

Tartu Ülikool
Loodus- ja täppisteaduste valdkond
Tehnoloogiainstituut

Kristjan Laid

Karnaugh' kaardi lahendaja edasiarendus

Bakalaureusetöö (12 EAP)
Arvutitehnika eriala

Juhendaja:
M. Sc. Margus Rosin

Tartu 2023

Resümee/Abstract

Karnaugh' kaardi lahendaja edasiarendus

Karnaugh' kaart on digitaalses loogikas kasutatav abi meetod, millega saab loogikavalemeid lihtsustada. Eelneva uurimistö eesmärk oli luua edendatud versioon hetkel saadaval olevatest tööriistadest, mis aitaks Karnaugh' kaardi loomisel. Antud lõputöö eesmärk on teha edasiarendus eelnevast lõputööst ja eemaldada puudused, mis seal esinevad.

Võtmesõnad:

Digitaalne loogika, Karnaugh' kaart, NAND, NOR, XOR

CERCS: P175 – Informaatika, süsteemiteooria; T120 – Süsteemitehnoloogia, arvutitehnoloogia

Karnaugh' map minimizer further development

Karnaugh' map is a helper tool used in digital logic to simplify logic equations. Previously carried out research resulted in a better version of current existing Karnaugh' map minimizer tools. The aim of this research is to further develop the previous research Karnaugh' map minimizer and remove the missing functionalities.

Keywords:

Digital logic, Karnaugh' map, NAND, NOR

CERCS: P175 – Informatics, systems theory; T120 – Systems engineering, computer technology

Sisukord

Resümees/Abstract	2
Sisukord	3
Mõisted	4
1. Sissejuhatus.....	5
1.1. Probleemi tutvustus.....	5
1.2. Töö eesmärk ja ülevaade.....	5
2. Karnaugh' kaart	6
3. Eesmärgid programmi arendamisel.....	7
4. Rakenduse arendus	8
4.1. Rakenduses arendamisel kasutatud tarkvarad ja teegid.....	8
4.2. Rakenduse arendamisel esinenud tõrked ja probleemid.....	9
4.3. Rakenduse kasutusjuhend	11
4.4. Rakenduse edasiarendused	12
Kokkuvõte.....	13
Viited	14
Lihtlitsents	15

Mõisted

SOP (Sum of Products): Boole'i algebra valem, kus erinevad konjunktsiooni valemid on omavahel kokku liidetud disjunktsioonidega. Erinevad SOP vormid on kanooniline SOP vorm, mittekanooniline SOP vorm ja minimaalne SOP vorm. [4]

POS (Product of Sums): Boole'i algebra valem, kus erinevad disjunktsiooni valemid on liidetud kokku konjunktsioonidega. Erinevad POS vormid on kanooniline POS vorm, mittekanooniline POS vorm ja minimaalne POS vorm. [4]

NAND loogikavärat: Loogikavärat, mille väljundiks on null ainult siis, kui kõik sisendväärtused on ühed, ja väljundiks on üks ainult siis kui sisendväärtuste hulgas esineb üks või rohkem nulle. [5]

NOR loogikavärat: Loogikavärat, mille väljundiks on üks ainult siis, kui kõik sisendväärtused on nullid, ja väljundiks on null, kui kõik sisendväärtuste hulgas esineb üks või rohkem ühtesid. [6]

1. Sissejuhatus

1.1. Probleemi tutvustus

Tartu Ülikoolis 2022 aastal läbiviidud uurimistöö tulemusena valmis Karnaugh' kaardi lahendaja rakendus, mis täitis teiste sarnaste ja juba olemasolevate programmide puudused. Uurimistöö oli aine "Digitaalne loogika" raames, kus seda ka kasutatakse tudengite õpetamisel. Eelneva töö raames valminud programmil on puudu funktsionaalsed, mida käesoleva uurimistöö raames lahendada püütakse. Lisatavad funktsioonid on: muudetavad argumendi nimetused, tõeväärtustabelis rea ID-d alates 0-st, Karnaugh' kaardis võimalus ümber tõsta muutujaid, Karnaugh' kaardil oleks ruumilisus ja liigutatavus, lihtsustatud SOP-i ja POS-i esitamine loogikaskeemina ja *gate count*-i arvutamine, lihtsustamata SOP ja POS esitamine loogikaskeemina ja *gate count*-i arvutamine, lihtsustatud SOP ja POS loogikaskeemi esitamine NAND-ide või NOR-idega ja *gate count*-i arvutamine, koodi optimeerimine, programmi automaattestidega katmine igal arendamise käivitamisel, veendumaks, et funktsioonid toimivad, käsitsi koodi lahendamise funktsionaalsuse valideerimine, "Help" menüü täiendamine, seitsmenda argumendi lisamine. Loetletud juurdearendused on kokku lepitud ja kirja pandud juhendajaga kooskõlas.

1.2. Töö eesmärk ja ülevaade

Selle uurimistöö eesmärk on täiustada valminud Karnaugh' kaardi lahendajat olemasolevate puuduste likvideerimiseks ja uute funktsionaalsuste lisamiseks.

Uurimistöö lõpuks valmib täiendatud Karnaugh' kaardi lahendaja, kus võiksid olla likvideeritud kõik eelnevalt loetletud puudused. Lisaks võetakse kasutusele tehtud edasiarendus ka aines "Digitaalne loogika", kus seda kasutatakse tudengite poolt Boole' võrrandite lahendamise õppimiseks.

