

Голові спеціалізованої вченої ради
Д 35.052.10 у Національному університеті
«Львівська політехніка»

79013, м. Львів, вул. С. Бандери, 12

ВІДГУК

офіційного опонента професора кафедри телекомунікаційних систем та мереж Військового інституту телекомунікацій та інформатизації імені Героїв Крут доктора технічних наук, професора Сайка Володимира Григоровича на дисертаційну роботу Мінзюка Вадима Володимировича за темою «Розроблення та дослідження оптимальних алгоритмів мінімізації булових функцій у довільному логіковому базисі для проектування цифрових комбінаційних пристроїв», подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.13 – «Радіотехнічні пристрої та засоби телекомунікацій»

Актуальність теми. Дисертаційна робота присвячена розробленню нових та удосконаленню відомих методів мінімізації булових функцій для проектування цифрових схем радіотехнічних пристроїв та засобів телекомунікацій, що є актуальною науково-технічною задачею, враховуючи тенденцію до зростання розмірності задач схемотехнічного проектування у зв'язку із зростанням ступеня інтеграції напівпровідникових виробів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Результати роботи відображені у науково-дослідних роботах Національного університету «Львівська політехніка» за темами: «Розробка макромоделей відмовостійких радіоелектронних засобів», «Алгоритми екстракції даних методами ієрархічної кластеризації для важко вирішуваних комбінаторних задач великої розмірності», а також в навчальному процесі кафедри радіоелектронних пристроїв та систем Національного університету «Львівська політехніка» в рамках навчальних

дисциплін «Цифрова схемотехніка» та «Програмно-апаратні засоби в телекомунікаціях та радіотехніці».

Оцінка змісту дисертаційної роботи, її завершеність. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку джерел посилання, додатків, що у загальному обсязі становить 201 сторінку, зокрема 167 сторінок основного тексту, 51 рисунок, 3 додатків та 112 найменувань джерел посилання. Дисертація написана українською мовою.

У **вступі** подано загальну характеристику роботи, обґрунтовано актуальність, сформульовано мету і задачі досліджень, відображено наукову новизну і практичну цінність отриманих результатів, наведено дані щодо їх апробації та впровадження.

У **першому розділі** проаналізовано літературні джерела за темою дисертаційної роботи, обґрунтовано вибір логікового базису, обрано для подальших досліджень один точний метод пошуку простих кон'юнктермів, один наближений метод пошуку простих кон'юнктермів та один евристичний метод покриття таблиці простих кон'юнктермів, виявлено недоліки та окреслено напрямки розвитку обраних методів.

У **другому розділі** дисертаційної роботи запропоновано способи зменшення обчислювальних витрат у задачах мінімізації булових функцій. Зокрема, розроблено числове подання кон'юнктермів, яке на противагу символічному поданню потребує менше комп'ютерної пам'яті, а операції із числами менше навантажують процесор ніж операції із символами. Також удосконалено процедуру спрощення символічних диз'юнктермів, метод побітового сортування чисел, розроблено процедуру ланцюгового покриття циклічної частини таблиці простих кон'юнктермів.

Третій розділ присвячений удосконаленню відомих та розробці нових алгоритмів мінімізації булових функцій. Зокрема, удосконалено алгоритм розчеплення кон'юнктермів, запропоновано алгоритм усунення неістотних змінних, удосконалено алгоритм порозрядного вирощування простих

кон'юнктернів, розвинуто алгоритм теоретико-множинної модифікації мінімаксного методу покриття булових функцій, розроблено алгоритм пошуку простих кон'юнктернів побітовим розбиттям множини кон'юнктернів.

У **четвертому розділі** на основі удосконалених та розроблених в третьому розділі алгоритмів реалізовано удосконалений метод розчеплення кон'юнктернів, удосконалений метод порозрядного вирощування простих кон'юнктернів, розвинуто теоретико-множинну модифікацію мінімаксного методу покриття булових функцій, уперше запропоновано метод мінімізації булових функцій побітовим розбиттям множини кон'юнктернів та покриттям ланцюгами. Також здійснено синтез перетворювача кодів за допомогою запропонованих методів.

У **висновках** сформульовано основні наукові результати.

У **додатках** наведено акти впровадження та використання результатів дисертаційного дослідження, блок-схеми методу розчеплення кон'юнктернів та блок-схему процедури зважування символічних диз'юнктернів.

