

Kauno technologijos universitetas

Informatikos fakultetas

Skaitmeninės logikos pradmenys P175B100

Antrojo laboratorinio darbo ataskaita

Studentas

Lukas Kuzmickas

Dėstytoja

Rasa Brūzgienė / Jurgita Arnauskaitė

Kaunas 2022

Turinys

1. Įvadas	3
1.1 Darbo tikslas	3
1.2 Darbo užduotis	3
2. Pagrindinė dalis	4
2.1 Teorija	4
2.2 Užduoties atlikimo tvarka	4
2.2.1 Statinis JK trigeris	5
2.2.2 Dviejų pakopų (Master-Slave) JK trigeris	7
2.2.3 Dinaminis JK trigeris	9
2.3 Simuliacijos rezultatai	10
3. Išvados	13

1. Įvadas

1.1 Darbo tikslas

Sumodeliuoti tam tikrą JK, SR, D trigerį pagal duotą lygtį, tuo pačiu pabrėžti ir suprasti skirtumus tarp šių trigerių ir jų tipų – t.y. statinio, dviejų pakopų (master-slave) ir dinaminio trigerių. Plačiau panagrinėti savo trigerio principus ir gautus rezultatus.

1.2 Darbo užduotis

$$121 \quad \left| (\overline{x_1} \cup x_1((\overline{x_2} \oplus x_3) \cup \overline{x_4}))Q_t \cup x_1((\overline{x_2} \cdot x_3) \oplus \overline{x_4})\overline{Q_t} \right|$$

1 pav. Trigerio lygtis

Mums yra duota trigerio lygtis, pagal kintamuosius turime atpažinti koks tai trigerio tipas, sudaryti šio trigerio teisingumo lentelę ir apibrėžti operacijas bei sumodeliuoti 3 šio trigerio variantus – statinį trigerį, dviejų pakopų (Master-Slave) trigerį, dinaminį trigerį.

2. Pagrindinė dalis

2.1 Teorija

Trigeriai – loginiai elementai, kurie naudojami elektroninei atminčiai – atminties elementai.

Trigerio elementai naudojami vienam bitui informacijos išsaugoti. Trigeriai – greičiausias, bet tuo pačiu brangiausias atminties tipas, palyginus su registrais. Kasdieninėje praktikoje naudojami SR, JK, T, D trigeriai, kiekvienas iš jų turi savo plusus ir minusus.

Asinchroniniai trigeriai – trigeris, kuris iškart reaguoja į įvedimo signalus, kai jie tik pasirodo.

Sinchroniniai trigeriai – trigeris, kuris reaguoja į įvedimo signalus, kai pasirodo tam tikra sinchronizuoto signalo reikšmė („Clockas“).

2.2 Užduoties atlikimo tvarka

Darbo pradžioje turime individualią trigerio lygtį, pagal duotus duomenis ir kintamuosius nusistatome, koks būtent tai trigeris (2 paveikslėlis). Iš lygties (3 paveikslėlis) nustatome, kad mums yra duota JK trigerio lygtis.

$$121 \quad \left| (\overline{x_1} \cup x_1((\overline{x_2} \oplus x_3) \cup \overline{x_4}))Q_t \cup x_1((\overline{x_2} \cdot x_3) \oplus \overline{x_4})\overline{Q_t} \right|$$

2 pav. Trigerio lygtis

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

3 pav. JK trigerio lygtis

Iš duotos lygties ir JK trigerio lygties nusistatome mūsų C, K, J kintamuosius ir juos apsirašome :

- C („Clockas“) = x_1
- $J = (\overline{x_2} \cdot x_3) \oplus \overline{x_4}$
- $\overline{K} = (\overline{x_2} \oplus x_3) \cup \overline{x_4}$

Turint šiuos kitamuosius susidarome JK trigerio teisingumo lentelę, apsirašome modeliavimo scenarijus (operacijas).