2. Karnaugh' kaart

Karnaugh' kaart on Boole'i algebra valemite lihtsustamise abimeetod, mida esimesena kasutas Maurice Karnaugh aastal 1953. Maurice Karnaugh lõi Karnaugh' kaardi Edward W. Veitch'i Veitch'i diagrammi põhjal, mis oli omakorda Allan Marquand'i Marquand'i diagrammi põhjal loodud. Veitch'i diagrammid on tuntud kui Marquand-Veitch'i diagrammid või Svoboda diagrammid ning Karnaugh' kaarte tuntakse teise nime all kui Karnaugh-Veitch'i kaardid. [3]

Karnaugh' kaardi kasutamine aitab vähendada kalkulasioonide arvu, kasutades inimeste mustrite tundmise võimekust. Lisaks Karnaugh' kaardi kasutamisele kaasnev kiire tuvastamine elimineerib süsteemides olukorra, kus arvutuse käitumine sõltub muude kontrollimatute sündmuste ajastamisest või järjestusest. [3]

Karnaugh' kaarte kasutatakse selleks, et saaks esitada loogikaskeeme kasutades võimalikult vähe loogikavärateid. SOP valemi põhimõttel sisendid liidetakse kokku konjunktsioonidega ning nende tulemused liidetakse kokku disjunktsioonidega. Samal põhimõttel toimib ka POS valemi põhimõte, kuid sel juhul implikandi liikmed inverteeritakse, liidetakse kokku disjunktsioonidega ning saadud tulemused liidetakse kokku konjunktsioonidega. POS ja SOP valemiteid kasutatakse erinevatel juhtudel. SOP vastavalt siis, kui implikandid sisaldavad teisi väärtuseid kui null, ja POS kasutatakse siis, kui sisendid sisaldavad teisi väärtusi kui ühed. [2]

2.1. Karnaugh' kaardi kasutus

Et aidata lahendada tõeväärtus funktsioone tuleb Karnaugh' kaarti kasutada järgmiselt: esimese sammuna valitakse sisendite arv, mille põhjal koostatakse tõeväärtustabel, teise sammuna leitakse Karnaugh' kaardi jaoks vajalikud mintermid ja makstermid. Mintermid on funktsioonid, mille väärtused on üks ja makstermid on funktsioonid, mille väärtuseks on null. [3] Kolmanda sammuna tuleb sisestada ühed vastavatesse Karnaugh' kaardi väljadesse, mis on vastavuses nende mintermidega ja nullid sisestada muudesse väljadesse. *Do not care* sisendite olemasolul võib

nendesse ruutudesse sisestada, kas ühe või nulli, vastavalt, kas tulemusena saab vormistada suurema grupi.

Neljanda sammuna täita sama Karnaugh' kaart nagu kolmandas sammus, aga seekord sisestada nullid kaardi väljadesse, mis on vastavuses makstermidega ning ülejäänud väljadesse sisestada ühed. Viiendaks sammuks on teha nelinurksed grupid, mis sisaldavad endas termide arvu teises astmes ja eesmärk on võimalikult palju elemente ühe grupi alla hõlmata. Kuuendaks ehk viimaseks sammuks on formuleerida viiendas sammus leitud grupid, leida nendele vastavad termid ja leida nende summa SOP funktsiooni jaoks. [10]

2.1.1. SOP funktsioon

Järgnevalt käiakse samm-sammult läbi, kuidas käib arvutamine SOP funktsiooni jaoks kolme sisendiga Karnaugh' kaarti kasutades.

		AB			
		A'B'	A'B	AB	AB'
C	C'	00 A'B'C' 0	01 A'B'C 1	11 A'BC 3	10 A'BC' 2
	C	1 AB'C' 4	AB'C 5	ABC 7	ABC' 6

SOP(Mintermid)

