

УДК 004.312.2:621.3.049.77

О. М. ПАНАСКО<sup>1</sup>, С. В. БУРМІСТРОВ<sup>2,3</sup><sup>1</sup> Черкаський державний технологічний університет, Україна<sup>2</sup> Київський університет технологій та дизайну, Україна<sup>3</sup> Черкаський державний бізнес-коледж, Україна

## КОНЦЕПЦІЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ФОРМИ ПРЕДСТАВЛЕННЯ ЛОГІЧНИХ ФУНКЦІЙ ТА ПРОБЛЕМИ ЇЇ ВПРОВАДЖЕННЯ

В статті представлено концепцію оптимальної форми представлення логічних функцій як важливого напрямку структурного вдосконалення цифрових пристроїв на основі реалізації логічних функцій в альтернативних формах представлення. Дана концепція враховує різноманітні форми представлення логічних функцій, обумовлює високу ефективність застосування альтернативних форм представлення з точки зору параметрів структурної складності реалізації комбінаційних схем у порівнянні з традиційною класичною формою представлення. В статті окреслено чинники для подальшого вдосконалення концепції оптимальної форми представлення шляхом наповнення її новими науковими досягненнями, що дозволить повністю або частково зняти труднощі відносно впровадження оптимальної форми представлення в широку інженерну практику.

**Ключові слова:** логічні функції, форма представлення, оптимальна форма представлення, показники структурної складності реалізації, підмножини пріоритетів, диференціація логічних функцій.

### Вступ

Постійне вдосконалення технічних компонентів комп'ютерних систем ставить на меті впливати на показники якості відповідних об'єктів – підвищення їх швидкодії, зменшення габаритних параметрів, зниження енергоспоживання тощо. В цьому напрямку слід відзначити насамперед досягнення в області технологічного прогресу. Одночасно проводяться та інтенсивно розвиваються дослідження з теорії логічних функцій (ЛФ), що виступають основними математичними моделями пристроїв сучасної техніки. В цьому контексті визначальну роль відіграють роботи дослідників П. Бібіло, А. Шалито, А. Закревського, Ю. Кочкарьова, В. П. Супрун [1], С. Н. Конюшок [2]. Серед останніх досліджень в цій сфері слід відзначити роботи закордонних науковців Р. Wang, А. Е. А. Almaini, Т. Mizuki та інших. У зазначених роботах основна увага приділяється підходам щодо способів представлення логічних функцій, оскільки дослідження доводять залежність між структурною оптимізацією мікросхем та формами представлення логічних функцій.

В [3, 4] досліджується можливість застосування різних форм полярності вхідних змінних в формі Ріда-Мюллера та їх вплив на параметри реалізації мікросхем, зокрема, потужність та площу, а також пропонуються алгоритми перетворення між різними полярностями в задачах синтезу та оптимізації схем на основі зазначених форм.

В роботах [5, 6] продемонстрована можливість представлення логічних функцій в альтернативних формах представлення (ФП), характерною ознакою яких є поліноміальна сутність, що зводиться до представлення ЛФ у вигляді рядів (1) з відмінними від традиційної класичної ФП (КФП) способами додавання членів ряду – зокрема, для алгебраїчної форми (АФП) додавання здійснюється алгебраїчно з ваговими коефіцієнтами, а у випадку використання Ріда-Мюллерівської форми (РМФП) додавання ведеться за mod 2.

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) = \bigcup_{i=0}^{2^n-1} c_i s_i(x_i), \quad (1)$$

де  $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$  – логічна функція від  $n$  аргументів;

$\cup$  – позначення узагальненого додавання (до якого можна віднести відповідно логічне, алгебраїчне та Ріда-Мюллерівське тобто по mod 2 додавання);

$s_i(x_i)$  – функції, що являють собою повну базисну систему, здатну представити будь-яку ЛФ у вигляді ряду, в якому кількість членів ряду не перевищує  $2^n$ ;

$c_i$  – коефіцієнти, що відповідають тій чи іншій альтернативній формі представлення.

В [7, 8] було експериментально встановлено динаміку зміни потужності підмножин ЛФ, перспективних для альтернативних реалізацій. В роботах [9, 10] проведено дослідження впливу порозрядного інвертування вхідних аргументів логічних функцій

на параметри структурної складності реалізації дискретних пристроїв, а також розроблено підходи для визначення кількісних оцінок втрат від неоптимальності форм представлення логічних функцій.