1 lentelė JK trigerio teisingumo lentelė su modeliavimo scenarijais

Reset	x2	x3	x4	J	K	Operacija	Qt	Qt+1
0	-	-	-	-	-	-	-	0
1	0	0	0	1	0	rašo 1	0	1
1	0	0	1	0	0	saugo 1	1	1
1	0	1	0	0	0	saugo 1	1	1
1	0	1	1	1	1	flip	1	0
1	1	0	0	1	0	rašo 1	0	1
1	1	0	1	0	1	rašo 0	1	0
1	1	1	0	1	0	rašo 1	0	1
1	1	1	1	0	0	saugo 1	1	1

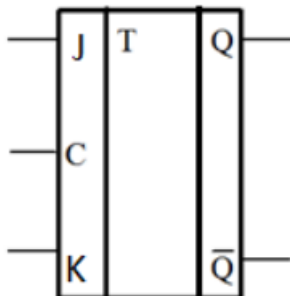
Bendra JK trigerio modeliavimo scenarijaus taisyklės yra :

- Jeigu $J = 1$ ir $K = 0$, tai yra **1 rašymas** („write“ operacija).
- Jeigu $J = 0$ ir $K = 0$, tai yra **saugojimas** („save“ operacija).
- Jeigu $J = 0$ ir $K = 1$, tai yra **0 rašymas** („reset“ operacija).
- Jeigu $J = 1$ ir $K = 1$, tai yra **„flip“** operacija, tačiau patartina šitos kombinacijos **NENAUDOTI (trigerio darbas sutrikdomas)**.

2.2.1 Statinis JK trigeris

Statinis trigeris arba dar kitaip vienalaipsnis – trigeris, kuris veikia statinio valdymo principu. Šis trigeris reguoja į įvedimo signalus, kai sinchronizacijos signalui arba „Clockui“ yra siunčiamas loginis vienetasis.

Pats statinio JK trigerio braižymas labai lengvas, braižome duotomis schemomis (4 paveikslėlis).



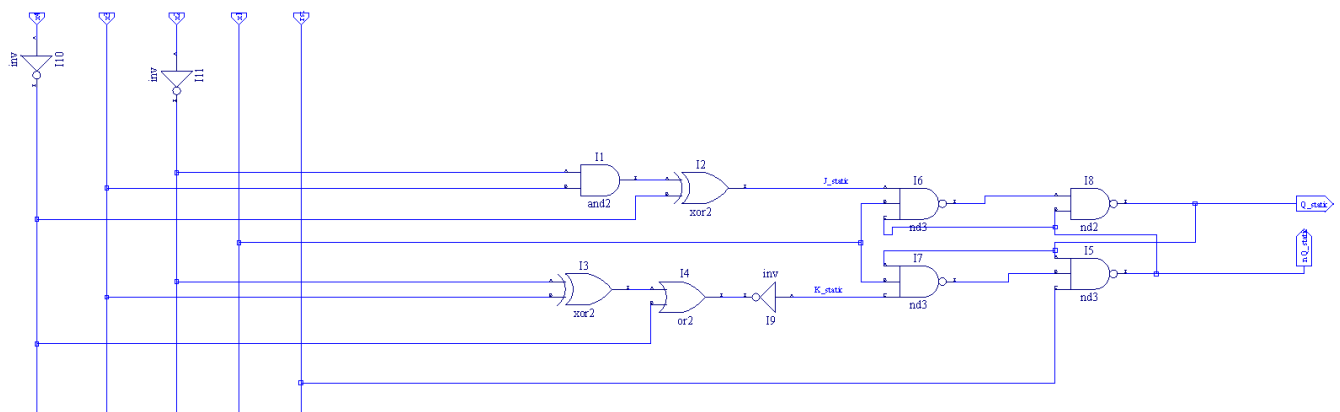
Šis trigeris susideta iš mūsų J ir \bar{K} kintamųjų, bei C t.y. „Clock“ reikšmės. Sudarome šį trigerį su NAND elementais bei prijungiame mūsų J , \bar{K} bei C kintamuosius.

Šiam įvedimui naudosime du loginius elementus, tai yra XOR(\oplus) ir daugybos AND(\cdot) elementus. Prie XOR prijungiamo invertuotą $\overline{x_4}$ reikšmę ir invertuotas $\overline{x_2}$ ir x_3 reikšmės loginę AND sandaugą.

Šiam įvedimui naudosime du loginius elementus – XOR ir sudėties OR (U) elementus. Prie sudėties OR elemento prijungiame invertuotą $\overline{x_4}$ reikšmę ir invertuotas $\overline{x_2}$ ir x_3 reikšmės XOR elementą.

