

Kauno technologijos universitetas

Informatikos fakultetas

Skaitmeninės logikos pradmenys P175B100

Pirmo laboratorinio darbo ataskaita

Studentas

Lukas Kuzmickas

Dėstytoja

Rasa Brūzgienė

Kaunas 2022

Turinys

Įvadas	3
Pagrindinė dalis.....	4
1. Pirmosios schemos darbo eigos aprašymas.....	4
2. Antrosios schemos darbo eigos aprašymas	10
3. Trečiosios schemos darbo eiga.....	13
4. Simuliacijos rezultatai.....	20
Išvados.....	22

Ivadas

- 1) Darbo tikslas – įsisavinti žinių apie Būlio funkcijų minimizavimą, kombinacinių loginių schemų projektavimą, schemų modeliavimas „Lattice Diamond” platformoje.
- 2) Darbo užduotis – duota funkcija, kuri sudaryta iš 18 dešimtainių skaičių. Šią funkciją pagal tam tikras Būlio teoremas ir funkcijas reikia minimizuoti 3 schemoms. Pirmajai schemai, taikome Būlio algebrą ir jos operacijas („IR”, „ARBA”, „NE”), minimizuotas funkcijas modeliuoti naudojant „Lattice Diamond” programą. Antrai schemai pritaikome De Morgano dėsnį ir pertvarkome galutinę minimizuotą funkciją bei sumodeliuojame. Trečiajai schemai reikalingas multiplekseris, todėl funkciją minimizuojame į tam skirtingas 4 grupes ir remiantis Būlio algebros operacijomis, šias minimizuotas funkcijas sumodeliuojame. Gautas simuliacijas palyginame – viskas privalo būti vienoda.

Pagrindinė dalis

1. Pirmosios schemos darbo eigos aprašymas

Turime funkciją $f = (0, 4, 7, 8, 10, 13, 21, 27, 32, 36, 38, 44, 46, 52, 58, 60, 61, 63)$, šiuos 18 skaičių konvertuojame į dvejetainę skaičiavimo sistemą ir sutraukiame į teisingumo lentelę (1).

Surašome tik funkcijos reikšmes lygiai $y = 1$.

Teisingumo lentelė

X5	X4	X3	X2	X1	X0	Y	10-taine
0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	1	0	0	1	4
0	0	0	1	1	1	1	7
0	0	1	0	0	0	1	8
0	0	1	0	1	0	1	10
0	0	1	1	0	1	1	13
0	1	0	1	0	1	1	21
0	1	1	0	1	1	1	27
1	0	0	0	0	0	1	32
1	0	0	1	0	0	1	36
1	0	0	1	1	0	1	38
1	0	1	1	0	0	1	44
1	0	1	1	1	0	1	46
1	1	0	1	0	0	1	52
1	1	1	0	1	0	1	58
1	1	1	1	0	0	1	60
1	1	1	1	0	1	1	61
1	1	1	1	1	1	1	63

(1)

Pasinaudodami lentele užrašome schemos funkciją normaliaja disjunktine forma (2) :

$$y = \bar{x}_5\bar{x}_4\bar{x}_3\bar{x}_2\bar{x}_1\bar{x}_0 \cup \bar{x}_5\bar{x}_4\bar{x}_3x_2\bar{x}_1\bar{x}_0 \cup \bar{x}_5\bar{x}_4\bar{x}_3x_2x_1x_0 \cup \bar{x}_5\bar{x}_4x_3\bar{x}_2\bar{x}_1\bar{x}_0 \cup \bar{x}_5\bar{x}_4x_3\bar{x}_2x_1\bar{x}_0 \cup \bar{x}_5\bar{x}_4x_3x_2\bar{x}_1x_0 \cup \bar{x}_5x_4\bar{x}_3x_2\bar{x}_1\bar{x}_0 \cup \bar{x}_5x_4\bar{x}_3x_2x_1x_0 \cup x_5\bar{x}_4\bar{x}_3\bar{x}_2\bar{x}_1\bar{x}_0 \cup x_5\bar{x}_4\bar{x}_3\bar{x}_2\bar{x}_1x_0 \cup x_5\bar{x}_4\bar{x}_3x_2\bar{x}_1\bar{x}_0 \cup x_5\bar{x}_4\bar{x}_3x_2x_1x_0 \cup x_5x_4\bar{x}_3\bar{x}_2\bar{x}_1\bar{x}_0 \cup x_5x_4\bar{x}_3\bar{x}_2x_1\bar{x}_0 \cup x_5x_4\bar{x}_3x_2\bar{x}_1x_0 \cup x_5x_4x_3\bar{x}_2\bar{x}_1\bar{x}_0 \cup x_5x_4x_3\bar{x}_2x_1x_0 \cup x_5x_4x_3x_2\bar{x}_1\bar{x}_0 \cup x_5x_4x_3x_2x_1x_0$$

(2)

Remdamiesi teisingumo lentele ir disjunktine funkcijos forma, viską sutraukiame į Karno diagramą ir sugrupuojame (3).