Результати досліджень повних множин ЛФ від  $n$  аргументів  $L(n)$  довели, що традиційна КФП далеко не завжди забезпечує мінімальність показників структурної складності реалізації логічних функцій [5, 9], що робить актуальними подальші кроки у визначенні оптимальних форм представлення логічних функцій в задачах аналізу та синтезу дискретних пристроїв.

### Постановка задачі дослідження

В загальному випадку реалізація комбінаційної схеми для заданої логічної функції від  $n$  аргументів здійснюється деякою множиною варіантів так званих структур. Їх наявність обумовлена різними характеристиками, які в свою чергу істотно залежать від характеристик елементів, що застосовуються, вигляду структурної або схемної реалізації. В результаті утворюється наступна послідовність – логічна функція, комбінаційна схема (КС), деяка структура ( $C_k$ ) – ЛФ  $\rightarrow$  КС  $\rightarrow C_k$ , тобто КС, реалізуючи логічну функцію, в загальному випадку може мати  $k$  різних структур  $C_k$ .

В задачах аналізу та синтезу комбінаційних схем дискретних пристроїв необхідно здійснювати оцінку якості їх можливих структур, забезпечувати виявлення та вибір найбільш вдалих або оптимальних з них. В [3] для проведення якісної оцінки структур КС, обумовлених різними формами представлення логічних функцій, введені певні об'єктивні критерії, які використовуються в осередку виробників мікросхем, а також в даній роботі (табл. 1).

В роботах [5-10] наявність різних варіантів структур в першу чергу обумовлена існуванням традиційного класичного та так званих альтернативних – АФП та РМФП способів представлення ЛФ в КС. Відповідно термін «альтернативні форми представлення» в зазначених роботах означає способи представлення логічних функцій, що є відмінними від класичної реалізації ЛФ у вигляді об'єднання операцій диз'юнкцій, кон'юнкцій та заперечень над вхідними аргументами.

Дослідження повної множини ЛФ [5, 9] доводять, що деякі ЛФ реалізуються найбільш просто в одній ФП, і в той же час в інших формах потребують більш складних реалізацій. Наприклад, якщо розглянути найбільш просту для реалізації ЛФ – КФП за критеріями  $S_{sh}$ ,  $S_{ac}$  та  $S_l$  для  $F_c(x_1, x_2, \dots, x_n) = x_1 \vee x_2 \dots \vee x_n$ , значення параметрів будуть наступними  $S_{sh}=0$ ,  $S_l=n$ ,  $S_{ac}=0$ . В РМФП

ця ж функція має показники:  $S_{sh}=2^n-(n-1)$ ,  $S_l=n2^{n-1}$ ,  $S_{ac}=n(2^{n+1}-2n-2)$ .

Таблиця 1

Параметри структурної складності реалізації логічних функцій

Параметр	Пояснення
$S_{ad}$	кількість доданків в запису ЛФ, яка визначає кількість виходів ПЛМ1 (підматриці формування кон'юнкцій) та кількість входів підматриці додавання кон'юнкцій ПЛМ2;
$S_{sh}$	кількість доданків в запису ЛФ, що являють собою фактичні кон'юнкції вхідних аргументів, яка визначає кількість потрібних лінійок в ПЛМ1;
$S_l$	кількість букв в запису ЛФ, яка являється класичним критерієм порівняння при мінімізації ЛФ;
$S_s$	габаритна площа ПЛМ1 в умовних одиницях, яка визначається як: $S_s=2nS_{ad}$ – для КФП; $S_s=nS_{ad}$ – для АФП та РМФП, де $n$ – кількість вхідних аргументів ПЛМ1;
$S_{ac}$	площа активних елементів ПЛМ1, яка визначається як $S_{ac}=2nS_{sh}$ – для КФП; $S_{ac}=nS_{sh}$ – для АФП та РМФП.

**Метою даної роботи** є окреслення концепції оптимальної форми представлення (ОФП) ЛФ в проблемі вдосконалення технічних компонентів комп'ютерних систем, яка полягає в реалізації ЛФ в найбільш доцільній для неї ФП з точки зору забезпечення мінімальності параметрів складності реалізації ЛФ, аналізу перспектив та стримуючих факторів щодо застосування концепції ОФП в широкій інженерній практиці.