Sinchronizavimo signalą prijungiame prie x_1 reikšmės.

Viską sumodeliavus „Lattice Diamond“ platformoje, gauname (5 paveikslėlis) statinį JK trigerį.

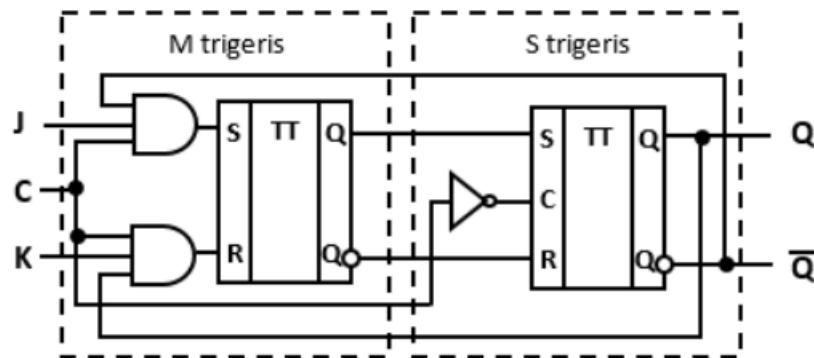


6

2.2.2 Dviejų pakopų (Master-Slave) JK trigeris

Dviejų pakopų, Master-Slave arba dvilaipsnis trigeris – trigeris, kuris veikia dviejų pakopų atminties principu. Šis trigeris reguoja į įvedimo signalus – dviejų pakopų principu, pirmieji duomenys rašomi į pirmąją pakopą, kol nepasikeičia sinchronizavimo signalo („Clock“) impulsas, tada šie duomenys perrašomi iš pirmosios pakopos atminties į antrąją. Vienas trigeris yra „Master“ – vadovas, kitas vergas „Slave“. Taip iš šių trigerių gaunama tam tikra išvestis. Nuo statinio trigerio skiriasi, nes yra dviejų pakopų – naudoja dvi atminties pakopas.

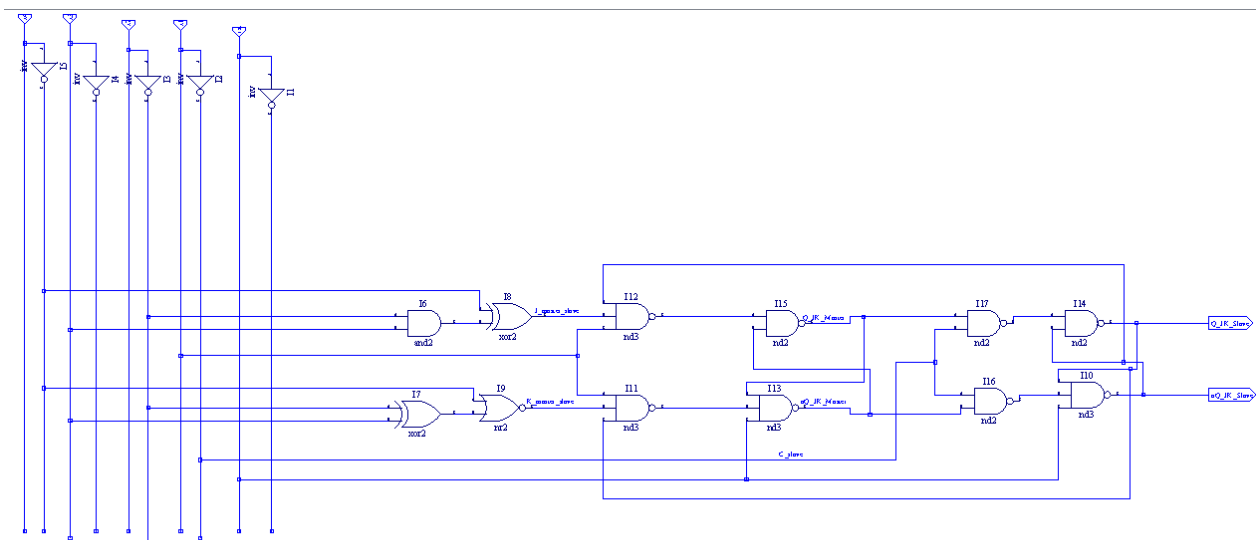
Šis trigeris naudojamas trikdžiams pašalinti sistemoje, nes naudojamos dvi atminčių pakopos. Trigeris, kurio signalas keičia antrosios pakopos trigerio būseną vadinamas valdančiuoju trigeriu. Trigeris yra apsaugomas nuo trikdžių informacijos įvedimo metu.



