

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧЕРКАСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЗУБКО ІГОР АНАТОЛІЙОВИЧ

УДК 004.383

**УДОСКОНАЛЕННЯ МОДЕЛЕЙ І МЕТОДУ ПІДВИЩЕННЯ
ЕФЕКТИВНОСТІ КОМПОНЕНТІВ ФУНКЦІОНАЛЬНО-ОРІЄНТОВАНИХ
СИСТЕМ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Черкаси – 2019

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Черкаському державному технологічному університеті Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник:

доктор технічних наук, професор
Лукашенко Валентина Максимівна,
Черкаський державний технологічний
університет, завідувач кафедри
робототехніки та спеціалізованих
комп'ютерних систем

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор
Мусієнко Максим Павлович,
Чорноморський національний університет
ім. Петра Могили, професор кафедри
комп'ютерної інженерії

доктор технічних наук, професор
Дрозд Олександр Валентинович,
Одеський національний політехнічний
університет, професор кафедри
комп'ютерних інтелектуальних систем і
мереж

Захист відбудеться "31" травня 2019 р. о 14⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 73.052.04 Черкаського державного технологічного університету за адресою: 18006, м. Черкаси, бул. Шевченка, 460.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Черкаського державного технологічного університету за адресою: 18006, м. Черкаси, бул. Шевченка, 460.

Автореферат розісланий "26" квітня 2019 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради

Е. В. Фауре

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. При побудові нових систем спеціального призначення на них часто накладаються обмеження, пов'язані з обчислювальною потужністю, об'ємами пам'яті, енергоспоживанням і надійністю. Підвищення ефективності компонентів таких систем дозволяє отримати рішення, що забезпечують підвищену швидкодію, покращену енергоефективність, зменшення кількості елементів пам'яті і підвищення надійності функціонально-орієнтованої системи в цілому. Це забезпечить прогресивний розвиток усіх галузей, де будуть використовуватись такі рішення.

Питанням розробки обчислювачів спеціального призначення та систем з їх використанням присвячена низка праць, зокрема В. Д. Байкова, А. В. Борескова, А. І. Борзенко, І. А. Дичка, В. А. Лужецького, В. М. Лукашенко, С. А. Полетаєва, В. Д. Пузанкова, К. Г. Самофалова, В. Б. Смолова, А. П. Стахова, В. П. Тарасенка та ін., але питання підвищення швидкодії, енергоефективності та надійності обчислювачів спеціального призначення заслуговують додаткових досліджень.

Тому тема дисертаційного дослідження, пов'язана з удосконаленням методів та моделей для підвищення ефективності компонентів функціонально-орієнтованих систем на основі інтеграції перетворювачів інформації для збільшення швидкодії, підвищення надійності та енергоефективності в обчислювачах спеціального призначення, є актуальною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Напрямок дослідження дисертації пов'язаний з тематиками бюджетних науково-дослідних робіт Черкаського державного технологічного університету: «Методи, моделі при обробці інтелектуальних, інформаційних технологій для високоефективних обчислювальних та локальних підсистем управління в проблемно-орієнтованих системах» (№ д.р. 0106U004501); «Моделі локальних підсистем керування лазерним випромінюванням для рішення траєкторних задач на базі таблично-алгоритмічних методів апаратурної реалізації в проблемно-орієнтованих системах» № д.р. 0109U002739); «Таблично-алгоритмічні методи, моделі сопроцесорів та компонентів в мікропроцесорних системах керування для спеціалізованих лазерних технологічних комплексів» (№ д.р. 0111U002934); «Базові компоненти мікропроцесорних систем керування лазерними технологічними комплексами на основі таблично-алгоритмічних методів, моделей та теорії неповної подібності» (№ д.р. 0113U003345), у яких автор був виконавцем.