### Викладення основного матеріалу

Для визначення ефективності застосування класичної та альтернативних ФП ЛФ від  $n$  змінних на основі АФП та РМФП в [5] було сформовано бази даних MINFORM\_X  $L(n)$  для  $2 \leq n \leq 4$  та проведено каталогізацію відповідних повних множин логічних функцій, що відіграло вагомий роль в теоретичному та практичному сенсі, оскільки БД MINFORM\_X сприяють систематизованому вивченню структури множин  $L(n)$  в діапазоні  $n \leq 4$ . Вони виступають інформаційною основою для рішення широкого спектру наукових та практичних задач, зокрема, розробки конструктивної класифікації ЛФ, дослідження природи приналежності ЛФ до відповідних підмножин пріоритетів (ПП), виявлення характерних структур ЛФ, що обумовлюють прина-

лежність ЛФ до різноманітних ПП, розробки нових форм представлення ЛФ зі спільним використанням КФП, АФП та РМФП, статистичного тестування відомих та нових методів мінімізації ЛФ.

В [5] було експериментально встановлено диференціацію повної множини ЛФ  $L(n)$  з ростом кількості аргументів на так звані підмножини пріоритетів за вищевказаними критеріями. Елементами підмножини пріоритетів є визначені ЛФ, для яких найбільш доцільною є та чи інша ФП або, можливо, їх комбінація.

Структуру множин  $L(n)$  демонструє діаграма Венна на рис. 1, в якій К означає підмножину ЛФ, для реалізації яких найбільш доцільна КФП; А та Р – підмножини, для реалізації яких найбільш доцільні АФП і РМФП відповідно. Перетини основних підмножин є проміжними підмножинами пріоритетів, зокрема КА – підмножина ЛФ, для яких з однаковою мірою доцільні як КФП, так і АФП; КР – аналогічно для КФП та РМФП; АР – аналогічно для АФП та РМФП; КАР – аналогічно для КФП, АФП та РМФП.

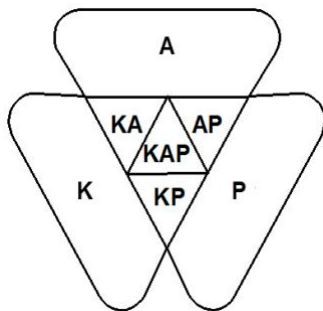


Рис. 1. Структура  $L(n)$  за підмножинами пріоритетів

Границі вказаних підмножин зміщуються залежно від обраного для оцінки ефективності ФП критерія, але в цілому, ситуація поділу  $L(n)$  на ПП зберігається. В [5] встановлено, що зі зростанням кількості аргументів  $n$ , диференціація  $L(n)$  на підмножини ПП, зростає.

Це, зокрема, виражається в зростанні потужностей чистих підмножин пріоритетів альтернативних ФП – АФП та РМФП, зниженні питомої ваги проміжних підмножин зі збільшенням  $n$ , що підтверджується даними, наведеними в [5] для  $L(2) - L(4)$ .

В роботах [9–11] запропоновано ортогональну ФП ЛФ (ОРФП) в рамках розширення спектру існуючих альтернативних ФП ЛФ. Для даної ФП характерною є декомпозиція вхідних аргументів ЛФ на інформативну  $X_Q$  та базисну  $X_\Phi$  підмножини з потужностями  $k$  та  $n-k$  відповідно. Аргументи  $X_\Phi$  утворюють ортогональні базисні функції, серед яких лише одна приймає значення, відмінне від нульового на будь-якому наборі вхідних аргументів. Аналі-

тична форма представлення логічної функції в ОРФП має вигляд

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) = \bigvee_{i=0}^{2^{n-k}-1} Q_i \Phi_i, \quad (2)$$

де  $k$  – кількість інформативних аргументів підмножини  $X_Q$ ;

$Q_i$  – інформативні функції, утворені аргументами  $X_Q$ ;

$\Phi_i$  – базисні функції, утворені аргументами  $X_\Phi$  потужністю  $n-k$ .

Інформативні функції виступають в ролі вагових коефіцієнтів для базисних функцій, на які накладається вимога взаємної ортогональності.

ОРФП є багатоваріантною формою, що визначається кількістю інформативних аргументів та розподілом вхідних змінних на підмножини  $X_Q$  та  $X_\Phi$ . Частковий випадок ОРФП при  $k=0$  відповідає загальновідомій класичній формі представлення.

З урахуванням появи нової ОРФП ЛФ структуру множин  $L(n)$  (рис. 2) демонструє модифікована діаграма Венна, в якій К, А, Р, О означають чисті підмножини пріоритетів ЛФ, для реалізації яких найбільш доцільна тільки одна з зазначених форм – КФП, АФП, РМФП або ОРФП. Проміжні підмножини пріоритетів представлені ЛФ, для яких рівнозначно доцільними з точки зору параметрів структурної складності реалізації є більше ніж одна ФП з множини {КФП, АФП, РМФП та ОРФП}, відповідно КА, КР, АР, КАР, КО, АО, КАРО та інші.