8ne kast = 1

4ne kast = 1 väärtusega term

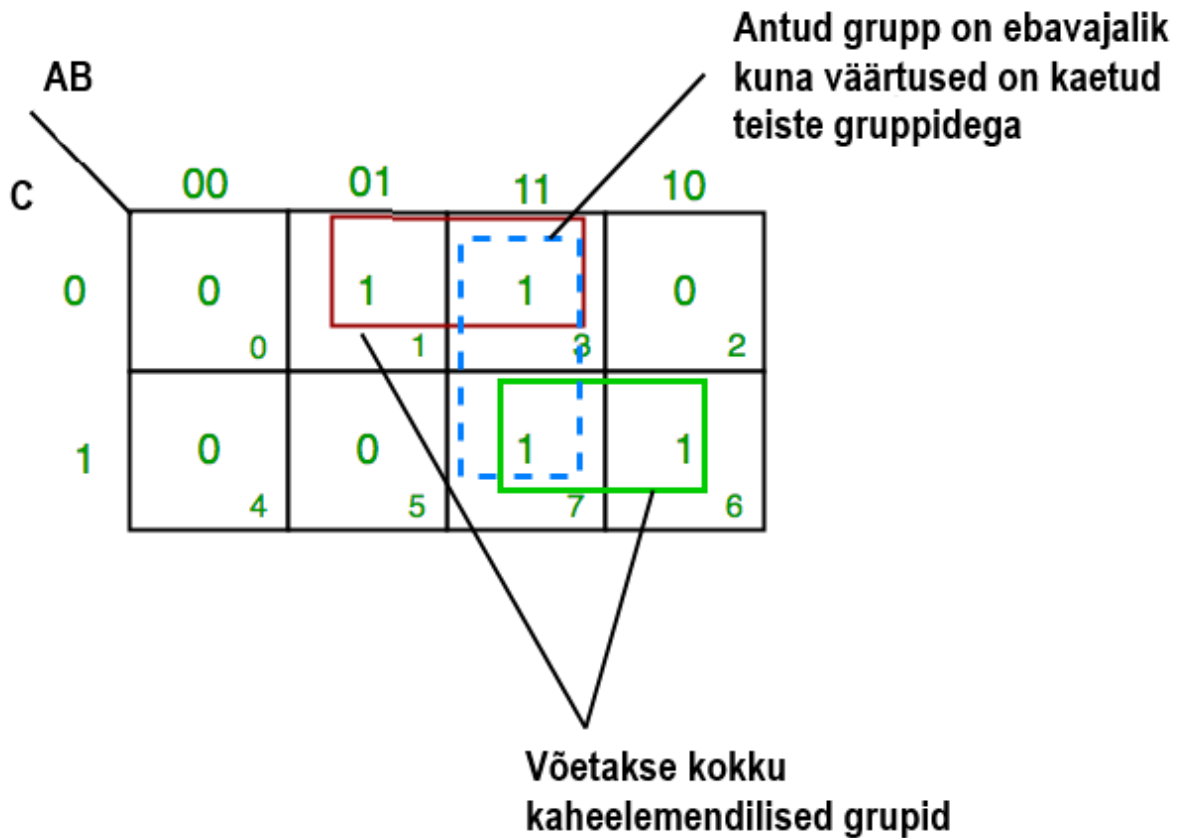
2ne kast = 2 väärtusega term

1ne kast = 3 väärtusega term

Joonis 1. Karnaugh' kaart Sum Of Product kolme sisendiga. [10]

Joonis 1 põhjal leiame termid:

$$Z = \sum_{A,B,C}(1,3,6,7)$$



Joonis 2. Karnaugh' kaardi grupeerimine vastavalt termidele. [10]

Vaadates joonist 2, siis leitakse, et punasega grupeeritud väärtustest tuleb tulemuseks $f = A'C$ ning rohelist gruppi vaadates saadakse tulemuseks $f = AB$. [10]

Rohelise ja punase grupi summeerimisel saadakse lõpptulemus, milleks on $f = (A'C + AB)$. [10]

2.1.2. POS funktsioon

Järgnevas alampeatükis käiakse läbi POS funktsiooni lahendamine kuue sisendväärtusega kasutades Karnaugh' kaarti. Kuue väärtusega Karnaugh' kaardil on $2^6 = 64$ kuupi. Kuue sisendväärtusega Karnaugh' kaart on jagatud neljaks erinevaks osaks nii, et esimeses osas ilmnevad mintermid nullist viieteistkümmeni või makstermid nullist viieteistkümmeni ning sisendid A ja B on mõlemad nullväärtusega. Teine osa koosneb mintermidest, mis on kuueteistkümnest kuni kolmekümne üheni või makstermidest, mis on sama ulatusega, kuueteistkümnest kolmekümne üheni. Kolmandasse osasse kuuluvad mintermid, mis on alates kolmekümne kahest kuni neljakümne seitsmeni või sama ulatusega makstermid.

Viimases ehk neljandas osas on mintermid, mis ulatuvad neljakümne kaheksast kuuekümmne kolmeni või makstermid, mis ulatuvad samuti neljakümne kaheksast kuuekümmne kolmeni. [11]

A \ B		0				1					
		EF	00	01	11	10	EF	00	01	11	10
0	CD	00	m ₀ 0	m ₁ 1	m ₃ 3	m ₂ 2	00	m ₁₆ 16	m ₁₇ 17	m ₁₉ 19	m ₁₈ 18
	01	m ₄ 4	m ₅ 5	m ₇ 7	m ₆ 6	01	m ₂₀ 20	m ₂₁ 21	m ₂₃ 23	m ₂₂ 22	
	11	m ₁₂ 12	m ₁₃ 13	m ₁₅ 15	m ₁₄ 14	11	m ₂₈ 28	m ₂₉ 29	m ₃₁ 31	m ₃₀ 30	
	10	m ₈ 8	m ₉ 9	m ₁₁ 11	m ₁₀ 10	10	m ₂₄ 24	m ₂₅ 25	m ₂₇ 27	m ₂₆ 26	

A \ B		0				1					
		EF	00	01	11	10	EF	00	01	11	10
0	CD	00	m ₃₂ 32	m ₃₃ 33	m ₃₅ 35	m ₃₄ 34	00	m ₄₈ 48	m ₄₉ 49	m ₅₁ 51	m ₅₀ 50
	01	m ₃₆ 36	m ₃₇ 37	m ₃₉ 39	m ₃₈ 38	01	m ₅₂ 52	m ₅₃ 53	m ₅₅ 55	m ₅₄ 54	
	11	m ₄₄ 44	m ₄₅ 45	m ₄₇ 47	m ₄₆ 46	11	m ₆₀ 60	m ₆₁ 61	m ₆₃ 63	m ₆₂ 62	
	10	m ₄₀ 40	m ₄₁ 41	m ₄₃ 43	m ₄₂ 42	10	m ₅₆ 56	m ₅₇ 57	m ₅₉ 59	m ₅₈ 58	

Joonis 3. Kuue sisendiga Karnaugh' kaart SOP funktsioon. [11]