Мета і завдання дослідження. Метою дисертаційного дослідження є підвищення швидкодії та надійності функціонально-орієнтованих комп'ютерних

систем спеціального призначення шляхом застосування удосконалених моделей і методів при побудові спеціалізованих пристроїв переробки інформації.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- удосконалити модель перетворення двійкового коду в однополярні коди Баркера для розширення її функціональних можливостей;
- удосконалити модель обчислювача на основі кусково-лінійної апроксимації для роботи в умовах обмежень на час виконання операції;
- удосконалити модель обчислювача спеціального призначення на основі цифро-аналогових перетворень для забезпечення надійності прецизійного обладнання за мінімальної кількості активних елементів;
- розвинути метод удосконалення проектування багатокomпонентних дискретних пристроїв для збільшення тривалості експлуатації.

Об'єкт дослідження – процеси обробки інформації в функціонально-орієнтованих системах спеціального призначення.

Предмет дослідження – удосконалення моделей і методу підвищення ефективності компонентів функціонально-орієнтованих систем спеціального призначення.

Методи дослідження – для вирішення поставлених в дисертації задач використовувалися наступні методи: системного аналізу (для аналізу методів та моделей створення спеціалізованих обчислювачів), візуалізації (для відображення отриманих результатів), таблично-алгоритмічні (для відтворення функцій обчислювачів), теорії алгоритмів (для розробки алгоритмів); теорії розмірностей (для розрахунку критеріїв якості); теорії алгебри логіки (для визначення логіко-математичної моделі). При створенні фізичної моделі дослідження компонента спеціального призначення використані методи функціонального, схемотехнічного, фізичного моделювання. Для верифікації запропонованого перетворювача спеціального призначення використано теорію експерименту при проведенні експериментальних досліджень.

Наукова новизна одержаних результатів. У процесі вирішення поставлених задач автором отримано такі наукові результати:

- удосконалено модель перетворювача двійкового коду в однополярні коди Баркера на основі коригуючих констант шляхом інтеграції в неї функції перетворення однополярних кодів Баркера в двійковий код, що забезпечує розширення функціональних можливостей за рахунок оберненого перетворення, а також підвищення надійності функціонування за рахунок зменшення апаратної складності;

- удосконалено модель обчислювача спеціального призначення на основі кусково-лінійної апроксимації сигналів управління шляхом збільшення швидкості реалізації функції керування за рахунок зменшення часу перехідних процесів, що

забезпечує підвищення точності при управлінні технологічними процесами;

- отримала подальший розвиток модель обчислювача спеціального призначення на основі цифро-аналогових перетворень шляхом кусково-лінійної апроксимації сигналів управління, що забезпечило розширення функціональних можливостей обчислювача та підвищення надійності управління технологічними процесами;

- отримав подальший розвиток метод удосконалення проектування багатокomпонентних дискретних пристроїв, шляхом виявлення енергоперевантажених компонентів, що забезпечує підвищення надійності та збільшення часу експлуатації таких пристроїв.

Практичне значення отриманих результатів. Практична цінність результатів полягає в доведенні отриманих наукових результатів до конкретних інженерних рішень:

- підвищено швидкодію обчислювача спеціального призначення на основі кусково-лінійної апроксимації сигналів управління шляхом збільшення швидкості реалізації функції керування за рахунок зменшення часу перехідних процесів в $2 \cdot 10^3$ рази;

- при виконанні запропонованих моделей обчислювачів спеціального призначення в єдиному кристалі, їх надійність підвищується в $10^3 \cdot 10^4$ разів;

- на підставі удосконаленого методу розроблений алгоритм виявлення тенденцій проектування багатокomпонентних дискретних пристроїв за основними елементами, що дозволяє підвищити їх надійність;

- розроблено методику верифікації працездатності запропонованого перетворювача, яка включає створене алгоритмічне та програмне забезпечення, що дозволило виконати синтез пристроїв дослідної установки для дослідження запропонованого перетворювача шляхом апаратурного моделювання.

Наукова й інженерно-технічна новизна результатів і досліджень підтверджується публікаціями і патентами України. Теоретичні та практичні результати дослідження прийняті для впровадження: на НВК «Фотоприлад» (м. Черкаси) (акт впровадження від 15.03.14); в Інституті енергетики Академії наук Молдови (акт впровадження від 16.12.2015); в ТОВ «Darkside» (м. Черкаси) (акт впровадження від 25.01.18); у навчальному процесі Черкаського державного технологічного університету на кафедрі робототехніки та спеціалізованих комп'ютерних систем (акт впровадження від 28.03.2018).