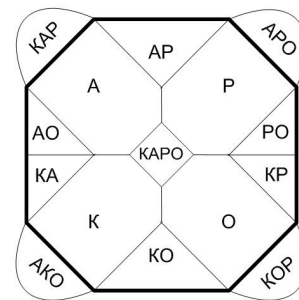


Рис. 2. Структура  $L(n)$  за підмножинами пріоритетів з урахуванням ОРФП ЛФ

В даній роботі великий інтерес представляє так звана оптимальна форма представлення (ОФП) ЛФ, яка відноситься до класу кватернарних ФП, тобто таких ФП, в яких залежно від характеру ЛФ, що реалізується, може бути використана одна з чотирьох ФП – КФП, АФП, РМФП і ОРФП. Поява в полі зору ОФП закладає об'єктивні основи для прийняття концепції ОФП, наукова і практична сутність якої полягає в тому, що для кожної ЛФ, доцільно обирати таку ФП, в якій задана ЛФ реалізується найбільш просто.

Концепція ОФП виступає новим та важливим для науки і практики підходом до структурного вдосконалення технічних компонентів комп'ютерних систем та об'єктом досліджень, вимагає рішення нових пов'язаних з нею задач (рис. 3), серед яких на даний час найбільш актуальними являються:

- розробка ефективних методів мінімізації ЛФ в альтернативних ФП;
- розробка ефективних схемотехнічних реалізацій ЛФ в цих ФП;
- розробка нової організації системи логічного проектування цифрових блоків з урахуванням наявності більше ефективних, ніж КФП, альтернативних ФП;
- пошук та оцінка ефективності нових, невідомих на даний момент ФП.

Експериментально визначено питомий склад підмножин пріоритетів  $L(n)$  при  $n = \overline{3,5}$  для нової диференціації повних множин  $L(n)$  (табл. 2, табл. 3) з урахуванням ОРФП ЛФ за найбільш суттєвим показником структурної складності реалізації  $S_s$ . Не зважаючи на потужний потенціал оптимальної форми представлення, її застосування на даний момент обмежується рядом факторів.

Насамперед, це відсутність достатньої поінформованості широких кіл виробників інтегральних мікросхем про можливості альтернативних ФП, а

також сталого досвіду їх використання, простота та мінімальність елементної бази класичної форми представлення, які спричиняють суб'єктивні причини для виробників поки що утримуватись від впровадження концепції ОФП в широкій інженерній практиці, тобто на даний момент застосування АФП, РМФП та ОРФП.

Слід відзначити, що використання альтернативних форм представлення в задачах синтезу комбінаційних схем та цифрових автоматів вимагає суттєвих змін сталих поглядів, що десятиліттями формувалися в сфері логічного проектування і на це потрібен відповідний час.

Стимулюючим фактором щодо широкого впровадження альтернативних форм в розробці інтегральних схем технічних компонентів є практична відсутність поінформованості щодо обсягу статистичних втрат від використання виключно КФП [9].

Оскільки альтернативні форми представлення є порівняно новими в порівнянні з КФП, вони вимагають нових рішень в області відповідних схемотехнічних реалізацій. Деяким стимулюючим фактором для впровадження концепції ОФП є також вузкість гами методів мінімізації ЛФ в альтернативних формах представлення, які повинні бути реалізовані в програмних пакетах для проектувальників і розробників інтегральних схем технічних компонентів [12].