Karno diagrama

X2 X1 X0 \ X5 X4 X3	000	001	011	010	110	111	101	100
000	1					1		1
001	1			1			1	
011			1					
010							1	
110								1
111				1		1	1	1
101					1			1
100	1				1			1

(3)

1 grupė

2 grupė

3 grupė

4 grupė

5 grupė

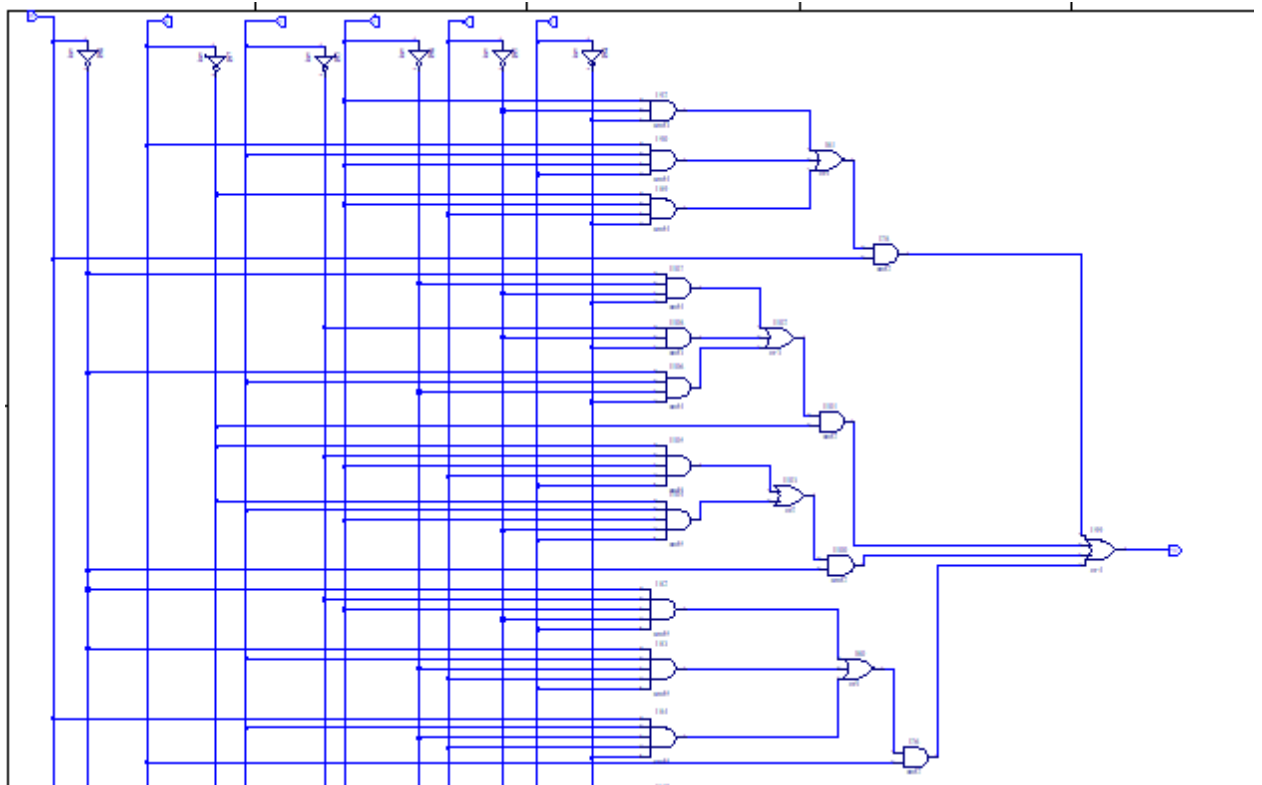
6 grupė

7-11 grupės (atskiri skaičiai, kurių negalime apjungti)

Pagal šias grupes sudarome mintermus, taip juos susirašome ir išsikeldami vieną bendrą narį – minimizuojame. Pačioje minimizavimo pabaigoje gauname Karno diagramos minimizuota funkciją (4) (su išskėlimais). Gauname keturias funkcijas, kurias apjungiame Būlio algebros operacijomis.

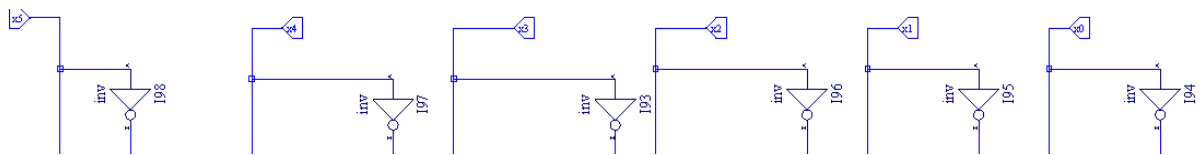
$$\begin{aligned} & x_5(x_2\bar{x}_1\bar{x}_0 \cup x_4x_3x_2 \cup \bar{x}_4x_2x_1\bar{x}_0) \cup \bar{x}_4(\bar{x}_5\bar{x}_2\bar{x}_1\bar{x}_0 \cup \bar{x}_3\bar{x}_1\bar{x}_0 \cup \bar{x}_5x_3\bar{x}_2\bar{x}_0) \cup \bar{x}_5(\bar{x}_4\bar{x}_3x_2x_1x_0 \cup \\ & \bar{x}_4x_3x_2\bar{x}_1x_0) \cup x_4(\bar{x}_5\bar{x}_3x_2\bar{x}_1x_0 \cup \bar{x}_5x_3\bar{x}_2x_1x_0 \cup x_5x_3\bar{x}_2x_1\bar{x}_0) \end{aligned} \quad (4)$$

Šią minimizuotą išraišką galime sumodeliuoti naudojantis trijų tipų elementais IR, ARBA, NE. Naudodami šiuos elementus realizuojame „Lattice Diamond“ programos schemeje. Narių sandaugai naudojame „AND“ elementus, sudėčiai „OR“ elementus, o inversijai „INV“ elementus. Šios schemos realizavimas pavaizduotas 1 pav.