Особистий внесок здобувача. Теоретичні результати дисертаційного дослідження, що виносяться на захист, отримані автором особисто. У друкованих працях, опублікованих у співавторстві, автору належать: [1] – систематизація та аналіз визначених коригуючих констант; [2] – визначення динамічного розвитку співпроцесорів; [3] – побудовано образно-знакову модель залежностей основних

технічних параметрів системних плат; [4, 8, 12] – створено реляційні моделі за параметрами мікроконтролерів, системних плат, датчиків; [5] – розрахунок енергетичних критеріїв основних компонентів системних плат; [6] – запропоновано модель сплайн-функцій за експериментальними даними для побудови в 2-х квадрантах; [7] – проведено аналіз сучасних багатокритеріальних методів дослідження складних моделей; [9, 19-21] – запропоновано удосконалення моделі КЛА, проведено розрахунок швидкодії моделі КЛА, проведено інформаційно-патентний пошук; [10] – запропоновано концептуальну науково-дослідну модель для верифікації працездатності спеціалізованого багатофункціонального обчислювача; [13] – розрахунки критеріїв, що відповідають основним техніко-економічним показникам об'єктів дослідження; [14] – запропоновано основні методи для визначення якісних параметрів об'єкту дослідження для аналізу; [15-18, 22] – виконано розрахунки для підвищення надійності, проведено інформаційно-патентний пошук.

Апробація результатів дисертації.

Основні положення дисертаційного дослідження доповідалися і обговорювалися на міжнародних науково-технічних та науково-практичних конференціях: XIV Mezinárodní vědecko-praktická konference, (15.03-22.03.2018, Praha); XVI Международна научна практична конференция (15-22 март 2018, София); XIII international scientific and practical conference (January 30 – February 7, 2018, Sheffield); X mezinárodní vědecko-praktická konference (27.10-05.11.2014, Praha); VII mezinárodní vědecko-praktická konference (27.01.2011-05.02.2011, Прага); V Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji (7–15 grudnia 2009, Przemyśl).

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 23 друковані роботи, з них: 9 статей (8 - у фахових наукових виданнях України, 1 - за кордоном, 4 - у періодичних виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз), 8 патентів України (3 з них - на винахід), 6 тез доповідей на міжнародних конференціях.

Структура і обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних літературних джерел і додатків. Загальний обсяг дисертації складає 160 сторінок, із них 125 сторінок основного тексту, 23 рисунки, 6 таблиць, 3 додатки обсягом 35 сторінок. Список використаних джерел містить 172 найменування.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність проведеного дослідження, вказано зв'язок роботи з держбюджетними науково-дослідними роботами, сформульовано мету та задачі дослідження, показано наукову новизну, практичну цінність роботи і особистий внесок здобувача, наведено відомості про публікації, апробацію та використання результатів дослідження.

У першому розділі проведено аналіз існуючих сучасних моделей створення компонентів для перетворення кодів і формування сигналів складної форми. Визначені їх основні ознаки, що дало можливість на основі евристичного методу розробити схему класифікації спеціалізованих обчислювачів. Проаналізовано сучасні актуальні методи проектування багатокomпонентних пристроїв. Проаналізовано два багатокритеріальних методи виявлення якісних параметрів об'єкту дослідження, а саме метод аналізу ієрархій та метод на основі теорії розмірностей.

Проаналізовано відомі моделі: перетворювача двійкових кодів в однополярні коди Баркера, пристрої для виконання задач апроксимації. Виявлені їх недоліки.

Проведено оцінку особливостей моделювання та верифікації компонентів функціонально-орієнтованих систем. Наведено необхідну проектну інформацію, яку повинен містити опис компонента ФОС або його складових частин. Запропонована послідовність дій для розробки методики функціональної верифікації компонентів ФОС спеціального призначення за рахунок.

Сформульовано основні завдання дослідження: удосконалити модель перетворення двійкового коду в однополярні коди Баркера; удосконалити модель обчислювача на основі кусково-лінійної апроксимації; удосконалити модель обчислювача спеціального призначення на основі цифро-аналогових перетворень; надати подальшого розвитку методу удосконалення проектування багатокomпонентних дискретних пристроїв.