A \ B		0				1			
		EF		00		01		11	
C	D	00	01	11	10	00	01	11	10
		0	00	M ₀ 0	M ₁ 1	M ₃ 3	M ₂ 2	M ₁₆ 16	M ₁₇ 17
	01	M ₄ 4	M ₅ 5	M ₇ 7	M ₆ 6	M ₂₀ 20	M ₂₁ 21	M ₂₃ 23	M ₂₂ 22
	11	M ₁₂ 12	M ₁₃ 13	M ₁₅ 15	M ₁₄ 14	M ₂₈ 28	M ₂₉ 29	M ₃₁ 31	M ₃₀ 30
	10	M ₈ 8	M ₉ 9	M ₁₁ 11	M ₁₀ 10	M ₂₄ 24	M ₂₅ 25	M ₂₇ 27	M ₂₆ 26
1	00	M ₃₂ 32	M ₃₃ 33	M ₃₅ 35	M ₃₄ 34	M ₄₈ 48	M ₄₉ 49	M ₅₁ 51	M ₅₀ 50
	01	M ₃₆ 36	M ₃₇ 37	M ₃₉ 39	M ₃₈ 38	M ₅₂ 52	M ₅₃ 53	M ₅₅ 55	M ₅₄ 54
	11	M ₄₄ 44	M ₄₅ 45	M ₄₇ 47	M ₄₆ 46	M ₆₀ 60	M ₆₁ 61	M ₆₃ 63	M ₆₂ 62
	10	M ₄₀ 40	M ₄₁ 41	M ₄₃ 43	M ₄₂ 42	M ₅₆ 56	M ₅₇ 57	M ₅₉ 59	M ₅₈ 58

Joonis 4. Kuue sisendiga Karnaugh' kaart POS funktsioon kuue sisendiga. [11]

Vaatlemiseks funktsioon

$$F = \Pi M(0,2,7,8,10,13,16,18,24,26,29,31,32,34,37,39,40,42,45,47,48,50,53,55,56,58,61,63)$$

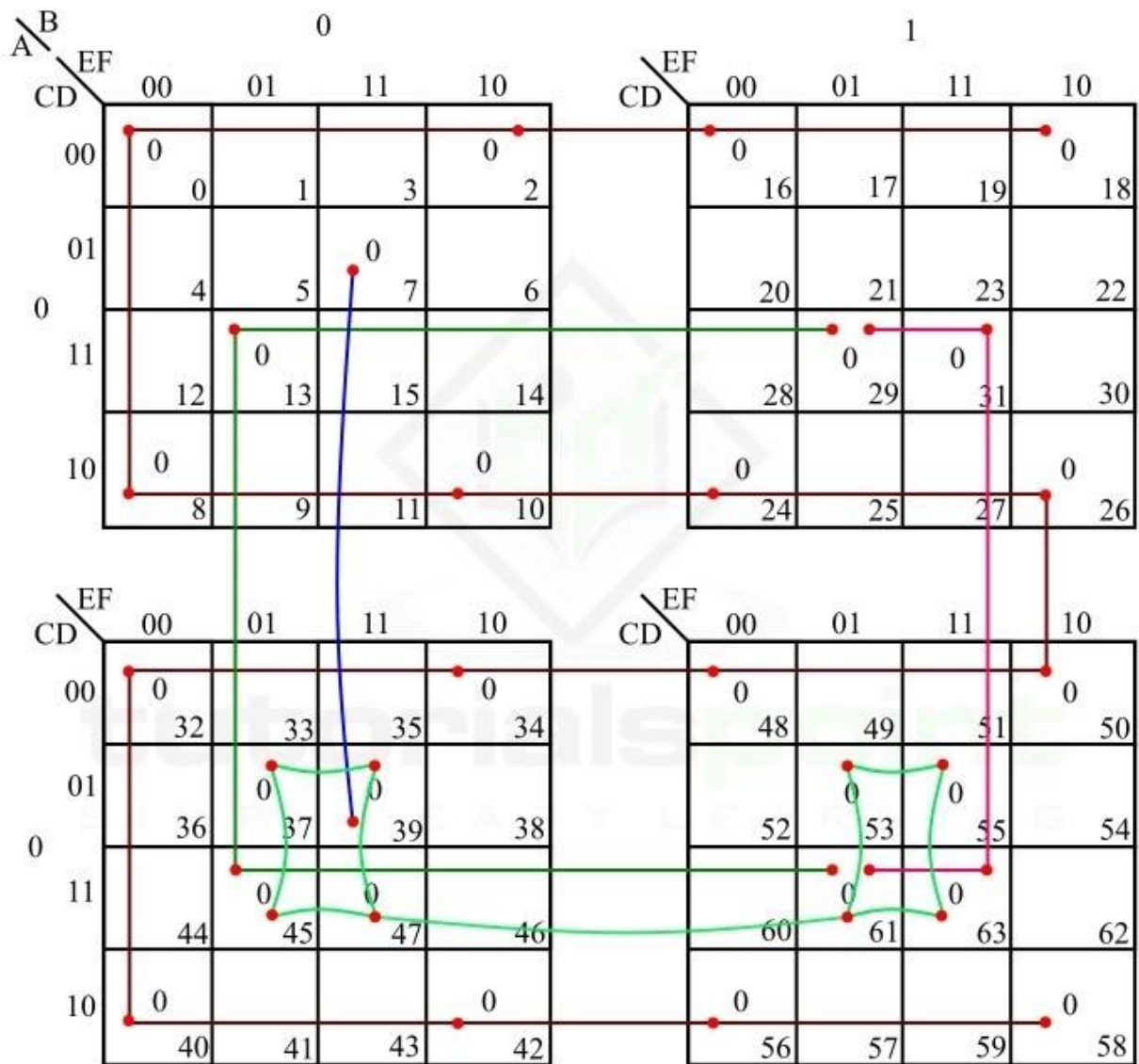
Funktsiooni F lihtsustamiseks leitakse, et maksterm m_0 loob kuuteistkümnese grupi

makstermidena $m_2, m_8, m_{10}, m_{16}, m_{18}, m_{24}, m_{26}, m_{32}, m_{34}, m_{40}, m_{42}, m_{48}, m_{50}, m_{56}, m_{58}$.

