

# Облікова картка дисертації

## I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0424U000180

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 03-07-2024

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:



## II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Мінзюк Вадим Володимирович

2. Vadym V. Minziuk

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Вид дисертації: кандидат наук

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 05.12.13

Назва наукової спеціальності: Радіотехнічні пристрої та засоби телекомунікацій

Галузь / галузі знань: Не застосовується

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Не застосовується

Дата захисту: 14-06-2024

Спеціальність за освітою: Радіотехніка

Місце роботи здобувача: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

### **III. Відомості про організацію, де відбувся захист**

**Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради):** Д 35.052.10

**Повне найменування юридичної особи:** Національний університет "Львівська політехніка"

**Код за ЄДРПОУ:** 02071010

**Місцезнаходження:** вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

### **IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію**

**Повне найменування юридичної особи:** Національний університет "Львівська політехніка"

**Код за ЄДРПОУ:** 02071010

**Місцезнаходження:** вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

### **V. Відомості про дисертацію**

**Мова дисертації:** Українська

**Коди тематичних рубрик:** 47

**Тема дисертації:**

1. Розроблення та дослідження оптимальних алгоритмів мінімізації булових функцій у довільному логіковому базисі для проектування цифрових комбінаційних пристроїв.
2. Development and research of optimal algorithms for minimizing Boolean functions in an arbitrary logical basis for the design of digital combinational devices.

**Реферат:**

1. Мінзюк В. В. Розроблення та дослідження оптимальних алгоритмів мінімізації булових функцій у довільному логіковому базисі для проектування цифрових комбінаційних пристроїв. — Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.13 – «Радіотехнічні пристрої та засоби телекомунікацій» (172 – Телекомунікації та радіотехніка). — Національний університет «Львівська політехніка» МОН України, Львів, 2024. У дисертації розв'язано актуальне науково-практичне завдання, яке полягає в удосконаленні та розробленні алгоритмів та методів мінімізації булових функцій для проектування цифрових комбінаційних схем радіотехнічних пристроїв та засобів телекомунікацій. Запропоновано числове подання кон'юнктермів довільного рангу у вигляді пари чисел: двійкового зображення та двійкової маски літералів. Двійкове зображення отримуємо шляхом заміни символів поглинання на нулі в псевдотрійковому зображенні. Щоб отримати маску літералів,

спочатку замінюємо в трійковому зображенні нулі одиницями, а потім символи поглинання нулями. Оскільки склеювання можливі лише між кон'юнктерами з однаковою маскою літералів, об'єднуємо такі кон'юнктерми у множини. Тепер можна позначати кожен кон'юнктерм лише одним числом, а маску літералів вказати єдину для всієї множини. Це дає змогу використати в алгоритмах мінімізації булових функцій двійкові операції замість операцій над символами. Такий підхід полегшує комп'ютерну реалізацію методів мінімізації. Розвинуто метод розчеплення кон'юнктермів. Запропоновано модифікацію процедури розчеплення кон'юнктермів на основі числового подання, що дозволяє зменшити витрати обчислювальних ресурсів, а використання додатково шістнадцяткової системи числення дає змогу розширити коло завдань, які можна розв'язати без застосування комп'ютера. Розвинуто метод порозрядного вирощування простих кон'юнктермів. Використана розроблене числове подання замість псевдотрійкового, що дає змогу оперувати числами замість символів у підмножинах кон'юнктермів з однаковою маскою літералів. Уведено поняття коду помітки множини кон'юнктермів, для усічення трійкового дерева вирощування простих кон'юнктермів. Уведено процедуру виявлення підмножини, елементи якої склеюються в один кон'юнктерм, шляхом підрахунку кількості елементів одразу на етапі сортування за заданим бітом. Розширено сферу застосування методу для недовизначених функцій. Запропоновані зміни дають змогу розширити коло розв'язуваних завдань за рахунок зменшення обчислювальних витрат та розширення сфери застосування методу. Удосконалено метод мінімаксного покриття в теоретико-множинній формі. Запропоновано впорядковувати символні диз'юнктерми щодо наростання їх потужностей, тобто починаючи з мінімальної. Це прискорює процедуру спрощення сформованої множини за рахунок скорочення шляху пошуку диз'юнктермів, що спрощуються. Запропоновано процедуру ланцюгового покриття таблиці простих кон'юнктермів, яка враховує взаємне розташування кон'юнктермів у двійковому просторі, що дає змогу спростити циклічну частину таблиці простих кон'юнктермів. Це призводить до зменшення витрат машинних ресурсів. Для зниження обчислювальної складності завдання можна розрахувати коефіцієнт складності в околі розгалуження ланцюгів та прийняти рішення про розрив ланцюга у цьому місці. Процедура ланцюгового покриття множини простих кон'юнктермів дає змогу розбивати завдання покриття на кілька обчислювальних потоків. Запропонований підхід є евристичним. Удосконалено метод побітового сортування множини цілих чисел, яка не містить тавтології. У процесі розбиття за заданим бітом з номером  $n$  виконують підрахунок елементів підмножини, що дає змогу виявити склеювання отриманої підмножини в кон'юнктерм і тоді замінити процедуру сортування по інших бітах простим перерахунком від 0 до  $(2^n - 1)$ . Крім того, оскільки певні методи мінімізації потребують попереднього сортування множини вихідних кон'юнктермів, запропонована модифікація дає змогу отримати частину імплікантів вже на етапі сортування. Уперше запропоновано метод мінімізації булових функцій побітовим розбиттям множини кон'юнктермів на основі розробленої модифікації побітового сортування зі склеюванням, що дає змогу знаходити прості кон'юнктерми низького рангу без проміжних склеювань. Цей метод позбавлений тавтології. Для прикладної задачі виконано синтез перетворювача кодів запропонованими у роботі методами, серед яких метод мінімізації булових функцій побітовим розбиттям зі склеюванням показав найкращий результат. Ключові слова: кон'юнктерм, мінімізація булових функцій, пошук простих кон'юнктермів, покриття таблиці простих кон'юнктермів, проектування цифрових комбінаційних схем.