У другому розділі запропоновано модель перетворювача спеціального призначення з розширеною функціональністю, що перетворює двійковий код в однополярні коди Баркера і навпаки, модель обчислювача на основі кусково-лінійної апроксимації та модель обчислювача спеціального призначення на основі цифро-аналогових перетворень.

Оскільки сучасні комп'ютерно-інтегровані системи, не завжди мають потужні обчислювальні можливості, тому часто потребують використання спеціалізованих обчислювачів, які сприяють покращенню характеристик обчислень. Відомі обчислювачі застосовують або програмні засоби для відтворення значень прецизійних функцій, або класичні табличні методи апаратної реалізації. Їх недоліками є обмежена швидкодія та потреба у великих

об'ємах пам'яті. Застосування таблично-алгоритмічних методів, дозволяє використовувати таблиці малого об'єму, але при цьому виконуються тривалі арифметичні операції. Тому пропонується образно-знакова модель перетворювача двійкового коду в однополярні коди Баркера і навпаки (рис. 1) з розширеними функціональними можливостями. Його перевагами є розширені функціональні можливості в 2 рази, а також зменшений об'єм пам'яті не менш ніж в 2 рази, завдяки використанню одних і тих же значень коригуючих констант.

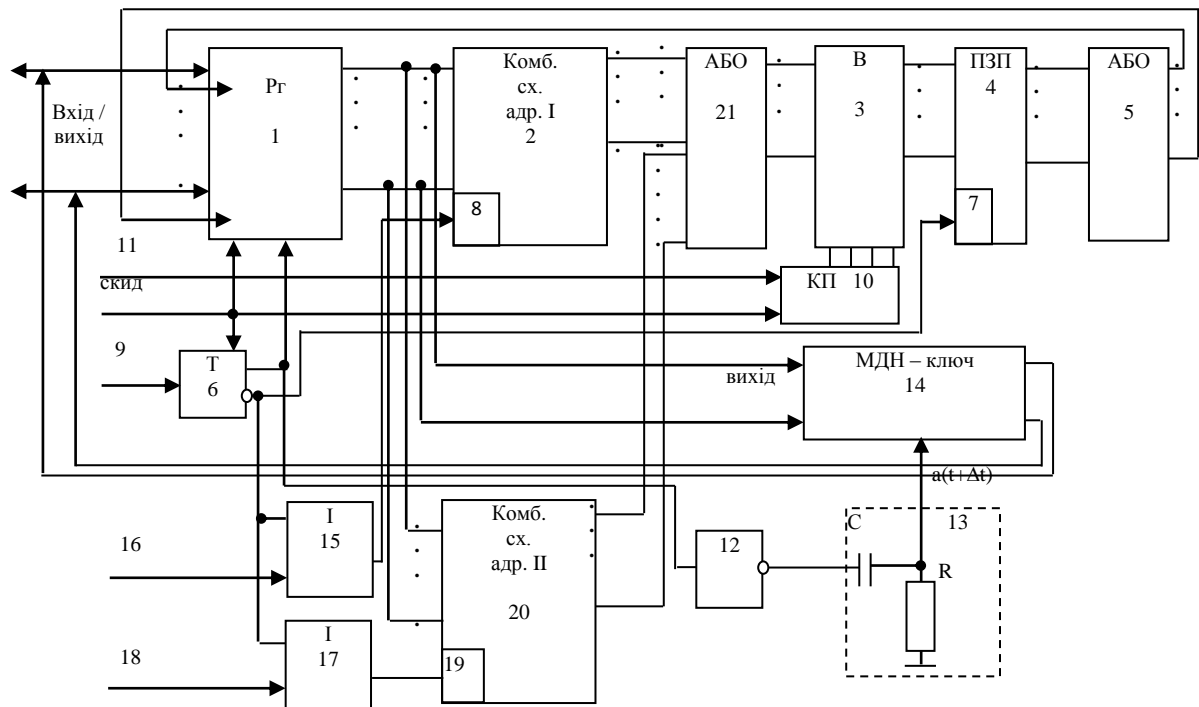


Рис. 1. Модель перетворювача двійкового коду в однополярні коди Баркера і навпаки

Коригуючі константи для перетворення 16-розрядної вхідної кодової послідовності А – 0110_1010_1100_1011, розбитої на тетради, наведені в табл. 1.