Наукова новизна результатів дисертації, що виносяться на захист, полягає у наступному:

- уперше запропоновано метод мінімізації булових функцій побітовим розбиттям множини кон'юнктернів на основі розробленої модифікації побітового сортування зі склеюванням, що на відміну від існуючих дає змогу виявляти прості кон'юнктерни низького рангу без проміжних склеювань простим підрахунком кількості кон'юнктернів. Для пошуку тупикових диз'юнктивних нормальних форм запропоновано процедуру ланцюгового покриття множини простих кон'юнктернів, що дає змогу розбивати задачу покриття на декілька обчислювальних потоків;

- удосконалено метод порозрядного вирощування простих кон'юнктернів. Для цього використано розроблене маскове зображення замість псевдотрійкового, що дало змогу оперувати числовим поданням кон'юнктернів у підмножинах з однаковою маскою, введено поняття коду помітки множини кон'юнктернів для усічення трійкового дерева вирощування простих

кон'юнктернів, розроблено процедуру виявлення підмножин, елементи яких склеюються в один кон'юнктерн простим підрахунком кількості елементів одразу на етапі сортування по заданому біту, розширено область застосування методу на не повністю визначені функції;

- удосконалено метод побітового сортування множини цілих чисел, що позбавлена тавтології, шляхом підрахунку елементів підмножини у процесі сортування по заданому біту з номером n , що дає змогу виявити склеювання одержаної підмножини у кон'юнктерн і замінити процедуру сортування по решті бітів простим перерахунком від 0 до 2^n-1 . Крім того, оскільки певні методи мінімізації потребують попереднього сортування множини заданих кон'юнктернів, запропонована модифікація дає змогу одержати деякі імпліканти вже на етапі сортування;

- набув подальшого розвитку метод мінімаксного покриття у теоретико-множинній формі, а саме запропоновано упорядковувати символні диз'юнктерми за наростанням їх потужностей, тобто починаючи з мінімальної. Це пришвидшує процедуру спрощення сформованої множини за рахунок скорочення шляху пошуку спрощуваних диз'юнктернів.

Практичне значення одержаних результатів. Для проектування універсального сигнального перетворювача промислової автоматики у ТзОВ «Міта-Техніка» використано удосконалений метод розчеплення кон'юнктернів, що дало змогу додатково вивільнити 5% комірок ПЛІС, порівняно із результатом застосування інших відомих методів мінімізації. У Львівському центрі ІКД НАН та ДКА України із застосуванням методу мінімізації побітовим розбиттям множини кон'юнктернів спроектовано цифрову комбінаційну схеми на базі програмованої логікової інтегральної схеми для керування мережею радіохвильових сенсорів, виготовлено прототип. Експериментальне дослідження підтвердило точність реалізації заданих логікових функцій. У Національному університеті „Львівська політехніка” використано результати дисертаційної роботи для виконання держбюджетних науково-дослідних робіт держреєстр.

№ 0104U002291 та держреєстр. № 0108U000326. Результати досліджень також впроваджено у навчальному процесі кафедри радіоелектронних пристроїв і систем. Зазначені факти підтверджено відповідними актами впровадження та використання.

Повнота викладу результатів дисертації в опублікованих працях, їх апробація на конференціях та семінарах. Основні положення та результати дисертаційної роботи опубліковано у 18-ти наукових працях, з яких один патент на корисну модель, одна стаття у науковому фаховому виданні України, що індексується міжнародною науко-метричною базою SCOPUS, дев'ять статей у наукових фахових виданнях згідно з переліком МОН України (сім написані одноосібно), сім праць у матеріалах міжнародних науково-технічних конференцій, чотири з яких індексуються міжнародною науко-метричною базою SCOPUS, чотири написані одноосібно.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків, рекомендацій, їх достовірність. Основні наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані у дисертації, мають глибоку теоретичну обґрунтованість, що підтверджується коректністю постановки і розв'язанням завдань дослідження, чітким формулюванням мети. Достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації, обумовлена їх широкою апробацією на національному та міжнародному рівнях, підтверджується коректністю проведених аналітичних досліджень, застосуванням отриманих результатів у практичній діяльності, що підтверджують акти впровадження і використання, наведені у додатках.

Відповідність встановленим вимогам до оформлення дисертацій. Автореферат в цілому написаний у відповідності до існуючих вимог щодо кандидатських дисертацій, містить усі необхідні складові. У ньому викладена основна суть проведених досліджень, наведені висновки та список основних

публікацій. Порівняння змісту автореферату з текстом дисертації дає змогу стверджувати, що він адекватно відображає дисертаційну роботу і містить основну сутність виконаних досліджень та отриманих результатів.

