
1	0	0	0	Loginio nulio įrašymas
1	0	1	0	
1	1	0	1	Loginio vieneto įrašymas
1	1	1	1	

Šio trigerio lygtis:

$$Q_{t+1} = \bar{C}Q_t + CD_t;$$

čia narys $\bar{C}Q_t$ nurodo, kad nesant C impulso informacija saugoma, o narys CD_t nurodo, kad esant sinchronizavimo impulsui trigerio būseną priklauso nuo signalo lygio įvestyje D .

Grafinis žymėjimas ir laiko diagramos pateikti 6 paveiksle.



6 pav. Sinchroninio D trigerio schema (a), grafinis žymėjimas (b), laiko diagramos (c)

c) *statinis JK trigeris*

JK trigeris yra universalus, nes gali būti paverstas bet kokio kito tipo trigeriu. Žemiau pateikiama JK trigerio teisingumo lentelė.

4 lentelė. JK trigerio perėjimai

<i>J</i>	<i>K</i>	<i>Q_t</i>	<i>Q_{t+1}</i>	<i>Paaškinimas</i>
0	0	0	0	Informacijos saugojimas
0	0	1	1	
0	1	0	0	Loginio nulinio įrašymas
0	1	1	0	
1	0	0	1	Loginio vieneto įrašymas
1	0	1	1	
1	1	0	1	Priešingos būsenos nustatymas ¹
1	1	1	0	

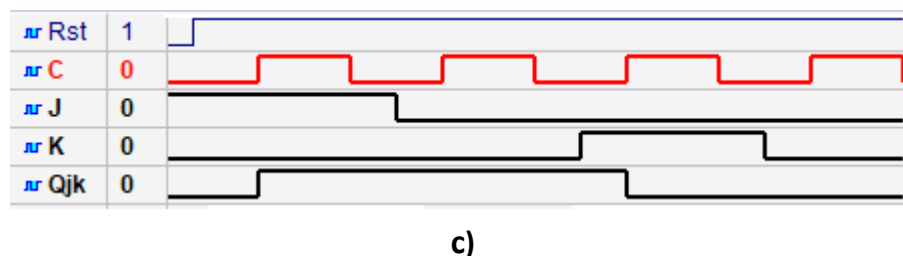
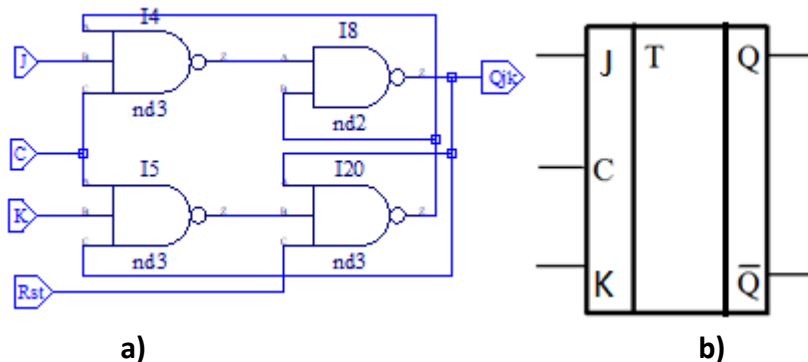
JK trigerio būdingoji lygtis:

$$Q_{t+1} = \bar{K}Q_t + J\bar{Q}_t.$$

Sinchroninio trigerio būdingoji lygtis:

$$Q_{t+1} = \bar{C}Q_t + C(\bar{K}Q_t + J\bar{Q}_t).$$

Šio trigerio schemą sudarys SR trigeris, kaip parodyta 7 paveiksle.



7 pav. JK trigerio schema (a), grafinis žymėjimas (b), laiko diagramos (c)

¹ Pastebėsime, kad modeliavimo sistema neleidžia paduoti $J = K = 1$.

2.2.2 Dviejų pakopų trigeriai

Problemoms trikdančių įvestyse pašalinti naudojama dvitaktė (dviejų pakopų) trigerio schema. Dviejų pakopų trigeris sudarytas iš dviejų trigerių ir inverterio. Trigeriai sujungiami nuosekliai; pirmasis sinchronizuojamas tiesioginiu, o antrasis – invertuotu sinchronizavimo impulsais, kaip parodyta 8 paveiksle.

Dviejų pakopų trigerį galima realizuoti naudojant bet kokio tipo trigerius. Kadangi pirmojo trigerio išvesties signalas keičia antrojo trigerio būseną, jis pavadintas valdančiuoju – **M** (angl. *master – ponas*), o antrasis – valdomuoju **S** (angl. *slave – vergas*). Tokie trigeriai dažnai vadinami MS trigeriais. Valdantysis ir valdomasis trigeriai informaciją priima skirtingais sinchroninio signalo lygiais. MS trigeriui žymėti naudojamos dvi T raidės. Išvestyje informacija keičiasi tik pasibaigus sinchronizavimo signalui ir tuo metu nepriklauso nuo informacinių signalų trigerio įvestyse. Sinchronizavimo impulsas nustato trigerio **M** būseną priklausomai nuo informacinių signalų **J** ir **K** reikšmių, trigerio **S** būsena tuo metu nesikeičia. Tokia struktūra apsaugo trigerį nuo trikdančių įvestyje.