6 Pav. Dviejų pakopų trigerio schema

Master-Slave trigeris keičia savo būsenas priklausant nuo „Clock“ signalo, kai signalas yra aukšto lygio – trigeris keičiamas į antrosios pakopos trigerį „Slave“, o kai signalas žemas – „Master“ trigerį.

Pats trigerio modeliavimas labai paprastas – t.y. du trigeriai apjungti su vienas kitu, tik neužmirštam, kad „Slave“ trigerio sinchronizuotas signalas, prijungiamas prie invertuotos „Clock“ reikšmės. J, K, reset reikšmės nesikeičia – viskas prijungiama pagal JK trigerio lygtį. Viską sumodeliavus, gaunamas (7 paveikslėlis) dviejų pakopų trigeris.

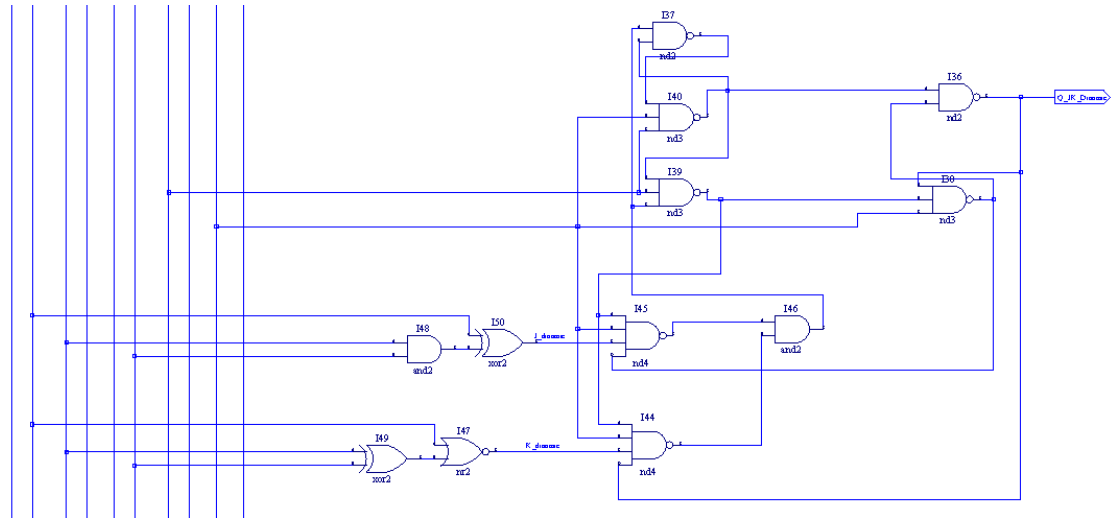


7 pav. Dviejų pakopų trigerio modeliavimas

2.2.3 Dinaminis JK trigeris

Dinaminis trigeris – trigeris, kuris yra valdomas sinchronizavimo signalo („Clocko“) fronto. Šis trigeris priima įvedimo signalus tik tada, kai sinchronizavimo signalas („Clockas“) pereina iš nulinio lygio į vienetinį lygį.

Sumodeliuojame šį trigerį ir gauname JK dinaminį trigerį (8 paveikslėlis).