Antud makstermid saab kokku võtta ($D + F$). Maksterm m_{37} moodustab kaheksase grupi teiste

makstermidena, milleks on $m_{39}, m_{45}, m_{47}, m_{53}, m_{55}, m_{61}, m_{63}$. [11]

Need mintermid saab kokku võtta $(\neg A + \neg D + \neg F)$. Makstermid m_{13} ja m_{31} moodustavad kumbki neljase grupi, vastavalt mintermide m_{29}, m_{45}, m_{61} , mis on $(\neg C + \neg D + E + \neg F)$ ja m_{29}, m_{61}, m_{63} , mis on $(\neg B + \neg C + \neg D + \neg F)$. Viimasena, m_7 saab grupeerida kahese grupi mintermiga m_{39} , mis on $(B + C + E + \neg D + \neg E + \neg F)$. Neid omavahel AND-ides, saadakse minimaalseks *Product of Sum* funktsiooniks $f(A, B, C, D, E, F) = (D + F) * (\neg A + \neg D + \neg F) * (\neg C + \neg D + \neg E + \neg F) * (\neg B + \neg C + \neg D + \neg F) * (B + C + E + \neg D + \neg E + \neg F)$
 [11]



Joonis 5. Kuue sisendväärtusega POS Karnaugh' kaart. [11]

3. Eesmärgid programmi arendamisel

Nõuded programmi arendamiseks lepiti kokku juhendajaga eelnevalt, võttes arvesse rakenduse eelkäijat ja selle põhjal tehtud uurimistööd. Läbi testiti rakendus ise, pannes kirja kõik silma jäävad kasutajamugavused ja puuduste kohad. Lisaks oli juhendaja suureks sisendiks mida võiks muuta ja mida võiks paremaks teha nii kasutajamugavuse, kasutaja graafilise liidese kui ka funktsionaalsuse kohapealt.

Lepiti kokku järgmised piirangud ja nõuded:

- a) Argumendi nimetused peavad olema muudetavad (näiteks (varchar(2)) "A", "a", "X", "X1", "x1").
- b) Tõeväärtustabelis oleksid rea ID-d alates 0-st.
- c) Karnaugh' kaardis võimalus ümber tõsta muutujaid.
- d) Karnaugh kaardi' 3D vaade oleks ruumiline ja pööratav hiirega.
- e) Esitatakse lihtsustatud POS ja SOP loogikaskeemina ja tehakse *gate count*.
- f) Esitatakse lihtsustatud POS ja SOP, mõlemast eraldi NAND-ide, XOR-ide ja NOR-idega ja tehakse *gate count*.
- g) Koodi optimeerimine.
- h) Automaattestidega katmine (kontrollitakse, kas saadud tulem on tõeväärtustabeli väljunditega sünkroonis).
- i) Valideerida koodi lahendamise funktsionaalsust käsitsi.
- j) Täiendada "Help" alamosa rakenduses.
- k) Lisada seitsmes argument.

Nõuete kokkuleppimisel olid eelmainitud punktidest c, f, h ja i, kokkulepitud kui ekstra nõuded, mis ei olnud vajalikud programmi valmimisel. Neid oli võimalik implementeerida, kui ajaliselt ressursi jääb üle.

4. Rakenduse arendus

4.1. Rakenduses arendamisel kasutatud tarkvarad ja teegid

Rakenduse arendamisel kirjutati programmi kood Java keeles, kuna varasem versioon oli samuti Java keeles kirjutatud. Käesoleva lõputöö auto ja juhendaja leppisid kokku, et juba valitud programmeerimise keel on edasiarendusteks sobiv ning seda välja vahetama ei hakata. Graafilise liidese loomiseks kasutati Java teeki JavaFX ja Gradle tööriista programmi ehitamisel.

JavaFX on Java Runtime keskkonnas jooksvatav platvorm, millega luuakse aplikatsioone nii veebile kui ka töölauale. JavaFX-il põhinevad programmid on võimelised jooksva töölauale, telefonis kui ka veebis, antud võimekus on JavaFX-i üks tugevusi. JavaFX erinevad versioonid sisaldavad endas rakendus liidestusi nii töölauale, kui ka mobiilsetele seadmetele. [8]

Gradle on programmide ehitamise tööriist, mis kontrollib rakenduse kompileerimist, evitust ja publitseerimist. Gradle toetab programme, mis on programmeeritud JavaScript, Java, C ja C++ keeltes. Gradle on tööriist, mis on võimeline skaleerima suurte projektiga, kasutades paralleelset versioonide ehitus. [7]