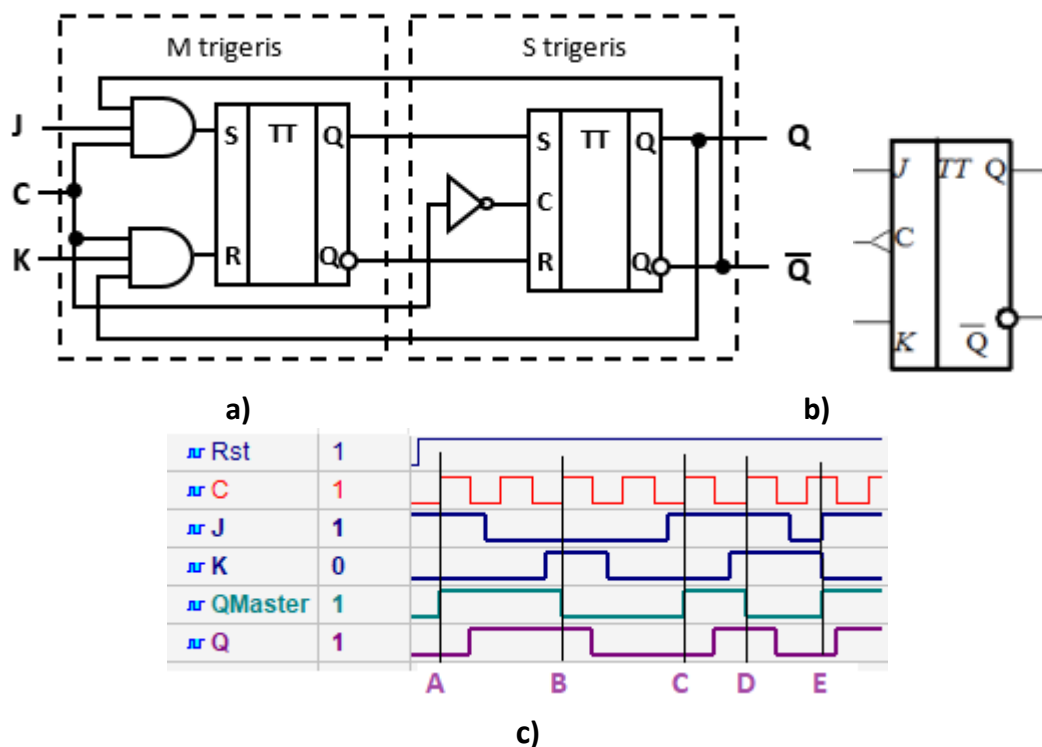
Esama SR, JK ir D dviejų pakopų trigerių.

Dviejų pakopų JK trigeris pavaizduotas 8 paveiksle, a, jo grafinis žymėjimas – 8 paveiksle, b, o laiko diagramos – 8 paveiksle, c. Diagramoje atkreipkite dėmesį į tai, kad pirmasis trigeris (**M** trigeris) keičia savo būseną tik esant aukštam signalo **C** lygiui (diagramoje – laiko momentas **E**) arba šiam signalui pereinant į aukštą lygį (diagramoje – laiko momentai **A**, **B**, **C**, **D**). Antrasis trigeris (**S** trigeris) keičia savo būseną signalui **C** pereinant į žemą lygį.

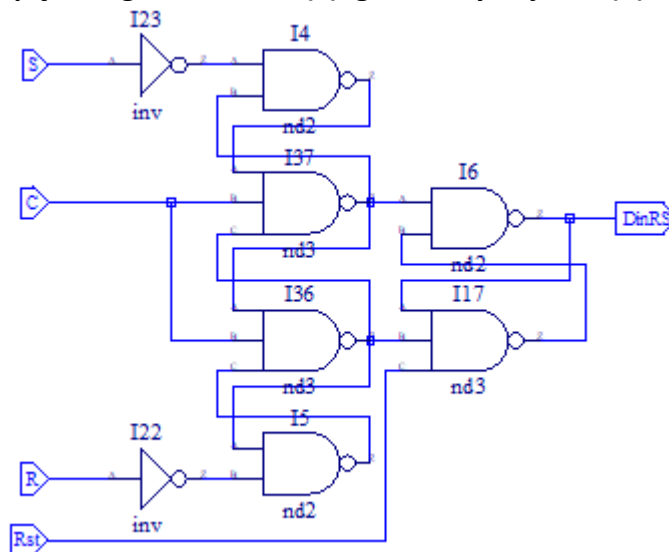
2.2.2 Dinaminiai trigeriai

Praktikoje dažnai naudojami dinaminiai trigeriai. Šie trigeriai reaguoja į sinchronizavimo signalo lygio pasikeitimą (signalų frontą). Esama SR, JK ir D tipų dinaminių trigerių. SR dinaminio trigerio schema pavaizduota 9 paveiksle.