Таблиця 1.

Коригуючі константи для постійного запам'ятовуючого пристрою

Тетради	код А ₁	код А ₂	код А ₃	код А ₄
	0110	1010	1100	1011
	Δ ₁	Δ ₂	Δ ₃	Δ ₄
Δ _i константи для В ₃	0110	1010	1100	1101
Δ _i константи для В ₅	0110	1010	1101	0110
Δ _i константи для В ₇	0110	1010	1011	1001
Δ _i константи для В ₁₁	0110	1101	1101	1001
Δ _i константи для В ₁₃	0111	0101	1111	1110

Загальний об'єм постійного запам'ятовуючого пристрою $V_{ПЗП}$ складає:

$$V_{ПЗП} = \sum_1^5 V_i = 40 \text{ біт},$$

де об'єми пам'яті V_1 – для B_3 ; V_2 – для B_5 ; V_3 – для B_7 ; V_4 – для B_{11} ; V_5 – для B_{13} .

Виконання двох функцій одним пристроєм та зменшений об'єм необхідної пам'яті, дозволяє зменшити апаратну складність і знизити вартість пристрою.

Пропонується удосконалена модель обчислювача спеціального призначення на основі кусково-лінійної апроксимації. Швидкість роботи пристроїв залежить від складових, які впливають на формування інформації на виході, у тому числі й тривалість перехідних процесів, які пов'язані з часом розряду вузлових ємностей.

У запропонованому пристрої розряд ємності C_B здійснюється через опір R_B відкритого транзистора скидання.

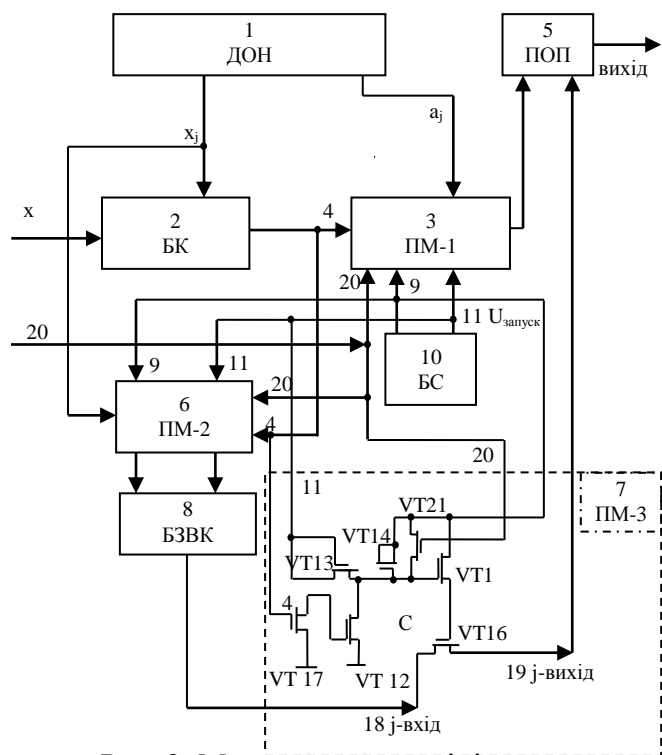


Рис. 2. Модель кусково-лінійного апроксиматора

Співвідношення часу розрядів ланцюгів у прототипу $\tau_{П \text{ розр}}$ та у запропонованого пристрою $\tau_{В \text{ розр}}$ має вигляд

$$\tau_{П \text{ розр}} / \tau_{В \text{ розр}} = CR_{П} / CR_{В} = R_{П} / R_{В} \quad (1)$$

Нехай опір струму витoku вузла C дорівнює $R_{П} = 1 \cdot 10^6$ Ом, а опір відкритого транзистора скидання дорівнює $R_{В} = 5 \cdot 10^2$ Ом,

Тоді результат співвідношення (1) дорівнює

$$\tau_{П \text{ розр}} / \tau_{В \text{ розр}} = C \cdot 10^6 / C \cdot 5 \cdot 10^2 = 2 \cdot 10^3 \text{ рази.}$$

Отже, час $\tau_{В \text{ розр}}$ розряду ємності C зменшується, що приводить до збільшення швидкодії розряду вузла C запропонованої перемикальної матриці на 3 порядки.