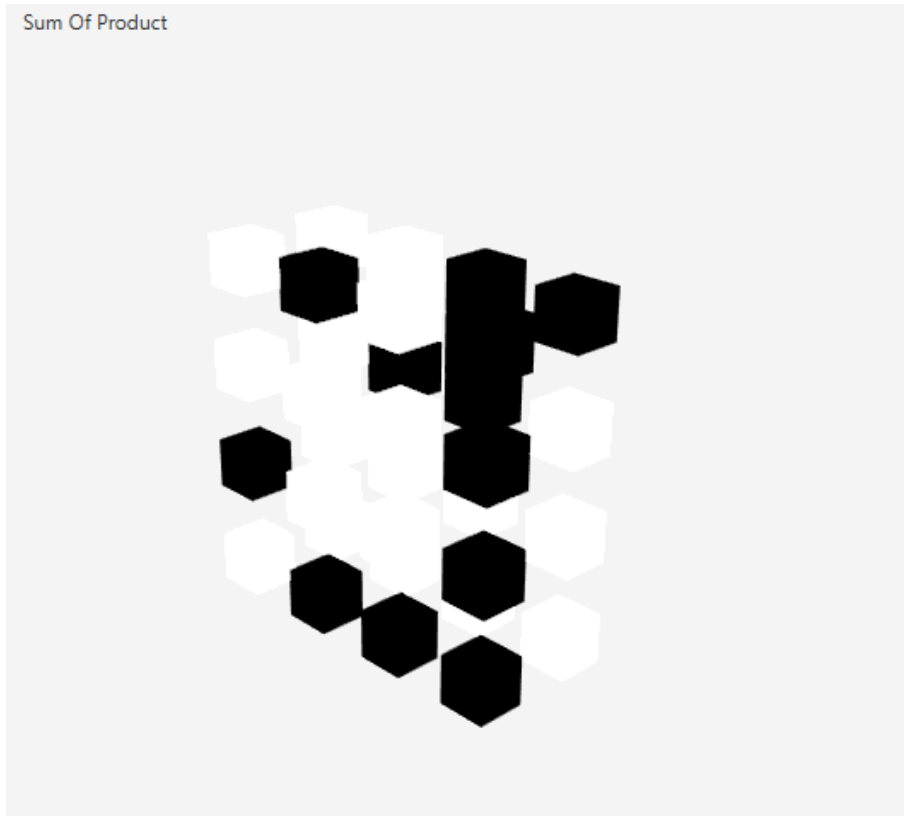
Arendamisel kasutati ka Github veebiteenust, millega kontrolliti rakenduse versioneerimist ja haldust. Enne arendamise algust tehti esimesed kasutajaliidese graafilised joonised Figma veebiteenus, et oleks igal osapoolel selge ettekujutus tulemusest.

Selleks, et rakenduse arendus oleks järjepidev ja graafikus, kasutati ülesannete püstitamiseks Atlassian tarkvara Jira, mis võimaldas koostada “epic”-uid ja nendes sisalduvaid kasutajalugusid ja ülesandeid. Üheks suuremaks ülesandeks olnud kolmedimensioonilise mudeli loomine püstitati “epic”-una. [9]

4.2. Rakenduse arendamisel esinenud tõrked ja probleemid

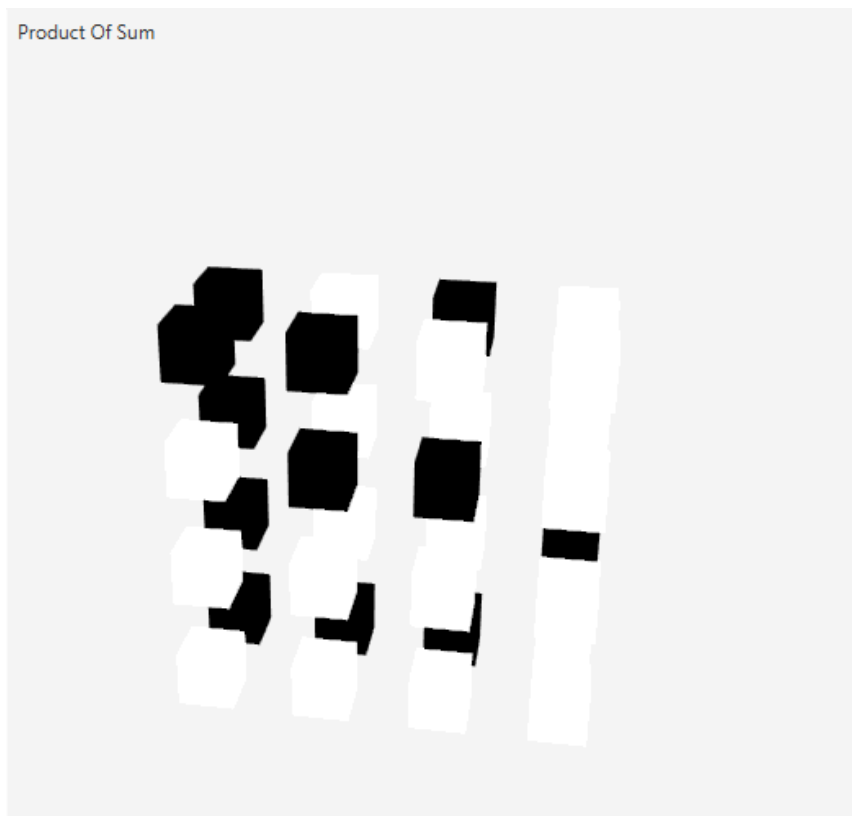
Rakenduse arendamise jooksul esines probleeme, mida oli oodata ja probleeme, mis olid ootamatud. Varasem Karnaugh' kaardi lahendaja versiooni kood oli kirjutatud põhimõttel, et kõik graafilised Karnaugh' kaardi esinemised toimuvad kahe dimensioonilises ruumis. Selle tõttu esines esimene suurem takistus, milleks oli programmi kujutise kolmedimensioonilise Karnaugh' kaardi kujutise ümber tegemine, mis võimaldaks luua kolmedimensioonilisi mudeleid vastavatesse väljadesse.

Peale rakenduse kolmedimensiooniliseks ümber kirjutamist tekkis järgmine takistus antud mudeli vastavate väljundite väärtustega täitmine. Kuna valitud JavaFX 3D teegil ei olnud võimalust sisestada teksti vastavatesse Karnaugh' kaardi väljadesse, mindi üle värvilisele lahendusele. Kuigi eelmainitud teegil oli võimekus pilte kujutada kolmedimensioonilistes mudelites, siis ei õnnestunud arenduse käigus leida lahendus, mis laseks pildi sisestada igale Karnaugh' kaardi väljundi väärtuse kohale. Värvilahendusele üle minek oli järgmine võimalus.