Elementai **I6** ir **I17** sudaro pagrindinį (išvesties) trigerį, o **I4** ir **I37**, **I36** ir **I5** – pagalbinus (komutuojančius) trigerius. Iš pagalbinių trigerių informacija perrašoma į pagrindinį trigerį, kai sinchronizavimo impulsas pereina iš loginio vieneto į nulį.

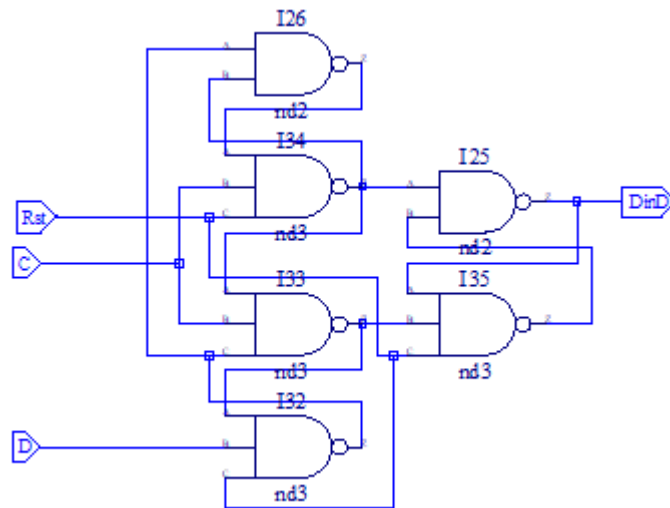


8 pav. Dviejų pakopų JK trigerio schema (a), grafinis žymėjimas (b), laiko diagramos (c)



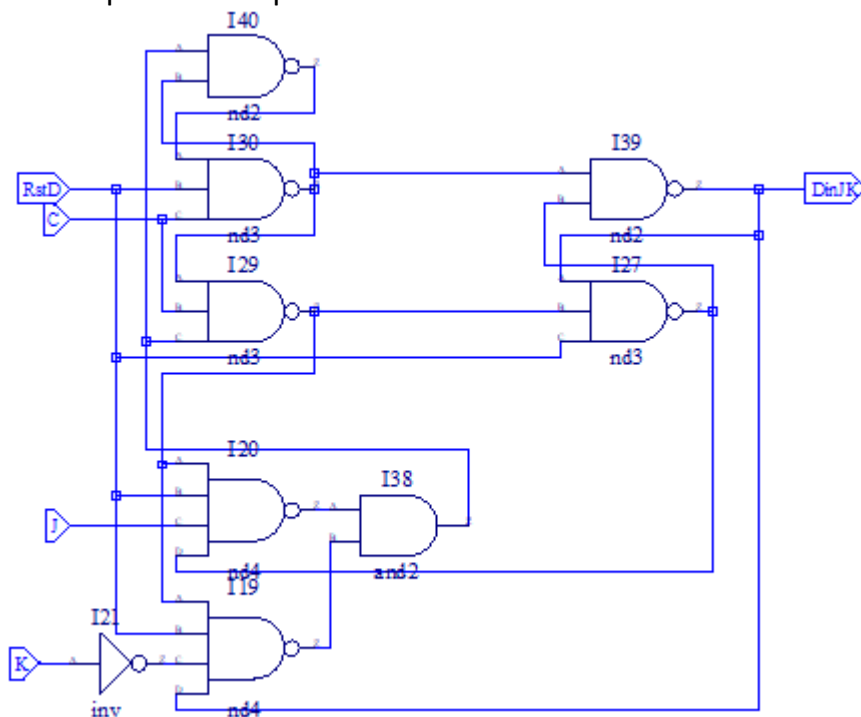
9 pav. SR dinaminio trigerio schema

Atidžiau panagrinėjus šio trigerio veikimą išryškėja esminis jo trūkumas: atėjus žemo lygio **S** ir **R** signalams sinchronizavimo impulso priekinio fronto metu ir vėliau, pakeitus **S** ir **R** signalų reikšmes nepasibaigus sinchronizavimo impulsui, trigeris reaguoja į tuos pokyčius keisdamas būseną. Dėl šios priežasties dažniausiai naudojami D tipo dinaminiai trigeriai. Tokio trigerio schema parodyta 10 paveiksle.



10 pav. D dinaminio trigerio su statine nulinio nustatymo įvestimi (*Rst*) schema

Taip pat gaminami ir JK dinaminiai trigeriai (pvz., 74ALS109). Toks trigeris neturi jau minėto SR trigerio trūkumo dėl JK trigerio esančių grįžtamųjų ryšių iš išvadų *Q* ir *nQ*. JK dinaminio trigerio schema pateikta 11 paveiksle.



11 pav. JK dinaminio trigerio schema

3. Laboratorinio darbo užduotis

1. Suprojektuoti statinio valdymo trigerį pagal individualių užduočių lentelėje nurodytą būdingąją lygtį, naudojant loginius elementus. Iširti jo veikimą.