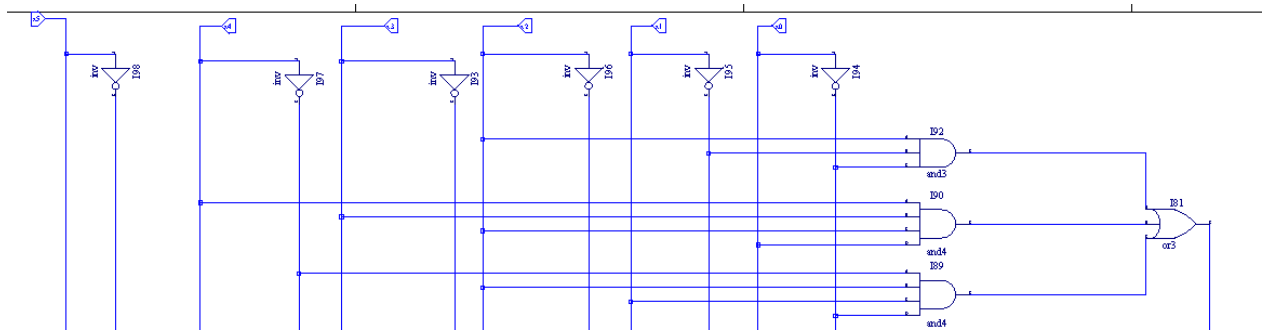
1 pav. Pirmos schemos modeliavimas

Schemoje susidarome įvestis ($x_5, x_4, x_3, x_2, x_1, x_0$), o jų invertuotas reikšmes galime realizuoti panaudodami NE operaciją, t.y. „INV“ elementus 2 pav.

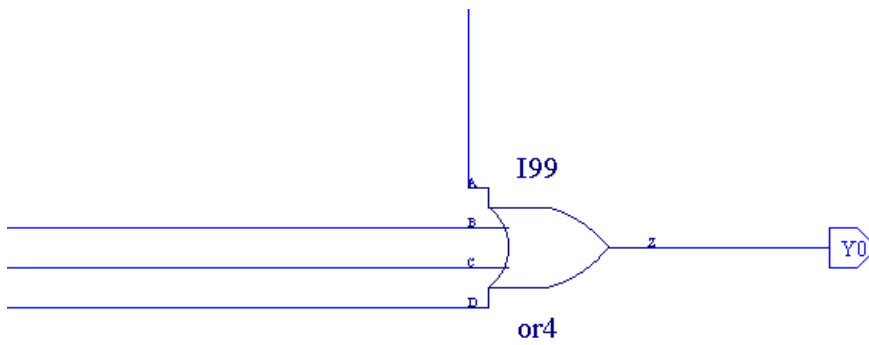


2 pav. Įvesties sudarymas

Šios minimizuotos išraiškos elementus, apjungiamo pagal tam tikras operacijas – t.y. sandaugą „AND“ elementai, o sudėtis „OR“ elementais 3pav.. Šių operacijų rezultatas – išvestis 4 pav.