Joonis 6. Kuvatõmmis Karnaugh' kaardi edasiarenduse *Sum Of Product* 3D mudeli väljundist.

Varasem versioon programmist esindas tasemeid kahedimensioonilises ruumis, aga erinevate tasemetega, igal tasemel oli vastavalt väljundi väärtusele näidatud mudelis "1" või "0". Kolmedimensiooniline lahendus asendas numbrite näitamise värvidega, kui funktsiooni väljundiks oli 1, siis värviti vastava funktsiooni kuup mustaks ning kui funktsiooni väljundiks oli 0, siis värviti sellele väljundile vastav kuup valgeks. (Vaata Joonis 1, Joonis 2)



Joonis 7. Kuvatõmmis Karnaugh' kaardi edasiarenduse POS 3D mudeli väljundist.

Lisaks eelmainitud takistustele ja probleemidele oli suurimaks takistuseks varasemast koodist aru saamine ja selle võimalikult ühtne taaskasutamine. Läbivalt oli arenduse eesmärk hoida varasem kood võimalikult muutmata selleks, et koodijupid, mida ei muudeta, ei hakkaks edaspidi tõrkeid tekitama ja programm jookseks probleemideta.

4.3. Rakenduse kasutusjuhend

Järgnevalt kirjeldatakse detailselt, kuidas kasutada Karnaugh' kaardi rakendust. Peale rakenduse avamist tuleb valida ülevalt menüüribast muutujate arv, mida saab valida kahest muutujast seitsme muutujani. Varasema rakenduse arendamisel ulatus muutujate arv kuueni. Vastavalt valitud muutujate arvule genereerib programm vasakule programmi aknasse tõeväärtustabeli täidetud väärtustega. Igat väljundit saab muuta vajutades sellele hiirega.

Kui väljundiks on null, siis muudetakse ühe vajutusega see üheks. Järgmise vajutusega muudetakse väljund küsimärgiks, mis viitab, et tegu on “do not care”-iga.

Programmi akna lahenduse osas on vasakul pool Sum Of Product väljund ja paremal pool Product Of Sum väljund. Väljundite allosas on välja toodud mõlema valemi lahendus, kasutades värve eristamiseks.

Programmi üleval menüüribas vajutades nupule “Show in 3D” genereerib programm ruumilise kuubi vaate Karnaugh’ kaardist. Kuup genereeritakse nii *Sum Of Product* kui ka *Product Of Sum* valemitele. Kuupe saab keerata ümber x, y ja z telgede kasutades hiirt. Vajutades kuubile ja hoides all vasakut klahvi ning peale seda hiire liigutamisel keerutab kuup ennast vastava telje ümber. Vajutades ükskõik millisele osale kuubil, tõstetakse esile vastava väljundi väärtus. Antud funktsionaalsus annab kasutajale võimaluse näha igat väljundit eraldi, mis esineb mööda Karnaugh’ kaardi kuubi x, y ja z telge pidi.

4.4. Rakenduse edasiarendused

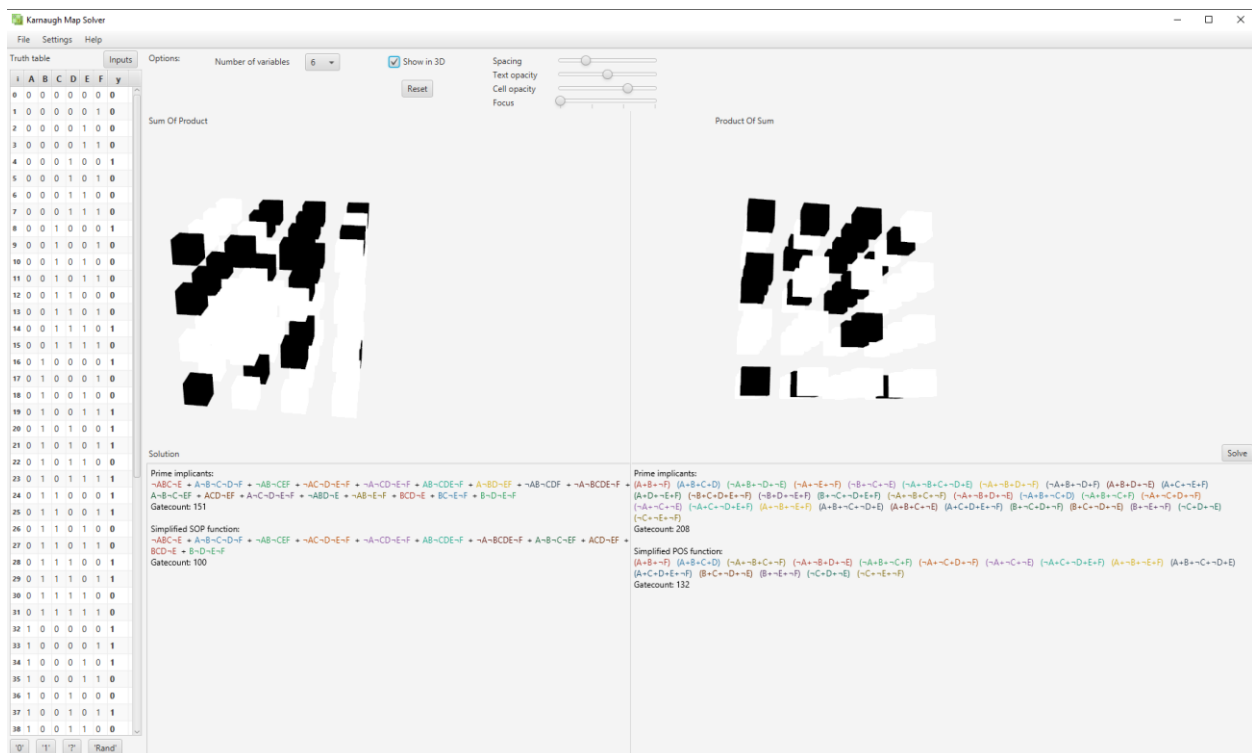
Karnaugh’ kaardi lahendaja edasiarendusteks saab alust siis, kui rakendus kasutusele võtta õpilaste ja õppejõudude poolt ning tagasiside põhjal läbi viidud analüüsiga kindlaks teha, kas esineb puudusi lisafunktsionaalsustest.