2. Suprojektuoti sinchroninį dviejų pakopų trigerį naudojantis užduotyje nurodyta lygtimi. Iširti jo veikimą.

3. Suprojektuoti dinaminį sinchroninį trigerį, pasinaudojant užduotyje nurodyta lygtimi. Iširti jo veikimą.

4. Parengti laboratorinio darbo ataskaitą. Ataskaitoje pateikti realizuotas schemas ir šių schemų modeliavimo rezultatus.

4. Pavyzdys

Laboratorinio darbo užduotis:

- suprojektuoti statinį trigerį su valdymo schemomis, aprašomomis išraiška

$$(x_1 + \overline{x_1}((x_2 \cdot x_3) + \overline{x_4}))Q_t + \overline{x_1}((x_3 \oplus x_4) \cdot x_2)\overline{Q}_t;$$

- suprojektuoti dviejų pakopų ir dinaminį trigerius, panaudojant tas pačias valdymo schemas.

Užrašome šią išraišką trigerio būdingosios lygties pavidalu:

$$Q_{t+1} = (x_1 + \overline{x_1}((x_2 \cdot x_3) + \overline{x_4}))Q_t + \overline{x_1}((x_3 \oplus x_4) \cdot x_2)\overline{Q}_t$$

ir palyginame ją su trigerių būdingosiomis lygtimis:

$$\text{SR trigerio: } Q_{t+1} = \overline{C}Q_t + C\overline{R}Q_t + CS;$$

$$\text{JK trigerio: } Q_{t+1} = \overline{C}Q_t + C(\overline{K}Q_t + J\overline{Q}_t);$$

$$\text{D trigerio: } Q_{t+1} = \overline{C}Q_t + CD_t.$$

Matome, kad užduotyje duota išraiška atitinka sinchroninio JK trigerio būdingąją lygtį (ją pertvarkius taip: $Q_{t+1} = (\overline{C} + C\overline{K})Q_t + C J \overline{Q}_t$).

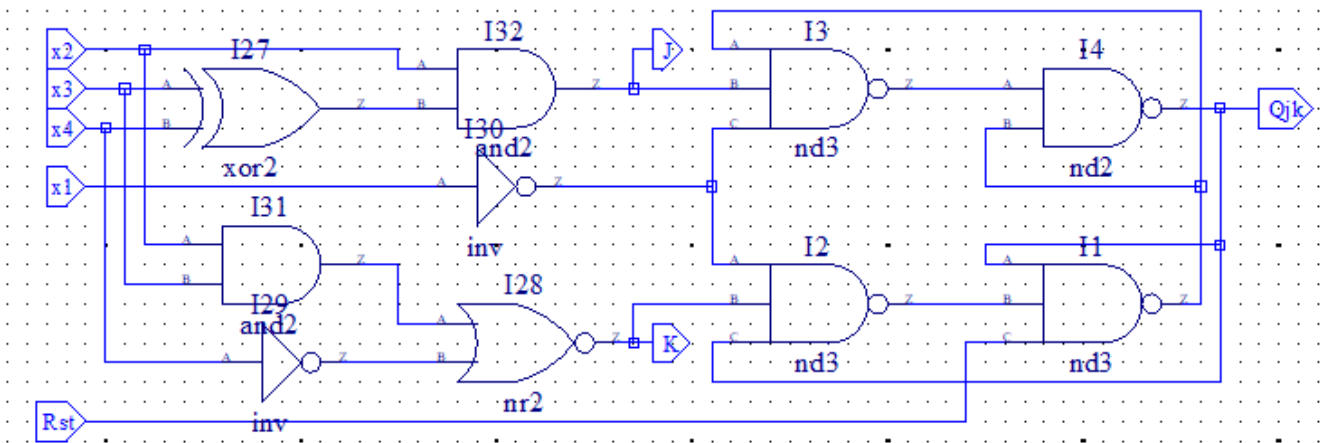
Taigi,

$$C = \overline{x_1};$$

$$\overline{K} = (x_2 \cdot x_3) + \overline{x_4};$$

$$J = (x_3 \oplus x_4) \cdot x_2.$$

Sudarome statinio JK trigerio su valdymo grandinėmis ir įvestimi **Rst**, nustatančia trigerį į pradinę būseną ('0'), schemą, pavaizduotą 12 paveiksle. Atkreipkite dėmesį, kad išraiškose turime \overline{K} , todėl schemoje I28 elementas yra ARBA-NE (NOR).



12 pav. JK trigerio schema su valdymo schemomis

Schema papildyta dviem išvestimis (J ir K), kurios skirtos signalų J ir K reikšmėms stebėti (ir klaidų paieškai palengvinti).