Пропонується удосконалена модель обчислювача спеціального призначення на основі цифро-аналогових перетворень (рис. 3), з широкими функціональними можливостями та підвищеною надійністю.

Формування аналогових сигналів складної форми відбувається або у режимі перетворення аналогових вхідних аргументів, або в режимі перетворення цифрових кодів аргументу, або в режимі перетворення тривалості заданих цифрових імпульсів. Цифрові сигнали перетворюються в аналогову форму за

допомогою перетворювача коду в наругу. Вхідний аргумент аналогової форми X , поступає на інформаційний вхід блоку компараторів.

Складова функції $G(X) - [a_j + q^{l(j)}X]$ задається інтервалі аргументу $X_j - X_{j+1}$.

На опорні входи блоку компараторів поступає напруга з джерела опорних напруг, пропорційна величинам квантування аргументу X . При співпадінні вхідного сигналу X з відповідним сигналом з джерела опорних напруг, на відповідному виході блоку компараторів встановлюється керуючий сигнал, який поступає на керуючі входи перемикальних матриць.

При цьому, під дією відповідних сигналів стабілізована величина X поступає на вхід блоку завдання вагових коефіцієнтів, в якому X змінює своє значення в $q^{l(j)}$ разів. Після цього на виході третьої перемикальної матриці з'являється сигнал величиною $q^{l(j)}X$, який поступає на вхід підсумовуючого операційного підсилувача, на який також поступає значення уставки a_j з другої групи виходів джерела опорних напруг. На виході підсумовуючого операційного підсилувача формується сигнал виду $G_j(X) = a_j + q^{l(j)} X$.