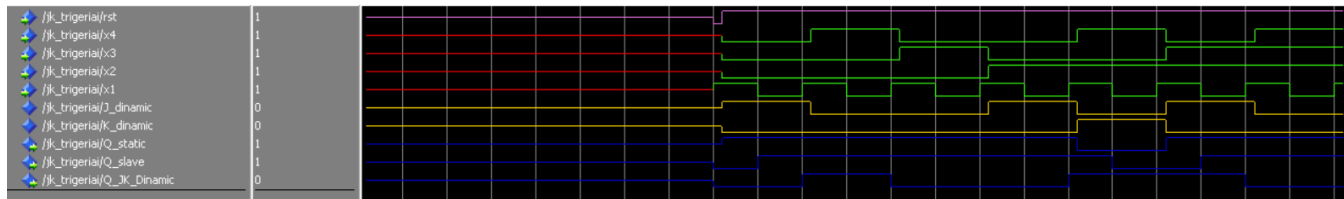


8 pav. Dinaminio trigerio modeliavimas

2.3 Simuliacijos rezultatai

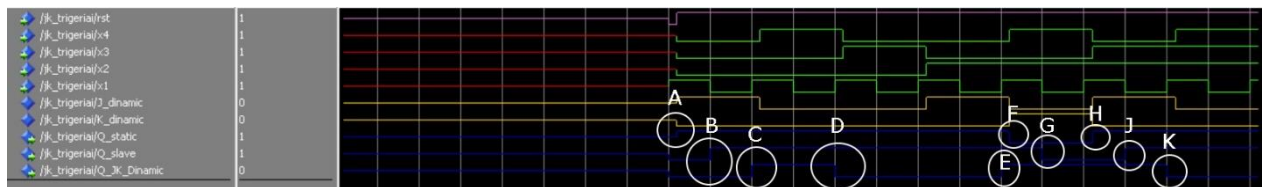
Visi trigeriai – statinis, dviejų pakopų, dinaminis buvo braižomas viename „Lattice Diamond“ programos lape, todėl simuliacijos rezultatus lyginsime visų 3 trigerių.

Paleidus ModelSim simuliaciją mūsų modeliuotiems trigeriams ir teisingai sumodeliavus laiko diagramą, pagal duotas operacijas, gauname šių 3 trigerių ModelSim simuliacijos laiko diagramą.



9 pav. Simuliacijos laiko diagramos rezultatai

Šia laiko diagramą padaliname į kelias dalis, kad paaiškintume visų trigerių darbo principus.



10 pav. Laiko diagramos dalys

A dalis – kadangi $J = 1$, $K = 0$ ir sinchronizacijos signalas yra 1, tada prasideda „write“ operacijos vykdymas, statinio trigerio darbas prasideda.

B dalis – kadangi sinchronizacijos signalas „Clockas“ (x_1) pereina iš aukšto lygio į žemą, prasideda Q_slave (dviejų pakopų) trigerio darbas.

C dalis – įjungiamas dinaminis trigeris, nes sinchronizacijos signalas pereina iš loginio nulio į vienetinį lygį.

D dalis – sinchronizacijos lygiui pasikeitus, išjungiamas dinaminis trigeris.

E dalis – sinchronizacijos signalas pereina iš loginio nulio į vienetą, vėl prasideda dinaminio trigerio darbas.

F dalis – statinio trigerio $J = 0$, $K = 1$, reset operacijos vykdymas (vykdoma, kai sinchronizacijos signalas yra 1).

G dalis – keičiasi sinchronizacijos signalo lygis, pereinama prie kitos pakopos trigerio darbo – keičiasi dviejų pakopų trigerio reikšmė.

H dalis – statinio trigerio $J = 1$, $K = 0$, write operacijos vykdymas (vykdoma, kai sinchronizacijos signalas yra 1).

J dalis – keičiasi sinchronizacijos signalo lygis, pereinama prie kitos pakopos trigerio, keičiasi dviejų pakopų trigerio reikšmė.

K dalis – keičiasi sinchronizacijos signalo reikšmė, todėl dinaminis trigeris išjungiamas.