JK trigerio veikimas aprašomas tokia lentele:

5 lentelė. JK trigerio darbo lentelė

J	K	Q_{t+1}	Operacija
0	0	Q_t	Informacijos saugojimas
0	1	0	Nulio įrašymas
1	0	1	Vieneto įrašymas
1	1	$\overline{Q_t}$	Informacija invertuojama

Pagal nustatytas K ir J išraiškas sudarome teisingumo lentelę, rodančią J ir K signalų priklausomybę nuo signalų x_2 , x_3 , x_4 (raudonai išskirta draudžiama J ir K kombinacija).

6 lentelė. J ir K priklausomybė nuo signalų x_2 , x_3 , x_4

x_2 x_3 x_4	K	J
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	1
1 1 0	0	1
1 1 1	0	0

Testas turi patikrinti ir trigerio, ir valdymo schemų teisingumą. Trigerio darbui patikrinti turime vykdyti visas jo atliekamas operacijas – informacijos saugojimą, nulio ir vieneto įrašymą. Valdymo schemų darbui patikrinti turime į jas paduoti visas leistinas kintamųjų x_2 , x_3 ir x_4 kombinacijas.

Įvertindami 5 ir 6 lentelių duomenis, sudarome testinių rinkinių seką schemai patikrinti (žr. 7 lentelę).

7 lentelė. Testinių rinkinių seka schemai patikrinti

x_2 x_3 x_4	K	J	Q_{t+1}	Operacija
1 1 0	0	1	1	Vieneto įrašymas
0 0 0	0	0	1	Informacijos saugojimas
0 0 1	1	0	0	Nulio įrašymas
0 1 0	0	0	0	Informacijos saugojimas
1 1 0	0	1	1	Vieneto įrašymas
1 1 1	0	0	1	Informacijos saugojimas
0 1 1	1	0	0	Nulio įrašymas
1 0 0	0	0	1	Informacijos saugojimas

Tegul sinchronizacijos periodas bus 50 ps. 8 lentelėje pateikti duomenys signalų x_2 , x_3 ir x_4 formavimui. Joje nurodyti laikai, kada pasikeičia kiekvieno signalo lygis (iš 0 į 1 ir iš 1 į 0). Kadangi pasikeitimas turi būti atliekamas esant pasyviai sinchrosignalui lygiui, prie periodo (50 ps) pridėta mažiau, nei pusperiodis – 20 ps.

8 lentelė. Duomenys signalų x_2 x_3 x_4 formavimui

x_2 x_3 x_4	Signalų pasikeitimo pradžios laikas			Operacija
	x_2	x_3	x_4	
1 1 0	0	0	0	Vieneto įrašymas
0 0 0	70	70		Informacijos saugojimas
0 0 1			120	Nulio įrašymas
0 1 0		170	170	Informacijos saugojimas
1 1 0	220			Vieneto įrašymas
1 1 1			270	Informacijos saugojimas
0 1 1	320			Nulio įrašymas
1 0 0	370	370	370	Informacijos saugojimas

Schema pradeda darbą esant pasyviai sinchrosignalui lygiui; kadangi sinchronizuojama inversiniu signalu ($\overline{x_1}$), šio signalo formavimas turi būti atliekamas direktyva (signalas

pradedamas aukštu lygiu):

```
force -freeze sim:/Lab2_jk/x1 1 0, 0 {25 ps} -r 50
```

Pagal šios lentelės duomenis suformuojame tokias modeliavimo direktyvas:

```
force -freeze sim:/Lab2_jk/x2 1 0, 0 {70 ps}  
force -freeze sim:/Lab2_jk/x2 1 220, 0 {320 ps}  
force -freeze sim:/Lab2_jk/x2 1 370  
force -freeze sim:/Lab2_jk/x3 1 0, 0 {70 ps}  
force -freeze sim:/Lab2_jk/x3 1 170, 0 {370 ps}  
force -freeze sim:/Lab2_jk/x4 0 0, 1 {120 ps}  
force -freeze sim:/Lab2_jk/x4 0 170, 1 {270 ps}  
force -freeze sim:/Lab2_jk/x4 0 370
```

Kaip matome rėmeliu apibrėžta laikų pora atitinka vieną direktyvą.

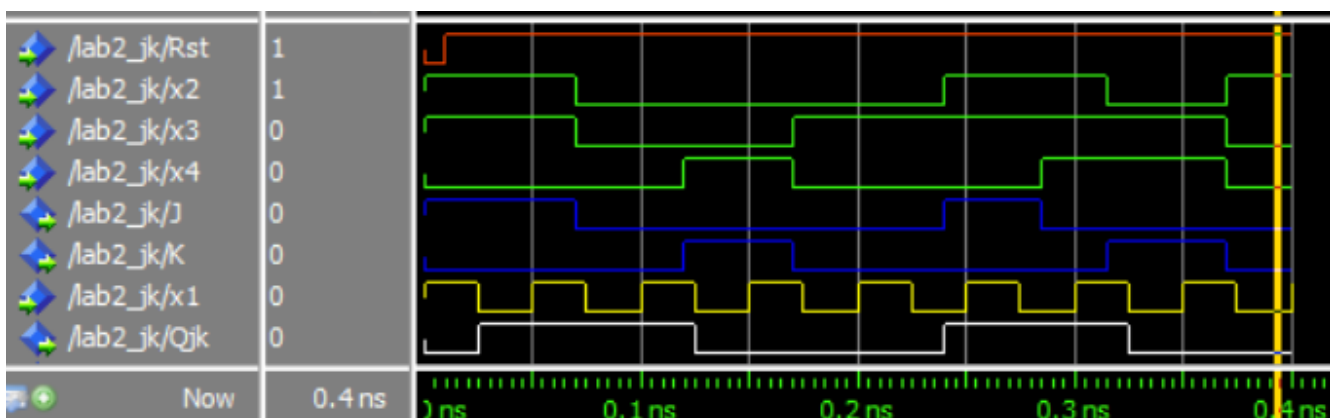
Rst signalas formuojamas tokia modeliavimo direktyva:

```
force -freeze sim:/Lab2_jk/rst 0 0, 1 {10 ps}
```