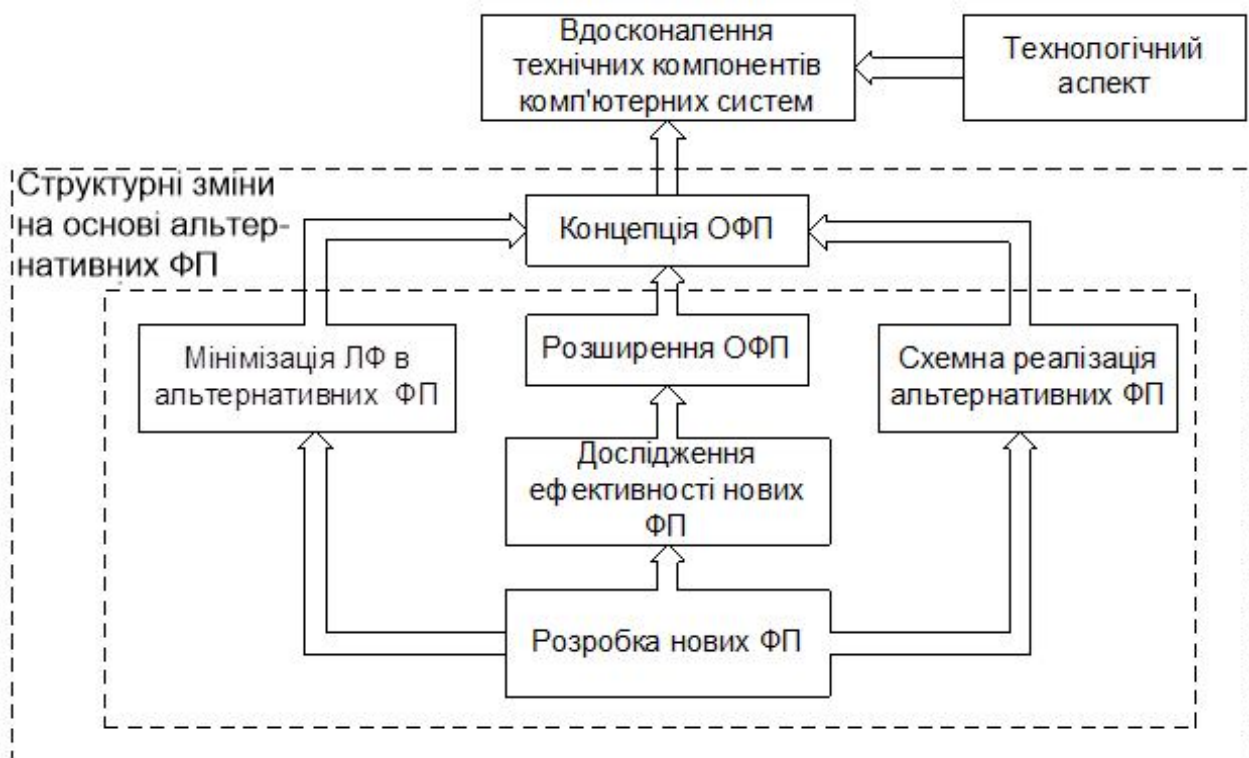


Рис. 3. Напрямки досліджень у зв'язку із появою «концепції ОФП»

Таблиця 2

Склад L(n) для чистих підмножин пріоритетів за показником S<sub>s</sub>

N	Абсолютний та відносний вміст чистих підмножин пріоритетів				
	K	A	P	O	Всього
L(3)	–	<u>48</u> (18,7)	<u>64</u> (25)	<u>6</u> (2,3)	<u>118</u> (46)
L(4)	–	<u>20296</u> (31)	<u>24494</u> (37,4)	<u>1256</u> (1,92)	<u>46046</u> (70,26)
L(5)	<u>511</u> (0,78)	<u>8500</u> (8,4)	<u>44594</u> (68)	<u>7543</u> (11,5)	<u>61148</u> (88,7)

Таблиця 3

Склад L(n) для проміжних підмножин пріоритетів за показником S<sub>s</sub>

	Абсолютний та відносний вміст проміжних підмножин пріоритетів											
	KA	KP	KO	AP	AO	PO	KAP	KAO	KPO	APO	KAPO	Всього
L(3)	–	–	–	<u>132</u> (51,6)	–	–	<u>1</u> (0,4)	–	–	–	<u>5</u> (2)	<u>138</u> (54)
L(4)	–	–	–	<u>16248</u> (24,8)	<u>480</u> (0,73)	<u>544</u> (0,83)	–	<u>72</u> (0,11)	–	<u>1841</u> (2,81)	<u>304</u> (0,46)	<u>19489</u> (29,7)
L(5)	<u>95</u> (0,14)	<u>405</u> (0,61)	<u>391</u> (0,6)	<u>3130</u> (4,8)	<u>279</u> (0,42)	<u>1987</u> (3)	87 (0,13)	<u>88</u> (0,13)	498 (0,76)	<u>315</u> (0,48)	<u>113</u> (0,17)	<u>7388</u> (11,3)

I, нарешті, поки що відсутнє виробниче підгрунтя серед фірм-виробників мікросхем, що давало б можливість опціонно використовувати альтернативні форми представлення ЛФ, зокрема, на даний час поки що практично відсутні мікросхеми для оптимальної форми реалізації логічних функцій.

## Висновки

В статті розглянута концепція ОФП, яка враховує різноманітні ФП при реалізації логічних функцій та є ефективною з точки зору параметрів структурної складності реалізації ЛФ у комбінаційних схемах, намічено шляхи для подальшого вдосконалення концепції ОФП шляхом наповнення її новими науковими досягненнями, що дозволить повністю або частково зняти труднощі відносно впровадження оптимальної ФП в широку інженерну практику.