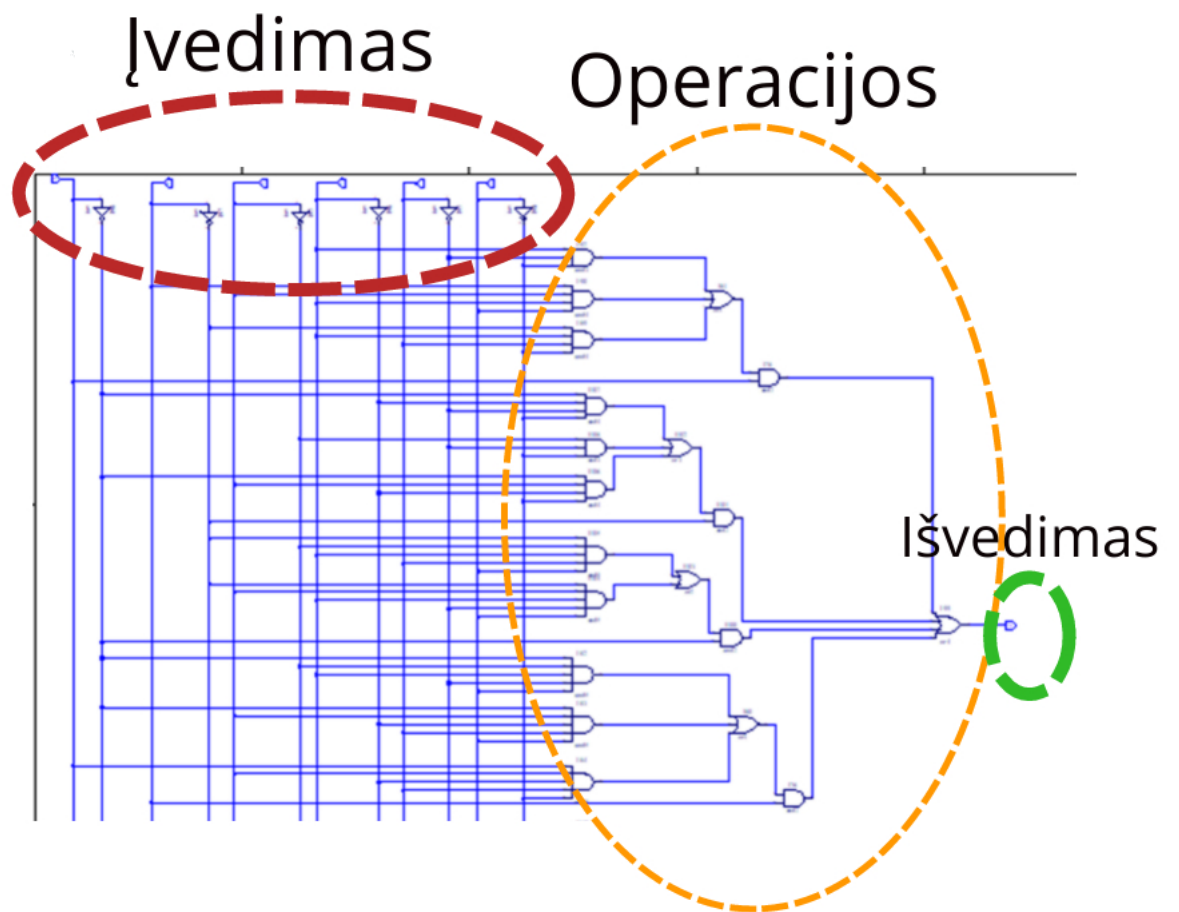


3 pav. „AND“ ir „OR“ elementų apjungimas



4 pav. Schemos rezultatai – išvestis.

Schemos realizacija, su visomis dalimis ir funkcijomis 5pav.



5 pav. Pirmosios schemos dalys

2. Antrosios schemos darbo eigos aprašymas

Antrajai schemai privalome pritaikyti De Morgano dėsni. (5)

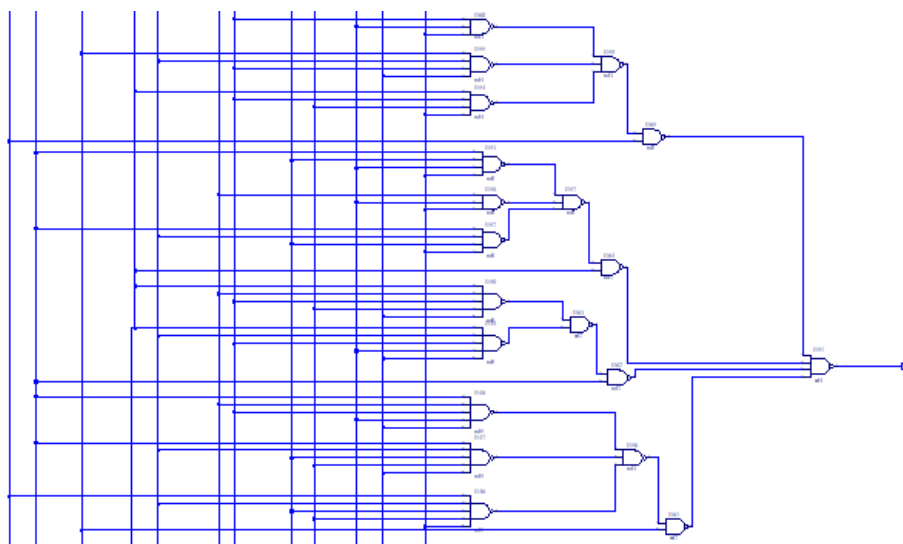
$$a \cup b = \overline{\overline{a} \cdot \overline{b}}. \quad (5)$$

Iš pirmos schemos minimizuotą funkciją (6), pertvarkome – sudėtis \cup keičiama į daugybą ir pritaikė De Morgano dėsni, gauname galutinę pertvarkytos funkcijos išraišką (7).

$$\begin{aligned} & x_5(x_2\overline{x_1}\overline{x_0} \cup x_4x_3x_2 \cup \overline{x_4}x_2x_1\overline{x_0}) \cup \overline{x_4}(\overline{x_5}\overline{x_2}\overline{x_1}\overline{x_0} \cup \overline{x_3}\overline{x_1}\overline{x_0} \cup \overline{x_5}x_3\overline{x_2}\overline{x_0}) \cup \overline{x_5}(\overline{x_4}\overline{x_3}x_2x_1x_0 \cup \overline{x_4}x_3x_2\overline{x_1}x_0) \\ & \cup x_4(\overline{x_5}\overline{x_3}x_2\overline{x_1}x_0 \cup \overline{x_5}x_3\overline{x_2}x_1x_0 \cup x_5x_3\overline{x_2}x_1\overline{x_0}) \end{aligned} \quad (6)$$