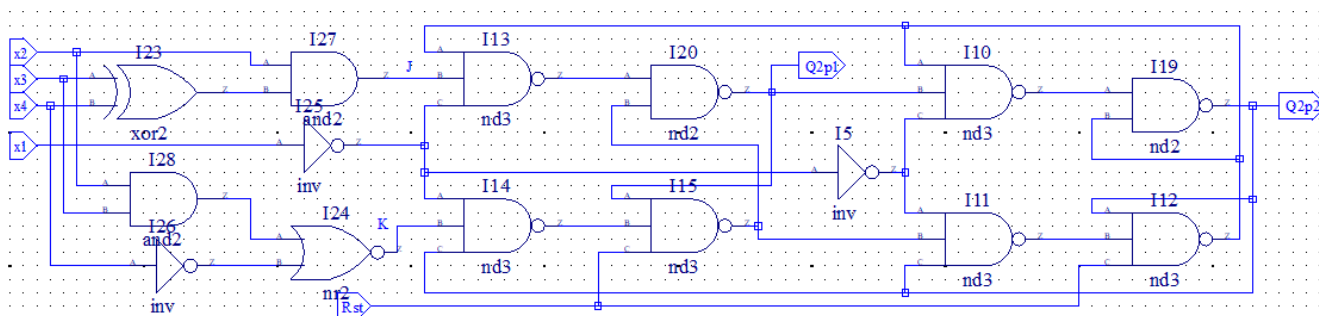
Modeliavimo trukmė – 400 ps. Pridėję direktyvas restartui ir vykdymui, gavome tokį direktyvų sąrašą:

```
restart -f  
force -freeze sim:/Lab2_jk/x1 1 0, 0 {25 ps} -r 50  
force -freeze sim:/Lab2_jk/x2 1 0, 0 {70 ps}  
force -freeze sim:/Lab2_jk/x2 1 220, 0 {320 ps}  
force -freeze sim:/Lab2_jk/x2 1 370  
force -freeze sim:/Lab2_jk/x3 1 0, 0 {70 ps}  
force -freeze sim:/Lab2_jk/x3 1 170, 0 {370 ps}  
force -freeze sim:/Lab2_jk/x4 0 0, 1 {120 ps}  
force -freeze sim:/Lab2_jk/x4 0 170, 1 {290 ps}  
force -freeze sim:/Lab2_jk/x4 0 370  
force -freeze sim:/Lab2_jk/rst 0 0, 1 {10 ps}  
run 400
```

Schemas veikimo modeliavimas davė tokias laiko diagramas:

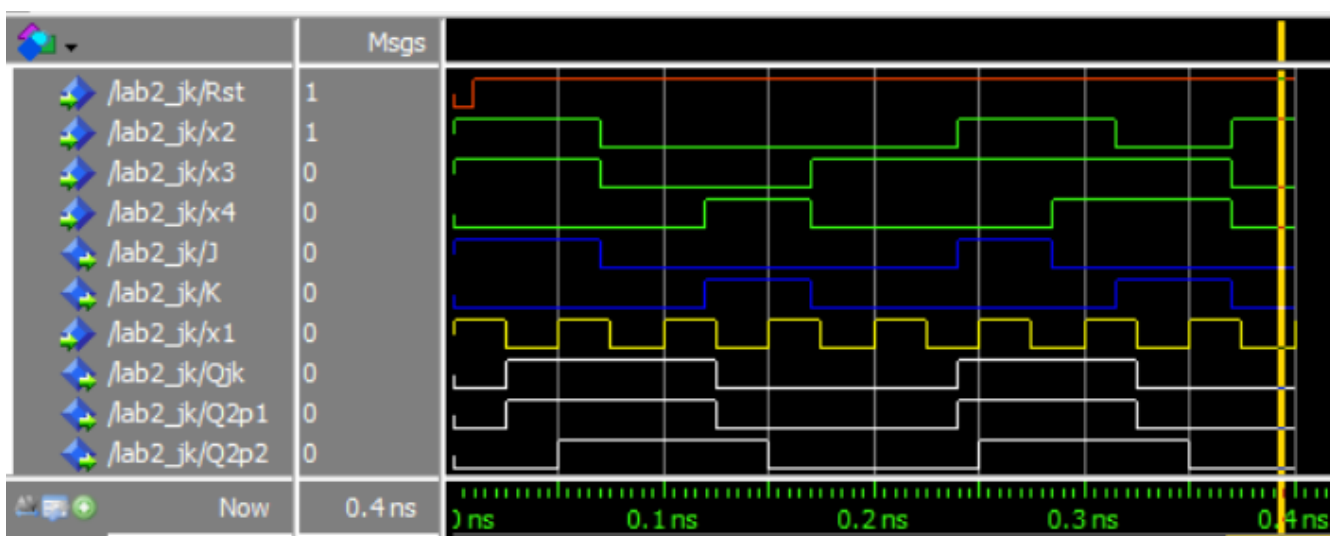


Tame pačiame grafinio redaktoriaus lanke nubraižome dviejų pakopų (MS) JK trigerio schemą su valdymo grandinėmis ir įvestimi, nustatančia trigerį į pradinę būseną (0), kaip parodyta 14 paveiksle.



14 pav. Dviejų pakopų JK trigerio schema

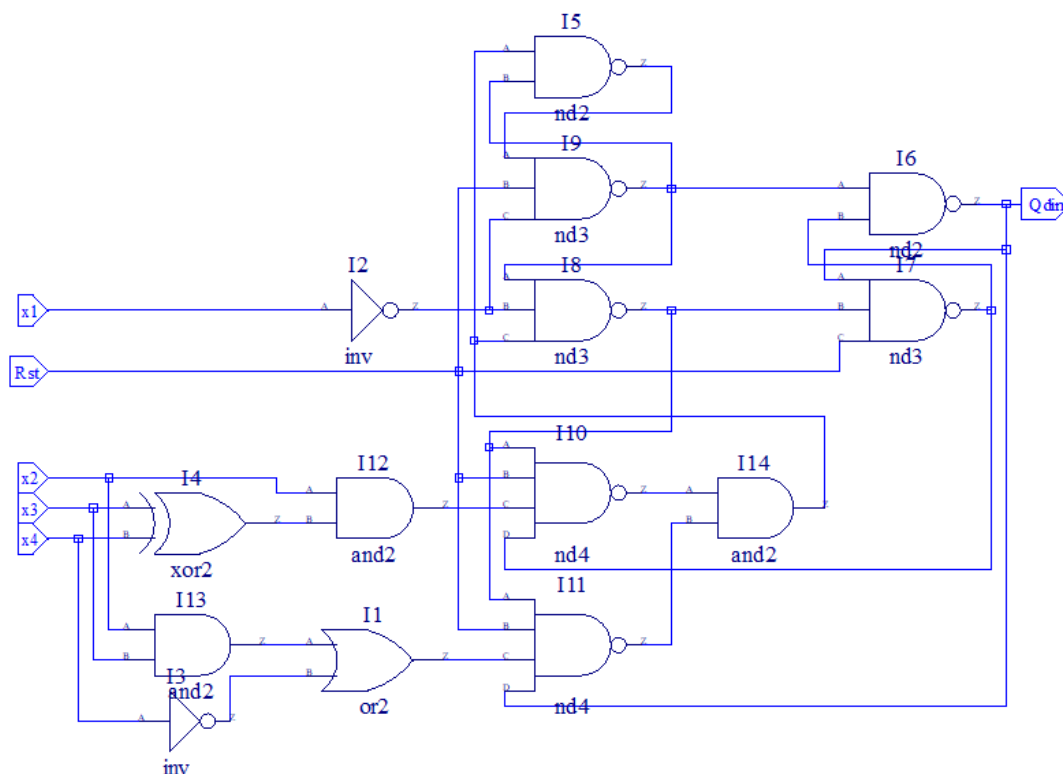
Schemai patikrinti panaudoję sudarytą testinį rinkinį gauname tokias laiko diagramas:



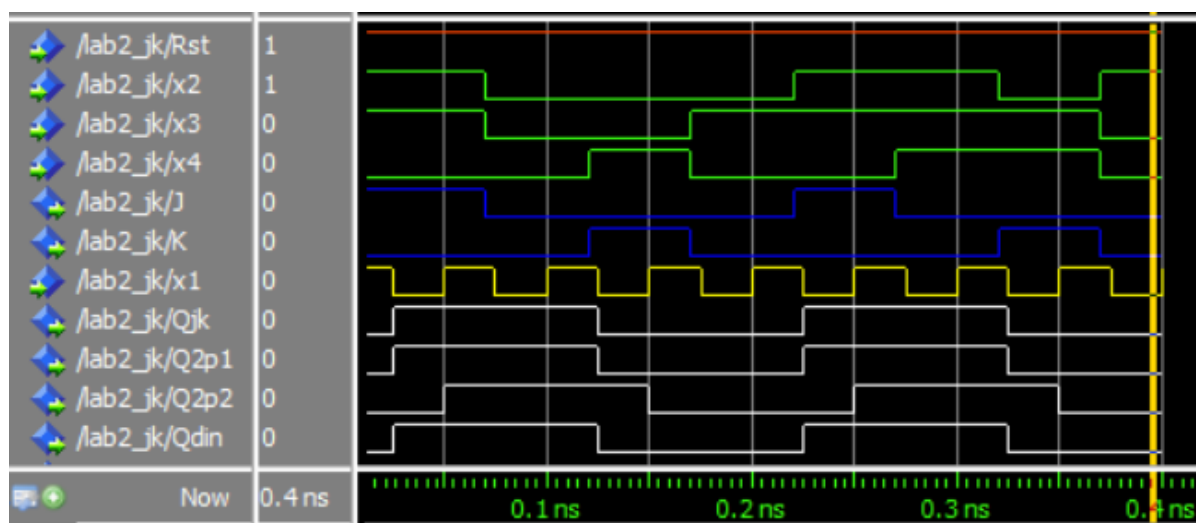
15 pav. Statinio ir dviejų pakopų JK trigerių laiko diagrama

Matome, kad pirmosios pakopos JK trigerio (Q2p1) darbas sutampa su statinio trigerio (Qjk) darbu. Pirmosios pakopos JK trigeris (Q2p1) perjungiamas, kai **x1** pereina į žemą lygį, o antrosios pakopos trigeris (Q2p2) atkartoja Q2p1 perėjimus tuo momentu, kai **x1** pereina į aukštą lygį.

Dinaminio JK trigerio schema su tomis pačiomis valdymo schemomis parodyta 16 paveiksle; jo darbo laiko diagrama (kartu su kitų tipų JK trigerių laiko diagramomis) pateikta 17 paveiksle.



16 pav. Schema su dinaminio JK trigeriu



17 pav. Trijų tipų JK trigerių darbo jungtinė laiko diagrama

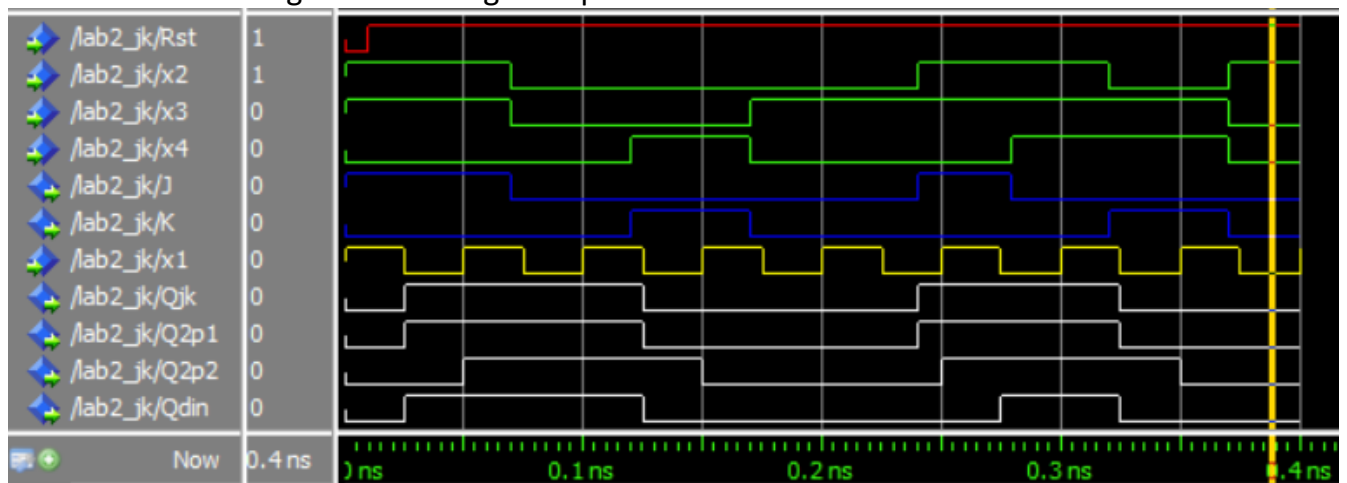
Matome, kad dinaminio trigerio laiko diagrama nesiskiria nuo statinio trigerio laiko diagramos. Darbo skirtumams išryškinti truputį pakeisime testą – pavėlinsime signalo J antrojo aukšto lygio formavimą: vietoj 220 ps šis signalas bus formuojamas 240 ps. Tam direktyvą

force -freeze sim:/Lab2_jk/x2 1 220, 0 {320 ps}

pakeičiame tokia:

force -freeze sim:/Lab2_jk/x2 1 240, 0 {320 ps}

Dinaminio trigerio laiko diagrama pasikeis:



18 pav. Trijų tipų JK trigerių darbo jungtinė laiko diagrama

Skaitytojams paliekame užduotį patiems palyginti trijų trigerių darbo laiko diagramų skirtumus ir padaryti išvadas.