2. Minziuk V. V. Development and research of optimal algorithms for minimizing Boolean functions in an arbitrary logical basis for the design of digital combinational devices. – Manuscript. Dissertation for the degree of candidate of technical sciences on specialty 05.12.13 – “Radio engineering devices and means of telecommunications” (172 – Telecommunications and Radioengineering). – Lviv Polytechnic National University of Ministry of Education and Science of Ukraine, Lviv, 2024. The dissertation solves an actual scientific and practical task, which is to improve and to develop algorithms and methods of minimizing Boolean functions for designing digital combinational circuits of radio engineering devices and telecommunications equipment. A numerical representation of conjuncterms of arbitrary rank is proposed in the form of a pair of numbers: a binary image and a binary mask of literals. The binary image is obtained by replacing the absorption symbols with zeros in the pseudo-ternary image. To obtain a literal mask, we first replace zeros in the ternary image with ones, and then the absorption symbols

with zeros. Since gluing is possible only between conjuncterms with the same literal mask, we combine such conjuncterms into sets. Now you can denote each conjunction with only one number, and specify the literal mask with a single number for the entire set. This will allow the use of binary operations in algorithms for minimizing Boolean functions instead of operations on symbols. This approach simplifies the computer implementation of minimization methods. The splitting conjuncterms method has been developed. A modification of the procedure for splitting conjuncterms based on the proposed numerical representation, which makes it possible to reduce the amount of used computing resources, and the additional use of hexadecimal number system allows one to expand the range of problems that can be solved without the use of a computer. The method of bitwise cultivation of primes has been developed. The developed numeric representation was used instead of the pseudo-ternary one, which made it possible to operate with numbers instead of symbols in subsets of conjuncterms with the same literal mask. The concept of a code for marking a set of conjuncterms has been introduced to truncate the ternary tree of growing primes. A procedure has been introduced for detecting a subset, the elements of which are glued together into one conjuncterm by simply counting the number of elements immediately at the stage of sorting by a given bit. The scope of application of the method for not fully defined functions has been expanded. The proposed changes make it possible to expand the range of problems to be solved by reducing computational costs and expanding the scope of the method. The minimax coverage method in the set-theoretic form has been improved. It is proposed to arrange symbolic disjuncterms according to the increase in their powers, that is, starting from the minimum. This speeds up the procedure for simplifying the generated set by shortening the search path for simplifying disjuncterms. The procedure for chain coverage of the table of primes is proposed. This procedure takes into account the relative position of conjuncterms in binary space, which makes it possible to simplify the cyclic part of the table of simple conjuncterms. This leads to a reduction in the amount of used computing resources. To reduce the computational complexity of the problem, you can calculate the complexity coefficient in the vicinity of the chain branch and make a decision about breaking the chain at this place. The chain covering procedure for a set of simple conjuncterms makes it possible to split the covering problem into several computational threads. The proposed approach is heuristic. The method of bitwise sorting of integers for a set of numbers that does not contain tautologies has been improved. In the process of partitioning by a given bit with number  $n$ , the elements of the subset are counted, which makes it possible to identify the gluing of the resulting subset into a conjuncterm and replace the sorting procedure by the remaining bits by simply calculating from 0 to  $2^{n-1}$ . In addition, since certain minimization methods require preliminary sorting of a set of initial conjuncterms, the proposed modification makes it possible to obtain part of the implicants already at the sorting stage. The method of minimizing Boolean functions by bitwise partitioning of a set of conjuncterms has been developed. The method makes it possible to find low rank primes without intermediate gluings. For the applied problem, the synthesis of the code converter was performed using the methods proposed in the paper, among which the method of minimizing Boolean functions by bitwise partitioning with gluing showed the best result. Keywords: conjuncterm, Boolean functions minimization, primes search, table of primes coverage, combinational circuits