Kindlasti võiks üks edasiarendusi olla Karnaugh’ kaardi lahendaja viimine veebirakenduse kujule, et teha see mugavamalt kättesaadavaks laiemale üldsusele. Lisaks sellele saaks teha parandusi kasutajaliidese ja kasutajakogemuse osas.

Enne programmi arendust püstitatud eesmärkide hulgas olid neli eesmärki, mis olid märgitud, kui ekstra tööna, kuna kõiki neist ajaraami sees ei olnud võimalik valmis teha, siis edasiarenduse alla kuuluksid ka eelnimetatud funktsionaalsused.

Tulemused

Lõputöö tulemusena valmis edasiarendus Kaarel Kütti ehitatud Karnaugh' kaardi lahendajast, millele ehitati juurde täiendavaid funktsionaalsuseid. Tulemusena valminud rakendus vastab uurimistöo alguses püstitatud eesmärkidele ja nõuetele. Punktide, mida ei õnnestunud arenduse käigus lahendada on järgmised: automaattestidega katmine, seitsmenda argumendi lisamine ja võrratuste esitamine NANDide, NOR-ide ja XOR-idega.



Joonis 8. Kuvatõmmis Karnaugh' kaardi lahendaja edasiarendus.

Kokkuvõte

Töö eesmärgiks oli luua programm “Karnaugh’ kaardi lahendaja edasiarendus”, mis on edasiarendus aastal 2022 Kaarel Kütti loodud programm “Karnaugh’ kaardi lahendaja”. Juhendajaga kooskõlas püstitati üksteist nõuet ja eesmärki, mis oleksid saavutatavad etteantud ajaraamis. Kõige suuremaks eesmärgiks oli teha suurim ümberehitus Karnaugh’ kaardi 3D mudeli kujutamisel ruumilistest mõõtmetest, mis lõpptulemuses ka saavutati. Üheteistkümnest püstitatud eesmärgist olid neli eesmärki kirja pandud lisadena.

Kokkuvõtlikult oli tulemus positiivne ja kõik püstitatud nõuded said ka täidetud programmi arendamisel.

Viited

- [1] Karnaugh Map Solver <https://sourceforge.net/projects/karnaugh-map-solver/> (22.10.2022).
- [2] K. Kütt, “Karnaugh’ kaardi lahendaja”, Tartu Ülikool, 2022,
PDF:https://comserv.cs.ut.ee/home/files/Kytt_Informaatika_2022.pdf?study=ATILoputoo&reference=F75771B2006782886873DDD125B39524D4C4FAFB.
- [3] Wikipedia, the free encyclopedia 2022 – Karnaugh map.
https://en.wikipedia.org/wiki/Karnaugh_map (23.10.2022).
- [4] Sum of Product (SOP) & Product of Sum (POS), Electrical Technology,
<https://www.electricaltechnology.org/2018/05/sum-of-product-sop-product-of-sum-pos.html>
(22.10.2022).
- [5] Wikipedia, the free encyclopedia 2022 – NAND gate.
https://en.wikipedia.org/wiki/NAND_gate (22.10.2022).
- [6] Wikipedia, the free encyclopedia 2022 – NOR gate.
https://en.wikipedia.org/wiki/NOR_gate (22.10.2022).
- [7] Wikipedia, the free encyclopedia 2023 - Gradle.
<https://en.wikipedia.org/wiki/Gradle> (10.04.2023).
- [8] Wikipedia, the free encyclopedia 2023 - JavaFX.
<https://en.wikipedia.org/wiki/JavaFX> (08.01.2023).
- [9] Atlassian, Jira Software 2023.
<https://www.atlassian.com/software/jira> (10.01.2023)
- [10] GeeksforGeeks 2023 - Introduction of K-Map 2022.
<https://www.geeksforgeeks.org/introduction-of-k-map-karnaugh-map/> (20.11.2022).
- [11] Tutorialspoint 2023 - 6 Variable K-Map in Digital Electronics 2023.
<https://www.tutorialspoint.com/6-variable-k-map-in-digital-electronics> (14.12.2022).

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Kristjan Laid

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose
“Karnaugh’ kaardi lahendaja edasiarendus”
mille juhendaja on Margus Rosin
reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada, sealhulgas lisada digitaalarhiivi DSpace
kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.
2. Annan Tartu Ülikoolile loa teha punktis 1 nimetatud teos üldsusele kättesaadavaks Tartu
Ülikooli veebikeskkonna, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace’i kaudu Creative Commons
litsentsiga CC BY NC ND 3.0, mis lubab autorile viidates teost reprodutseerida, levitada
ja üldsusele suunata ning keelab luua tuletatud teost ja kasutada teost ärieesmärgil, kuni
autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.
3. Olen teadlik, et punktides 1 ja 2 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
4. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei riku ma teiste isikute intellektuaalomandi ega
isikuandmete kaitse ja õigusaktidest tulenevaid õigusi.

Kristjan Laid

19.05.2023