Modeliavimo direktyvos :

```
force -freeze sim:/jk_trigeriai/rst 0 0
```

```
force -freeze sim:/jk_trigeriai/x1 1 0, 0 {50 ps} -r 100
```

```
run 10
```

```
force -freeze sim:/jk_trigeriai/rst 1 0
```

```
force -freeze sim:/jk_trigeriai/x4 0 0
```

```
force -freeze sim:/jk_trigeriai/x3 0 0
```

```
force -freeze sim:/jk_trigeriai/x2 0 0
```

```
run 100
```

```
force -freeze sim:/jk_trigeriai/x4 1 0
```

```
run 100
```

```
force -freeze sim:/jk_trigeriai/x4 0 0
```

```
force -freeze sim:/jk_trigeriai/x3 1 0
```

run 100

force -freeze sim:/jk_trigeriai/x3 0 0

force -freeze sim:/jk_trigeriai/x2 1 0

run 100

force -freeze sim:/jk_trigeriai/x4 1 0

run 100

force -freeze sim:/jk_trigeriai/x4 0 0

force -freeze sim:/jk_trigeriai/x3 1 0

run 100

force -freeze sim:/jk_trigeriai/x4 1 0

run 100

Aiškiai matomi statinio, dviejų pakopų ir dinaminio trigerių skirtumai. Statinis reguoja į įvedimo signalus, kai sinchronizacijos reikšmė yra lygi 1, dviejų pakopų trigeris – duomenys rašomi į pirmąjį trigerį, kol nesikeičia sinchronizacijos signalas – tada naudojamas antrosios pakopos trigeris, dinaminis trigeris – priima įvedimo signalus, kai sinchronizacijos signalas pereina iš loginio nulio lygio į vienetinį lygį.

3. Išvados

Taigi atlikus simuliaciją ir supratęs kiekvieno skirtingo JK trigerio tipus, galime apibrėžti schemas, simuliacijos direktyvų sudarymą bei, kodėl ModelSim laiko diagrama būtent rodo tokius duomenis – t.y. JK 3 skirtingų trigerių veikimo principai.

Statinis trigeris – trigeris, kuris veikia tik kai sinchronizacijos signalas pereina į vienetinį lygį (yra vieneto lygyje).

Dviejų pakopų trigeris – trigeris, kuris turi dvi atminties pakopas ir priklausant nuo sinchronizavimo signalo, darbas atliekamas atitinkamoje pakopoje.

Dinaminis trigeris – trigeris, kuris priima įvedimo signalus, kai sinchronizavimo signalas pereina iš loginio nulio į vienetinį lygį.

Suprantant šiuos 3 JK trigerio tipų skirtumus, sudarome modeliavimo direktyvas, remdamiesi teisingumo lentele su modeliavimo scenarijais (1 lentelė). Pradžioje simuliacijos Reset nustatome „forciname“ į loginį 0 ir nustatome sinchronizavimo signalo „Clock“ reikšmę – t.y. 100ps ir pastumiame laiko diagramą per 10ps. Tada nustatome „forciname“ vėl reset reikšmę į vienetą ir pradedame vykdyti tam tikras JK trigerio operacijas : kaip write,save,reset, tiesiog keisdami mūsų įvedimo x_2 , x_3 , x_4 reikšmes. Taip po visų modeliavimo scenarijų turime ModelSim simuliacijos JK trigerio laiko diagramą.

Laiko diagramos rezultatai (9 paveikslėlis), būtent tokie, kad būtų galima paaiškinti skirtumą tarp JK statinio, Master-Slave ir dinaminio trigerių. Suprantame, kad einant laikui kas 100ps ir manipuliuojant įvedimo reikšmes – statinis trigeris (Q_static) keis savo reikšmes tik tuo laiko tarpu, kai sinchronizavimo signalas yra 1. Todėl Q_static išvedimo rezultatai būtent tokie. Dviejų pakopų trigeris einant kas 100ps ir manipuliuojant įvedimo reikšmes, keičia savo reikšmę ir pereina į kitą pakopą, keičiantis sinchronizavimo signalo lygiui – taip gaunami (Q_slave) išvedimo rezultatai. Dinaminį trigerį ($Q_JK_Dinamic$) einant laikui kas 100ps ir keičiant įvedimo signalus, pastebime, kad išvedimo reikšmė keičiasi, kai sinchronizavimo signalas pereina iš loginio nulio į vienetą. Taip dar kartą pabrėžiame skirtumus tarp šių trigerių ir gautus rezultatus.

Apibendrinant, sėkmingai sumodeliavome JK trigerį ir 3 jo tipus (statinį, dviejų pakopų, dinaminį). Aiškiai supratome skirtumus tarp šių 3 trigerio tipų ir jų veikimo principus. Plačiau panagrinėjome JK trigerio veikimą.