## Література

1. Дьяченко, В. В. Минимизация симметрических булевых функций в классе полиномов Руда – Маллера [Текст] / В. В. Дьяченко, В. П. Супрун // Дискретная математика, алгебра и их приложения: тез. докл. Междунар. науч. конф., 14–18 сентября 2015 г., – Минск, 2015. – С. 98-100.
2. Алексейчук, А. Н. Алгебраически вырожденные приближения булевых функций [Текст] / А. Н. Алексейчук, С. Н. Конюшок // Кибернетика и системный анализ. – 2014. – Т. 50, № 6. – С. 3-14.
3. Conversion algorithm for MPRM expansion [Text] / P. Wang, Z. Wang, R. Xu, Z. Jiang, D. Wang // Journal of Semiconductor, Institute of Circuits and Systems, Ningbo University, Ningbo, China. – 2014. – Vol. 35, No. 3. – P. 150-155.

4. He, Z. A power and area optimization approach of mixed polarity Reed-Muller expression for incompletely specified Boolean functions [Text] / Z. He, L. Xiao, L. Ruan // Journal of computer science and technology. – 2017. – Vol. 32, No. 2. – P. 297 – 311. doi: 10.1007/s11390-017-1723-1.

5. Кочкарев, Ю. Классические и альтернативные минимальные формы логических функций. Каталог – справочник [Текст] : монография / Ю. Кочкарев, Н. Казаринова, Н. Пантелеева // Институт проблем моделирования в энергетике им. Г. Е. Пухова, Черкасский институт управления. – Черкассы, 1999. – 195 с.

6. Кочкарев, Ю. А. Оптимизация структуры цифровых устройств с помощью объединения классических и неклассических форм [Текст] / Ю. А. Кочкарев, Н. Н. Пантелеева, Н. Л. Казаринова // Электроника и связь. – 2002. – № 14. – С. 106 – 108.

7. Кочкарев, Ю. А. Динамика изменения мощности подмножеств логических функций, перспективных для альтернативных реализаций [Текст] / Ю. А. Кочкарев, Н. Н. Пантелеева // Электроника и связь. – 2001. – № 11. – С. 81 – 86.

8. Кочкарев, Ю. А. Совершенствование структуры аппаратных средств обработки сигналов на основе мультиформного представления логических функций [Текст] / Ю. А. Кочкарев, Е. Н. Панаско, С. А. Шақун // Электроника и связь. – Киев, 2006. – № 1. – С. 82 - 86.

9. Кочкарев, Ю. А. Статистическая оценка потерь от неоптимальности формы представления логических функций [Текст] / Ю. А. Кочкарев, Е. Н. Панаско, Н. С. Кучерова // Збірник наукових праць Національного гірничого університету. – Дніпропетровськ, 2009. – № 32. – С. 171-177.

10. Кочкарев, Ю. А. Оценка эффективности применения поразрядного инвертирования входных переменных при оптимизации структуры цифровых

блоков [Текст] / Ю. А. Кочкарев, Е. Н. Панаско // *Прикладная радиоэлектроника*. – 2010. – Том 9, № 2. – С. 295-297.

11. Kochkarev, Y. A. *Orthogonal forms of presentation of boolean functions in device blocks* [Text] / Y. A. Kochkarev, I. I. Osipenkova, E. N. Panasko // *Датчики, приборы и системы ДПС – 2009 : материалы международной научно-технической конференции*. – Ялта, 2009. – С. 39-42.

12. Кочкарев, Ю. А. *Возможности реализации логических функций в ортогональной форме представления* [Текст] / Ю. А. Кочкарев, Е. Н. Панаско, И. В. Синько // *Вісник Черкаського державного технологічного університету*. – Черкаси : ЧДТУ, 2011. – № 1. – С. 45 – 49.

13. Панаско, О. М. *Дослідження ефективності ортогональної форми представлення логічних функцій* [Текст] / О. М. Панаско // *Вісник Черкаського державного технологічного університету. Серія «Комп'ютерні мережі і компоненти, приладобудування»*. – Черкаси : ЧДТУ, 2013. – № 4. – С. 7 – 13.

14. Панаско, О. М. *Пошук однакових фрагментів при мінімізації логічних функцій в ортогональній реалізації* [Текст] / О. М. Панаско // *Радіоелектронні і комп'ютерні системи*. – 2014. – № 1 (65). – С. 92 – 97.