**Державний реєстраційний номер ДіР:**

**Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки:** Фундаментальні наукові дослідження з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави

**Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності:** Не застосовується

**Підсумки дослідження:** Нове вирішення актуального наукового завдання

**Публікації:**

- Рицар Б.Є., Мінзюк В.В. "Теоретико-множинна модифікація мінімаксного методу покриття булових функцій", Управляющие системы и машины, сентябрь-октябрь 2005, № 5, С. 43-47. (Scopus)

- Рицар Б.Є., Мінзюк В.В. "Один спосіб зображення кон'юнктернів", Вісник Державного університету "Львівська політехніка" "Радіоелектроніка і телекомунікації". – Львів, 1999. – № 367. – С. 138-142.
- Мінзюк В.В. "Спосіб синтезування кон'юнктернів булових функцій", Вісник Національного університету "Львівська політехніка" "Радіоелектроніка та телекомунікації". – Львів, 2004. – № 508. – С. 256-262.
- Мінзюк В.В. "Спосіб спрощення задачі покриття булових функцій", Вісник Національного університету "Львівська політехніка" "Радіоелектроніка та телекомунікації". – Львів, 2005. – № 534. – С. 24-28.
- Мінзюк В.В. "Спосіб сортування цілих чисел для задач мінімізації булових функцій", Вісник Національного університету "Львівська політехніка" "Радіоелектроніка та телекомунікації". – Львів, 2011. – № 705. – С. 135-137.
- Мінзюк В.В. "Модифікація методу порозрядного вирощування простих кон'юнктивних тернів булових функцій", Моделювання та інформаційні технології, зб. наук. пр. ІПМЕ НАН України. – К., 2012. – Вип. 65. – С.129-134.
- Мінзюк В.В. "Метод пошуку простих кон'юнктивних тернів булових функцій побітовим розбиттям множини", Моделювання та інформаційні технології, зб. наук. пр. ІПМЕ НАН України. – К., 2013. – Вип. 66. – С.95-103.
- Шклярський В. І., Матієшин Ю. М., Баланюк Ю. В., Мінзюк В. В. "Алгоритмічне забезпечення роботи телевізійного сканувального оптичного мікроскопа під час дослідження динамічних мікрооб'єктів", Вісник Національного університету "Львівська політехніка" "Радіоелектроніка та телекомунікації". – Львів, 2017. – № 885. – С. 15-21.
- Мінзюк В. "Метод формування розгортки телевізійного сканувального оптичного мікроскопа", Інфокомунікаційні технології та електронна інженерія. – Львів, 2022. – Вип. 2, № 2. – С. 88-95.
- Мінзюк В. "Метод мінімізації булових функцій для проектування цифрових комбінаційних схем", Інфокомунікаційні технології та електронна інженерія. – Львів, 2023. – Вип. 3, № 1. – С. 146-152.
- Rytsar, B., Minziuk, V. "The set-theoretical modification of Boolean functions minimax covering method", Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science. Proceedings of the International Conference TCSET'2004, 2004, pp. 46-48. (Scopus)
- Minzyuk, V. "Modification of conjuncterms splitting method of boolean functions minimization", Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science. Proceedings of International Conference TCSET'2006, 2006, pp. 81-82. (Scopus)
- Minzyuk, V. "Integers sorting method for boolean functions minimization", Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science. Proceedings of the International Conference TCSET'2012, 2012, p. 61. (Scopus)
- Matiieshyn, Y., Minziuk, V., Mankovskyu, S. "Algorithmic support of the television scanning optical microscope in the study of microobjects", The Fourth International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics. Proceedings of the International Conference UkrMiCo'2019, 2019, 9165398, pp. 368-373. (Scopus)
- Rytsar B. Ye., Minzyuk V. V., Sizonov Yu. V. "Minimization Method of Boolean Functions System", Сучасні проблеми засобів телекомунікацій, комп'ютерної інженерії та підготовки спеціалістів. Матеріали конференції TCSET'2000, 2000, Державний університет "Львівська політехніка", pp. 86-87.
- Vadym Minzyuk "Technique of Boolean Functions Conjuncterms Synthesis", Досвід розробки та застосування приладо-технологічних САПР в мікроелектроніці. Матеріали VIII міжнародної науково-технічної конференції CADSM'2005. – Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2005 – 578 с., ISBN 966-553-431-9.
- Мінзюк В.В. "Модифікація методу порозрядного вирощування простих кон'юнктивних тернів булових функцій", Молодеж и современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций РТ-2006 [Текст] : материалы междунар. молодеж. науч.-технич. конф. студ., аспирантов и ученых, 17-21 апреля 2006 г. / науч. ред. Ю. Б. Гимпилевич ; Севастопольский национальный технический ун-т. – Севастополь : Изд-во СевНТУ, 2006. – 309 с.