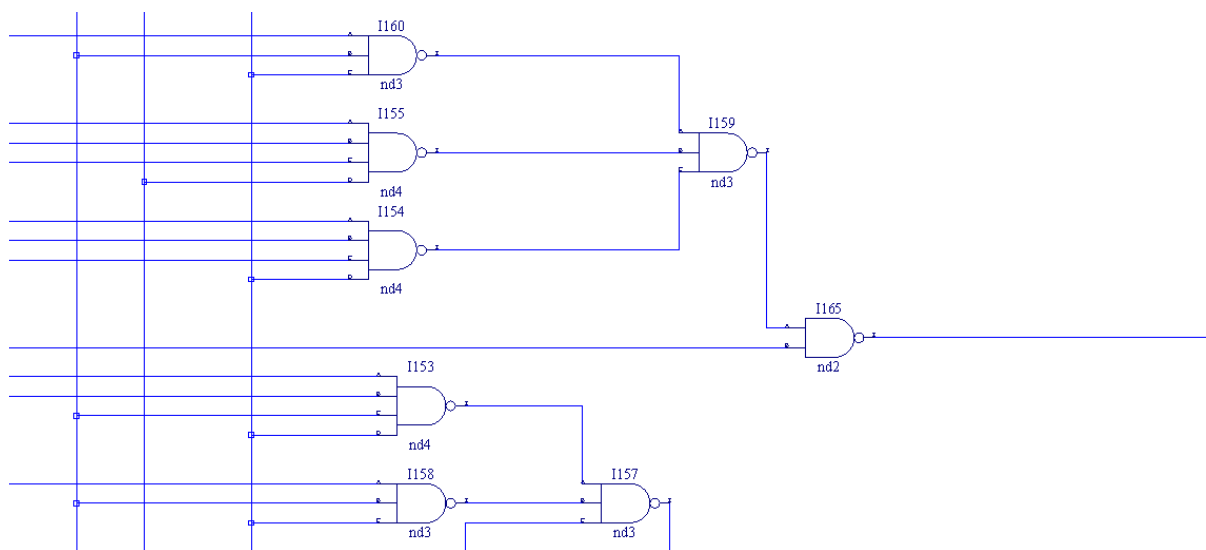
$$\begin{aligned} & \overline{\overline{x_5(x_2\overline{x_1}\overline{x_0} * x_4x_3x_2 * \overline{x_4}x_2x_1\overline{x_0}) * \overline{x_4}(\overline{x_5}\overline{x_2}\overline{x_1}\overline{x_0} * \overline{x_3}\overline{x_1}\overline{x_0} * \overline{x_5}x_3\overline{x_2}\overline{x_0}) * \overline{x_5}(\overline{x_4}\overline{x_3}x_2x_1x_0 * \overline{x_4}x_3x_2\overline{x_1}x_0) *} \\ & \overline{x_4(\overline{x_5}\overline{x_3}x_2\overline{x_1}x_0 * \overline{x_5}x_3\overline{x_2}x_1x_0 * x_5x_3\overline{x_2}x_1\overline{x_0})}} \end{aligned} \quad (7)$$

Antrosios schemos modeliavimas buvo paprastas, nes visas darbas – pakeisti logines operacijas IR, ARBA į IR-NE elementus (NAND).



6 pav. Antrosios schemos modeliavimas

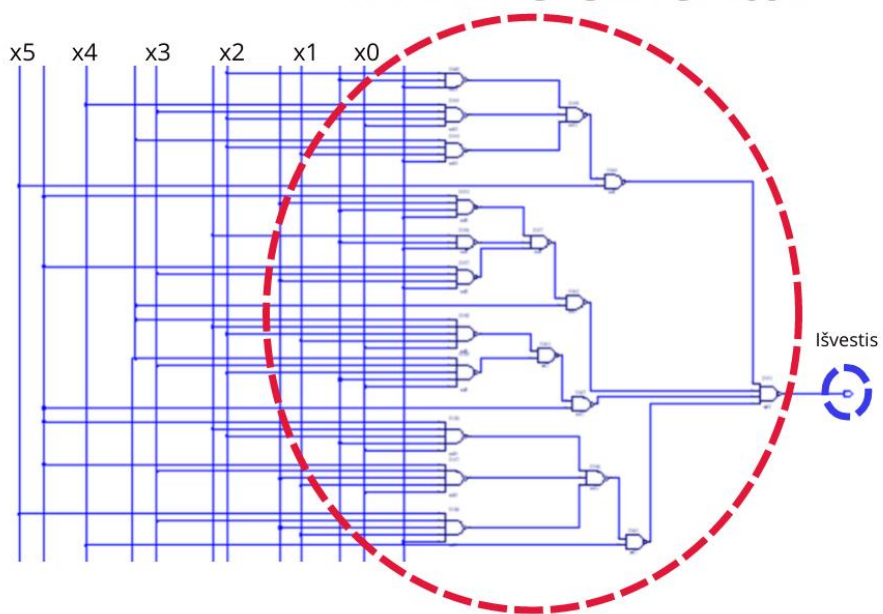
Antrosios schemos principas labai paprastas, tiesiog visos operacijos – elementai (AND, OR), keičiami į „NAND“ elementus. 7pav.



7 pav. Keitimas IR-NE operacijos

Apibendrintos visos antros schemos dalys 8 pav.