## References

1. D'yachenko, V. V., Suprun, V. P. *Minimizatsiya simmetricheskikh bulevykh funktsii v klasse polinomov Rida – Malleri* [Minimization of symmetric Boolean functions in the class of Reed-Muller polynomials]. *Dyskretnaya matematika, algebra y ykh prylozheniya: tez. dokl. Mezhdunar. nauch. konf.* [International Scientific Conference Discrete mathematics, algebra and their applications]. Mynsk, 2015, pp. 98-100.

2. Alekseichuk, A. N., Konyushok, S. N. *Algebraicheski vyzrozhdennye priblizheniya bulevykh funktsii* [Algebraically degenerate approximations of Boolean functions]. *Kibernetika i sistemnyy analiz*, 2014, vol. 50, no. 6, pp. 3-14.

3. Wang, P., Wang, Z., Xu, R., Jiang, Z., Wang, D. *Conversion algorithm for MPRM expansion*. *Journal of Semiconductor, Institute of Circuits and Systems*, Ningbo University, Ningbo, China, 2014, vol. 35, no. 3, pp. 150-155.

4. He, Z., Xiao L., Ruan, L. *A power and area optimization approach of mixed polarity Reed-Muller expression for incompletely specified Boolean functions*. *Journal of computer science and technology*, 2017, vol. 32, no. 2, pp. 297 – 311. doi: 10.1007/s11390-017-1723-1.

5. Kochkarev, Yu., Kazarinova, N., Panteleeva, N. *Klassicheskie i al'ternativnye minimal'nye formy logicheskikh funktsii. Katalog – spravochnik : monografiya* [Classical and alternative minimal forms of logical functions]. Institut problem modelirovaniya v jenergetike im. G. E. Puhova, Cherkassy, Cherkasskij institut upravleniya Publ., 1999. 195 p.

6. Kochkarev, Yu. A., Panteleeva, N. N., Kazarinova, N. L. *Optimizatsiya struktury tsifrovyykh ustroystv s pomoshch'yu ob'edineniya klassicheskikh i neklassicheskikh form* [Optimizing the structure of digital devices by combining classical and non-classical forms]. *Elektronika i svyaz'*, 2002, no. 14, pp. 106 – 108.

7. Kochkarev, Yu. A., Panteleeva, N. N. *Dinamika izmeneniya moshchnosti podmnozhestv logicheskikh funktsii, perspektivnykh dlya al'ternativnykh realizatsii* [Dynamics of the change in the power of subsets of logical functions that are promising for alternative realizations]. *Elektronika i svyaz'*, 2002, no. 11, pp. 81 – 86.

8. Kochkarev, Yu. A., Panasko, E. N., Shakun, S. A. *Sovershenstvovanie struktury apparatnykh sredstv obrabotki signalov na osnove mul'tiformnogo predstavleniya logicheskikh funktsii* [Perfection of the structure of signal processing hardware based on the multiform presentation of logical functions]. *Elektronika i svyaz'*, no. 1, 2006, pp. 82 - 86.

9. Kochkarev, Yu. A., Panasko, E. N., Kucherova, N. S. *Statisticheskaya otsenka poter' ot neoptimal'nosti formy predstavleniya logicheskikh funktsii* [Statistical estimation of losses from non-optimal form of representation of logical functions]. *Zbirnyk naukovykh prats' Natsional'noho hirnychoho universytetu*, Dnipropetrovsk, 2009, no. 32, pp. 171-177.

10. Kochkarev, Yu. A., Panasko, E. N. *Otsenka effektivnosti primeneniya porazryadnogo invertirovaniya vkhodnykh peremennykh pri optimizatsii struktury tsifrovyykh blokov* [Estimation of the efficiency of application of bitwise inverting of input variables while optimizing the structure of digital blocks]. *Prikladnaya radioelektronika*, 2010, vol. 9, no. 2, pp. 295-297.

11. Kochkarev, Y. A., Osipenkova, I. I., Panasko, E. N. *Orthogonal forms of presentation of boolean functions in device blocks*. *Datchiki, pribory i sistemy DPS – 2009 : materialy mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii*, Yalta, 2009, pp. 39-42.

12. Kochkarev, Yu. A., Panasko, E. N., Sin'ko, I. V. *Vozmozhnosti realizatsii logicheskikh funktsii v ortogonal'noi forme predstavleniya* [The possibilities of implementing logical functions in the orthogonal form of representation]. *Visnyk Cherkas'koho derzhavnoho tekhnolohichnoho universytetu*. Cherkasy, ChDTU Publ., 2011, no. 1, pp. 45 - 49.