- Пат. 149637 Україна. МПК H04B1/00 H04B1/04. Радіохвильовий сенсор / В. І. Оборжицький, В. Г. Сторож, Ю. М. Матієшин, В. Г. Протасевич, В. В. Мінзюк; заявник та власник патенту Національний університет "Львівська політехніка". – № u202103668 ; заявл. 25.06.2021 ; опубл. 24.11.2021, Бюл. № 47.

**Наукова (науково-технічна) продукція:** методи, теорії, гіпотези

**Соціально-економічна спрямованість:**

**Охоронні документи на ОПВ:**

Винаходи, корисні моделі, промислові зразки

1

**Впровадження результатів дисертації:** Впроваджено

**Зв'язок з науковими темами:** 0104U002291, 0108U000326

## **VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Рицар Богдан Євгенович

2. Bohdan Y. Rytsar

**Кваліфікація:** д. т. н., професор, 05.12.13

**Ідентифікатор ORCID ID:** Не застосовується

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Національний університет "Львівська політехніка"

**Код за ЄДРПОУ:** 02071010

**Місцезнаходження:** вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

## **VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів**

**Офіційні опоненти**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Козловський Валерій Валерійович

2. Valerii V. Kozlovskiy

**Кваліфікація:** д. т. н., професор, 05.12.13

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-8301-5501

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Національний авіаційний університет

**Код за ЄДРПОУ:** 01132330

**Місцезнаходження:** проспект Любомира Гузара, буд. 1, Київ, 03058, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Сайко Володимир Григорович

2. Volodymyr H. Saiko

**Кваліфікація:** д. т. н., професор, 05.12.02

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-3059-6787

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації імені Героїв Крут

**Код за ЄДРПОУ:** 24978555

**Місцезнаходження:** вул. Московська, буд. 45/1, Київ, 01011, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство оборони України

**Ідентифікатор ROR:**

**Рецензенти**

## VIII. Заключні відомості

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові  
голови ради**

Бобало Юрій Ярославович

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові  
головуючого на засіданні**

Климаш Михайло Миколайович

**Відповідальний за підготовку  
облікових документів**

Бешлей М.І.

**Реєстратор**

УкрІНТЕІ

**Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є  
відповідальним за реєстрацію наукової  
діяльності**



Юрченко Тетяна Анатоліївна