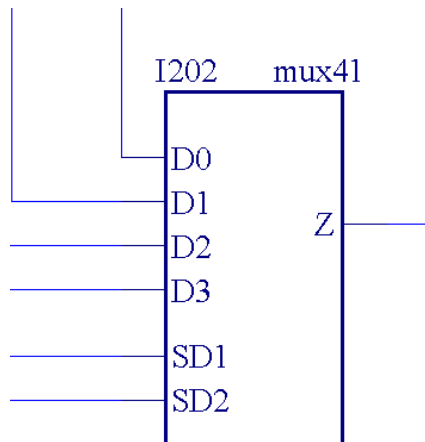
IR-NE elementai



8 pav. Antros schemos dalys

3. Trečiosios schemos darbo eiga

Trečiojoje schemoje reikia pritaikyti multiplekserį, todėl pagal teisingumo lentelę susiskirstome funkcijas į 4 atskiras grupes (8) D0 – 00 grupė, D1 – 01 grupė, D2 – 10 grupė, D3 – 11 grupė (šių grupių numeriai x5,x4 bitų reikšmės teisingumo lentelėje) 9pav.



9 pav. Multiplekseris

X5	X4	X3	X2	X1	X0	Y
0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	0	0	1
0	0	0	1	1	1	1
0	0	1	0	0	0	1
0	0	1	0	1	0	1
0	0	1	1	0	1	1
0	1	0	1	0	1	1
0	1	1	0	1	1	1
1	0	0	0	0	0	1
1	0	0	1	0	0	1
1	0	0	1	1	0	1
1	0	1	1	0	0	1
1	0	1	1	1	0	1
1	1	0	1	0	0	1
1	1	1	0	1	0	1
1	1	1	1	0	0	1
1	1	1	1	0	1	1
1	1	1	1	1	1	1

(8)

Šias 4 grupes : D0,D1,D2,D3 (00,01,10,11) sutraukiame į 4 Karno diagramas. (9) (10) (11) (12)
ir jas sutraukiame į grupes.

(9) – D0(00) Karno diagrama

$X_1 X_0$ $X_3 X_2$	00	01	11	10
00	1			
01	1		1	
11		1		
10	1			1

1 grupē

2-5 grupēs (pilnos išraiškos)

(10) – D1(01) Karno diagrama

$X_1 X_0$ $X_3 X_2$	00	01	11	10
00				
01		1		
11				
10			1	

1-2 grupēs (pilnos išraiškos)

(11) – D2(10) Karno diagrama

X1 X0 \ X3 X2	00	01	11	10
00	1			
01	1			1
11	1			1
10				

1 grupė

2 grupė

3 grupė (pilna išraiška)

(12) – D3(11) Karno diagrama

X1 X0 \ X3 X2	00	01	11	10
00				
01	1			
11	1	1	1	
10				1

1 grupė

2 grupė

3 grupė (pilna išraiška)

Šias grupes kubo metodu paverčiame į mintermus ir taip suminizuojame keturių funkcijų išraiškas, išsikeliamo prieš skliaustus bendrą narį ir taip sutraukiame į keturias funkcijas. (13)
(14) (15) (16)

D0 – funkcijos minimizuota išraiška

$$Y = \bar{x}_1(\bar{x}_3\bar{x}_0 \cup x_3\bar{x}_2\bar{x}_0 \cup x_3x_2x_0) \cup x_1(\bar{x}_3x_2x_0 \cup x_3\bar{x}_2\bar{x}_0) \quad (13)$$

D1 – funkcijos minimizuota išraiška

$$Y = x_0(\bar{x}_3x_2\bar{x}_1 \cup x_3\bar{x}_2x_1) \quad (14)$$

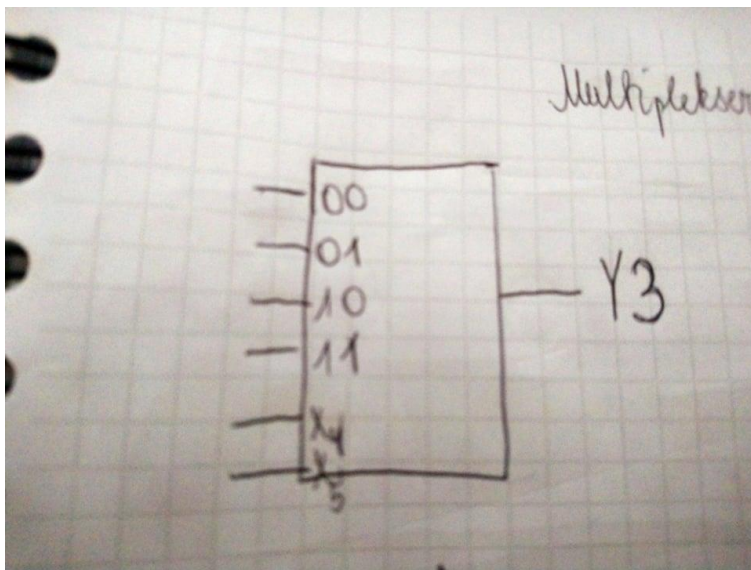
D2 – funkcijos minimizuota išraiška

$$Y = \bar{x}_0(\bar{x}_3\bar{x}_1 \cup x_2x_1 \cup x_3x_2\bar{x}_1) \quad (15)$$