Дисертація та автореферат написані українською мовою. Стиль викладення матеріалів відповідає загальноприйнятому для наукових видань. Дисертаційна робота є завершеним дослідженням. Вона містить вступ, чотири розділи, висновки, перелік джерел посилання, додатки. В роботі обґрунтована актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовані мета, задачі та наукова новизна досліджень, показані зв'язки із науковими програмами та планами, особистий внесок здобувача. Хотілося б відзначити структурованість роботи, чітке розділення досліджень на етапи, логічний зв'язок між ними, достатньо повне викладення суті та змісту проблемно-орієнтованих досліджень, що мають наукову та прикладну цінність. У цілому текст роботи викладений на високому науково-професійному рівні. Наукові положення, висновки та рекомендації викладено чітко, сприймаються однозначно. Оформлення дисертації та автореферату відповідає вимогам п.11 «Порядку присудження наукових ступенів» затвердженого постановою Кабінету міністрів України від 24 липня 2013 року № 567. Висновки охоплюють основні результати теоретичних та практичних досліджень. Структура та виклад дисертації достатньо повно та вичерпно подають виконані здобувачем дослідження.

Зауваження та недоліки

1. В темі дисертації окреслено можливість довільного вибору логікового базису, але немає власних досліджень в цьому напрямку. Лише згадано у першому розділі результати досліджень інших вчених.

2. Запропоноване маскове зображення мінтерма являє собою пару чисел замість одного числа у двійковому поданні, а значить удвічі зростає обсяг потрібної пам'яті для обчислень.

3. На рисунках 2.6, 2.7, 2.8 прикладу 2.4 варто було би обвести еліпсами поля, що складають "ланки" ланцюгового покриття. Це зробило би рисунки більш наочними та полегшило розуміння ідеї ланцюгового покриття.

4. У пункті 3.1.1 запропоновано способи виконання процедури розчеплення кон'юнктерів "вручну" із використанням вісімкової чи шістнадцяткової систем числення, але відсутнє їх порівняння та рекомендації, за яких умов яку з них обирати.

5. В роботі запропоновано розвиток теоретико-множинної модифікації мінімаксного методу покриття булових функцій, в основі якого лежать операції над символічними диз'юнктерами. З іншого боку автор стверджує, що числове подання кон'юнктерів призводить до менших обчислювальних витрат ніж символічне подання, і тому розробив і застосував маскове зображення кон'юнктерів. Виникає питання, чому не проводились розвідки щодо впровадження числового подання для мінімаксного методу покриття.

6. У розділі 4 для удосконаленого методу порозрядного вирощування та для методу мінімізації булових функцій побітовим розбиттям множини кон'юнктерів наведено приклади мінімізації не повністю визначеної булової функції, але немає прикладів для повністю визначеної функції. При цьому немає пояснень, чи будуть запропоновані методи такими ж ефективними для повністю визначених функцій.

Висновок

Дисертаційна робота Мінзюка Вадима Володимировича «Розроблення та дослідження оптимальних алгоритмів мінімізації булових функцій у довільному логіковому базисі для проектування цифрових комбінаційних пристроїв» є завершеним науковим дослідженням, що містить розв'язання актуальної науково-технічної задачі, в якій наведено результати досліджень починаючи з формулювання мети і задачі та завершуючи їх практичним використанням.

Вважаю, що дисертація Мінзюка Вадима Володимировича має важливе наукове та прикладне значення. Робота написана на високому науковому рівні, викладена логічно, із застосуванням наукової термінології.

Тематика і зміст дисертації повністю відповідають паспорту спеціальності 05.12.13 – «Радіотехнічні пристрої та засоби телекомунікацій» і профілю спеціалізованої вченої ради Д 35.052.10.

За актуальністю розглянутих питань, обсягом виконаних досліджень, теоретичною та практичною цінністю отриманих результатів, ступенем апробації та впровадженням дисертація відповідає вимогам «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету міністрів України № 567 від 24.07.2013 року (зі змінами, внесеними згідно з постановами КМУ № 656 від 19.08.2015 року, № 1159 від 30.12.2015 року, № 567 від 27.07.2016 року) та вимогам МОН України до авторефератів та кандидатських дисертацій.

Таким чином Мінзюк Вадим Володимирович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.13 – «Радіотехнічні пристрої та засоби телекомунікацій».

ОФІЦІЙНИЙ ОПОНЕНТ

доктор технічних наук, професор,
професор кафедри телекомунікаційних
систем та мереж
Військового інституту телекомунікацій
та інформатизації імені Героїв Крут

Володимир САЙКО

Підпис професора Сайка В.Г. засвідчую

Матеріал
на електронному
має



Горюхова