13. Panasko, O. M. *Doslidzhennya efektyvnosti ortogonal'noyi formy predstavleniya lohichnykh funktsiy* [Doslidzhennya effektivnosti ortogonalnogo form represented by logistic functions]. *Visnyk Cherkas'koho derzhavnoho tekhnolohichnoho universytetu*, Cherkasy, ChDTU Publ., 2013, no. 4, pp. 7 – 13.

14. Panasko, O. M. *Poshuk odnakovykh frahmentiv pry minimizatsiyi lohichnykh funktsiy v ortogonal'niy realizatsiyi* [Search of identical fragments at minimization of logical functions in the orthogonal implementation]. *Radioelektronni i komp'uterni sistemi - Radioelectronic and computer systems*, 2014, no. 1 (65), pp. 92 –97.

*Поступила в редакцію 29.01.2018, рассмотрена на редколлегии 14.02.2018*

## **КОНЦЕПЦИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ ФОРМЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ И ПРОБЛЕМЫ ИХ ВНЕДРЕНИЯ**

*Е. Н. Панаско, С. В. Бурмистров*

В статье представлена концепция оптимальной формы представления (ОФП) логических функций (ЛФ) как важное направление структурного совершенствования дискретных устройств на основе реализации логических функций в альтернативных формах представления. Существование концепции ОФП, которая учитывает различные формы представления, обуславливает высокую эффективность применения альтернативных форм представления ЛФ с точки зрения параметров структурной сложности реализации комбинационных схем по сравнению с традиционной классической ФП. В статье очерчены факторы для дальнейшего совершенствования концепции ОФП путем наполнения ее новыми научными достижениями, что позволит полностью или частично снять трудности относительно внедрения оптимальной ФП в широкую инженерную практику.

**Ключевые слова:** логические функции, форма представления, оптимальная форма представления, показатели структурной сложности реализации, подмножества приоритетов, дифференциация логических функций.

## **CONCEPTION OF THE OPTIMAL FORM OF THE LOGICAL FUNCTIONS PRESENTATION AND PROBLEMS OF ITS IMPLEMENTATION**

*E. N. Panasko, S. V. Burmistrov*

In scientific publications and conducted studies, the possibility of representing logical functions (LF) in alternative forms of representation is demonstrated, the characteristic feature of which is a polynomial entity, which reduces to the representation of LF in the form of series different from the traditional classical representation by adding members of a series - in particular, for an algebraic form, the addition is carried out algebraically with weight coefficients, and in the case of the use of the Reed-Muller form addition is made for mod 2. The results of complete sets of logical functions studies proved that the traditional classical form does not always ensure the minimality of indicators for the structural complexity of the logical functions implementation, which makes relevant further steps in determining the optimal forms for representing logical functions in the problems of discrete devices analysis and synthesis. The implementation of the combination scheme for a given logical function from  $n$  arguments is carried out by some set of variants of structures. In problems of analysis and synthesis of combinational circuits of discrete devices it is necessary to evaluate the quality of their possible structures, to provide identification and selection of the most successful or optimal ones. The concept of the logical functions optimal form of representation is presented in the article as an important direction of structural perfection of discrete devices on the basis of their logical functions realization in alternative forms of representation. The existence of the OFR-concept, which takes into account different forms of representation, makes it highly efficient to use alternative forms of logical functions representation from the point of the structural complexity parameters of the combinational schemes implementation in comparison with traditional classical form. The article outlines the factors for the further improvement of the OFR-concept by filling it with new scientific achievements, which will allow to completely or partially remove difficulties with the introduction of the optimal FR into broad engineering practice.

**Keywords:** logical functions, presentation form, optimal form of representation, indicators of structural complexity of implementation, subsets of priorities, differentiation of logical functions.

**Панаско Олена Миколаївна** – канд. техн. наук, доц. каф. інформатики, інформаційної безпеки та документознавства, ЧДТУ, Черкаси, Україна, e-mail: lena.pa@ukr.net.

**Бурмістров Сергій Владиславович** – канд. техн. наук, доц. каф. інформаційних та інноваційних технологій Київського університету технологій та дизайну, Черкаси, викл. ЧДБК, Черкаси, Україна, e-mail: sergijburmistrov@yandex.ua.

**Panasko Elena Nikolaevna** – PhD, associate professor of Informatics, Information Security and Documentation Department, Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine, e-mail: lena.pa@ukr.net.

**Burmistrov Sergey Vladislavovich** – PhD, associate professor of Information and Innovative Technologies Department of the Kyiv University of Technology and Design, a teacher of Cherkasy State Business College, Cherkassy, Ukraine, e-mail: sergijburmistrov@yandex.ua.