D3 – funkcijos minimizuota išraiška

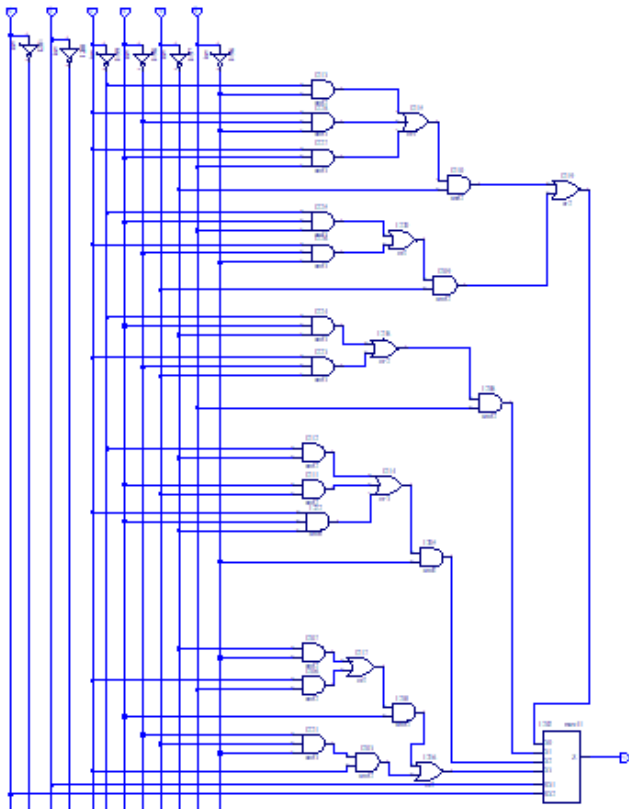
$$Y = x_2(\bar{x}_1\bar{x}_0 \cup x_3x_0) \cup x_3(\bar{x}_2x_1\bar{x}_0) \quad (16)$$

Šias keturias funkcijos išraiškas sujungiame pagal Būlio algebros operacijas (IR, ARBA, NE), tačiau rezultatus jungiame prie tam tikro multiplekserio grupių D0, D1, D2, D3. O vyriausius bitus X5, X4 prijungiame prie SD2 ir SD1 10pav.



10 pav. Multiplekserio sujungimas

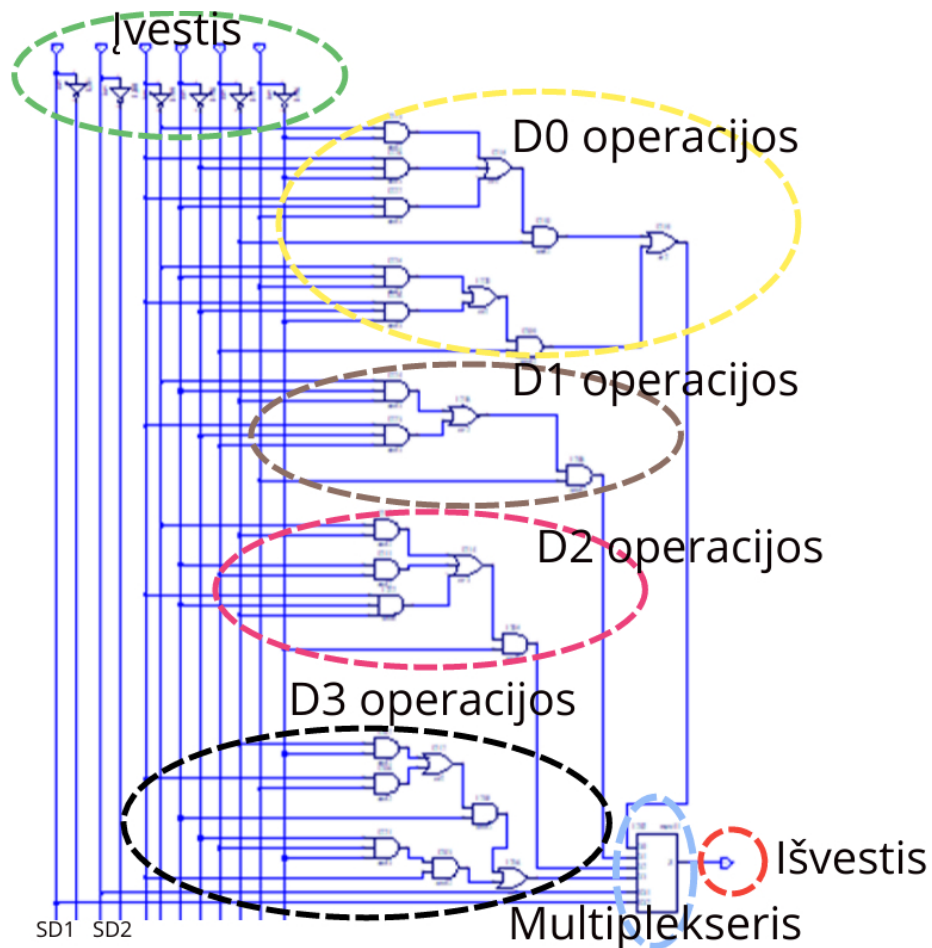
Pagal keturias turimas išraiškas modeliuojame trečiąją schemą 11pav.



11 pav. Trečiosios schemos modeliavimas

Trečiosios schemos pagrindinės dalys 12 pav.

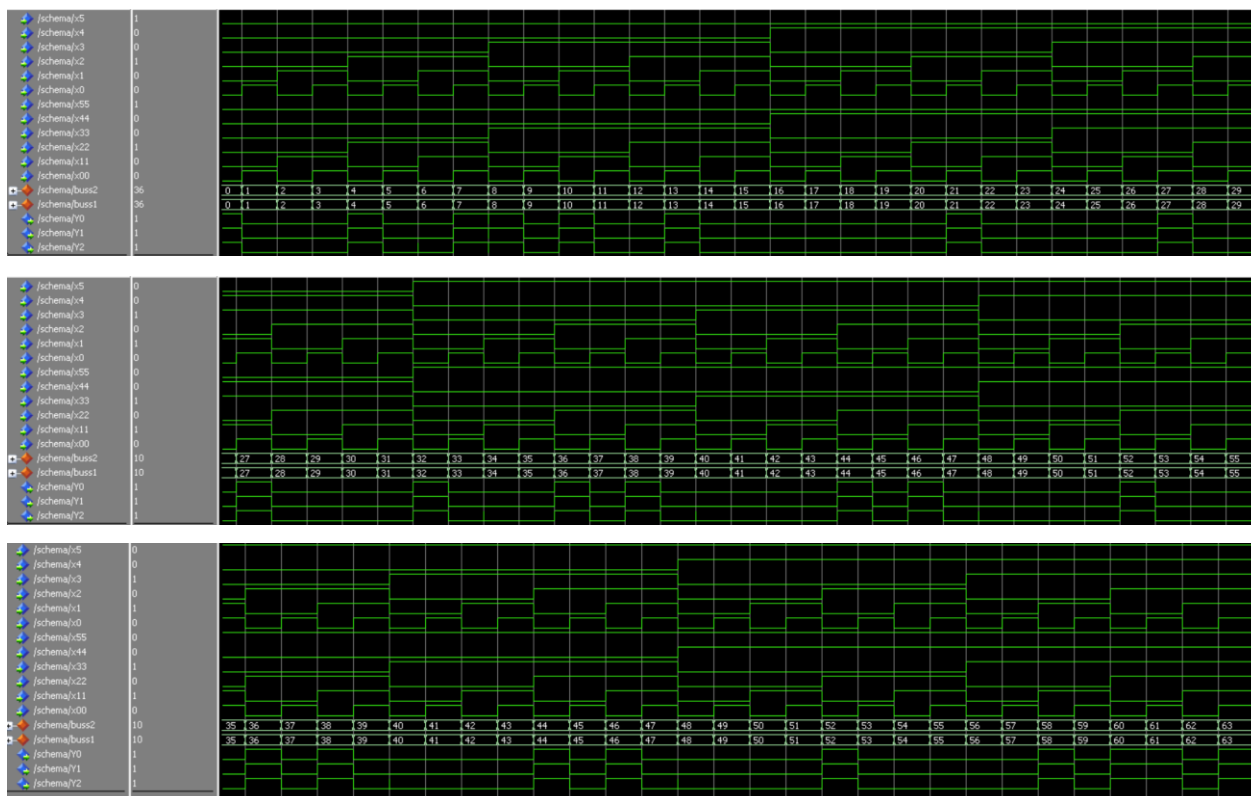
Schemą sumodeliuojame keliais etapais : visų pirmą sudarome įvedimus (nuo x5 iki x0, tuo pačiu jų inversijai panaudojame INV elementus. D0,D1,D2,D3 minimizuotas išraiškas apjungiamo (AND,OR) elementais ir prijungiamo prie multiplekserio, multiplekserio SD1 ir SD2 jungtis prijungiamo prie vyriausių bitų (x5,x4). Multiplekserio rezultatas prijungiamas prie išvedimo.



12 pav. Trečiosios schemos dalys

4. Simuliacijos rezultatai

Turint visas 3 schemas, atliekame ModelSim simuliaciją ir palyginame gautus rezultatus. 13 pav.



13 pav. ModelSim simuliacijos rezultatai

Palyginame kiekvienos schemas gautus Y rezultatus (Y0 – pirmosios schemas, Y1 – antrosios schemas, Y2 – trečiosios schemas) 14 pav.



Palyginant gautas reikšmes, galime pastebėti, kad pirmosios ir antrosios schemos rezultatai sutampa, tačiau trečioje schemoje atsiranda trikdžių, dėl signalų vėlavimo, tačiau Y reikšmės sutampa. Taigi schemos yra sudarytos gerai.

Išvados

- Sumodeliuotos 3 pilnai veikiančios schemas pagal pateiktus reikalavimus – visų schemas modelių Y reikšmės teisingos. Pagal $y = f(0,4,7,8,10,13,21,27,32,36,38,44,46,52,58,60,61,63)$ individualų funkcijos modelį.
- Įtvirtintos Būlio algebros operacijos (NE, ARBA, IR), minimizavimas (kubo metodas), funkcijų tvarkymas (iškėlimas prieš skliaustus ir t.t.).
- Darbas su Karno diagramomis, teisingumo lentelės sudarymas.
- Schemų braižymas su Lattice Diamond programine įranga (operacijos elementų apjungimas, schemų apjungimas).

Trečiosios schemas modeliavimas užtruko mažiausiai laiko palyginus su kitomis schemomis. Metodų paprastumas, mažesnis laidų skaičius, mažesnės grupės – didelis plusas, nes išvengiama laidų persidengimų, skaičiavimo klaidų, minimizavimo klaidų.

Apibendrinant, visos schemas padarytos pagal Būlio algebros teoremas ir įvairias funkcijas. Tačiau pats optimizavimas, minimizavimas (kubo metodas), apjungimas į grupes gali būti neoptimaliausias variantas visų funkcijų išraiškoms, dėl žinių stokos.