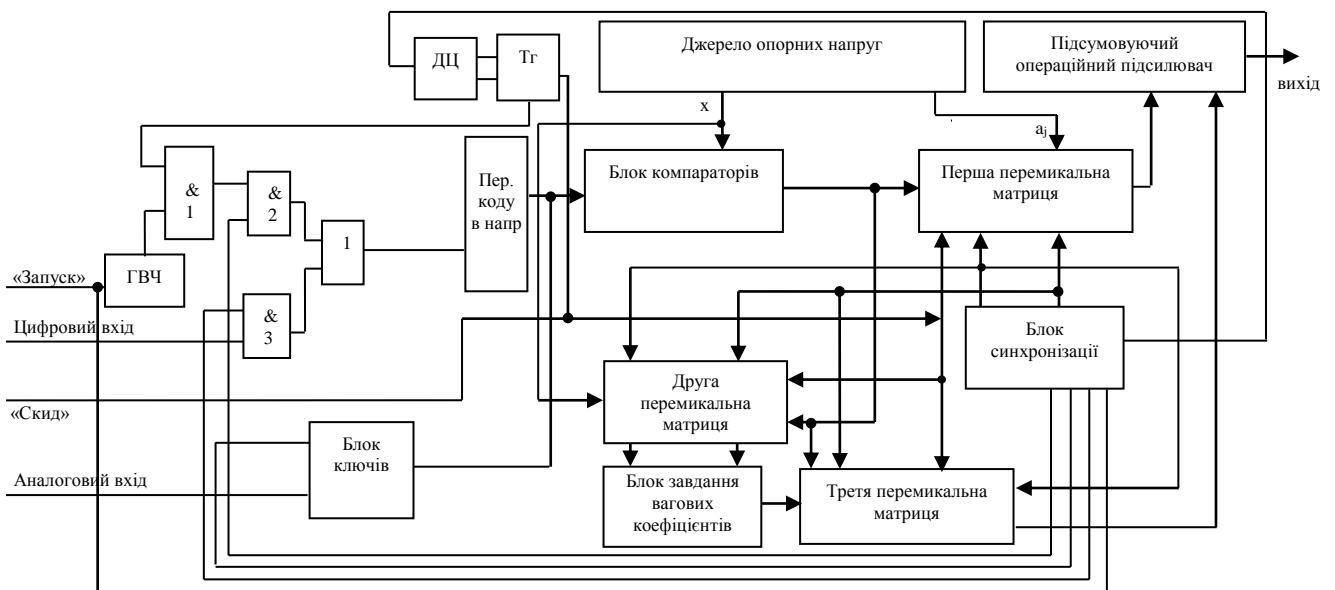


Рис. 3. Модель обчислювача спеціального призначення на основі цифро-аналогових перетворень

Процес повторюється при появі на інформаційному вході нового значення аргументу в інтервалі зміни аргументу $X_{j+1} - X_{j+2}$.

Функціональні можливості розширені в 3 рази за рахунок перетворення часових інтервалів, аналогових або цифрових аргументів в аналогові сигнали складної форми одним аналоговим обчислювачем на основі кусково-лінійної апроксимації, що зменшує апаратну складність, крім того надійність підвищується в $10^3 \dots 10^4$ разів при виконанні в єдиному кристалі.

У третьому розділі отримав подальший розвиток метод удосконалення проектування багатокomпонентних дискретних пристроїв. Метод включає

візуалізацію параметрів елементів багатокомпонентних дискретних пристроїв (табл. 2) для їх проектування за допомогою багатокритеріального порівняння, визначається сукупністю прийомів використання принципів умовного моделювання, властивостей теорії розмірностей, умовних критеріїв, порівняльного аналізу.

Перелік визначальних величин оригінала та моделі, аналіз розмірностей цих величин дозволяють знайти критерії подібності. Критеріальні співвідношення допомагають встановити якісні та кількісні зв'язки оригіналу й моделі, за допомогою яких можна отримати масштабні рівняння.

Прикладом багатокомпонентного пристрою є системна плата. В табл. 2 наведено перелік системних плат, щодо яких проведено аналіз.

Таблиця 2.

Визначені системні плати та основні параметри їх базових елементів

№ пп	Вид системної плати	Чіпсет	f_b (MHz)	v (MB/s)	V (MB)	P_s (W)	P_{ch} (W)	P_{pr} (W)
1	VSX-6150E-V2	Vortex86SX	266	4200	256	2,9	1,5	1,5
2	me6000	CLE266	133	2133	256	22,39	8	9
3	MB Intel 945GC + Atom330	945gc	333	5200	256	16	8	9
4	KINO-690AM2-R10	AMD 690G	400	6400	256	32,4	9	30
5	ek10000	CN400	200	3200	256	20,18	10	10
6	KINO-6612LVDS-R13	SiS 661CX	200	3200	256	19	6	16
7	ln10000e	CN700	266	4200	256	16,41	5	9
8	MMC7000	CN800	266	4200	256	22,2	6	12
9	AIMB-256	GME965	266	4200	256	29	13,5	10
10	sn10000eg	CN896	333	5200	256	19,01	5	12

Особливістю методу є процедура виявлення тенденцій проектування системної плати, що дозволяє виявити найбільш енергозатратні елементи, для їх вдосконалення, і підвищення надійності системи.

Алгоритм виявлення тенденцій проектування основних елементів системної плати за енергетичним показником полягає в наступному:

- Створити базу існуючих системних плат та основних параметрів їхніх базових елементів, що мають значний вплив на експлуатаційну технологічність.
- Синтезувати математичну модель взаємозв'язків визначених параметрів.
- Визначити вид моделювання та критерії якості.
- Створити список якісних характеристик.

- Розробити умовні критерії та надати їм фізичного тлумачення.
- Побудувати знакову модель залежностей між визначеними умовними критеріями в безрозмірних координатах.
- Провести аналіз знакової моделі та визначити системні плати з елементами, які можуть потребувати вдосконалення за енергетичним показником.

Загальний математичний опис залежності між основними технічними параметрами системних плат (табл. 2) має наступний вигляд:

$$F(f_b, \sigma, V, P_s, P_{ch}, P_{pr})=0 \quad (1)$$

де: f_b – частота шини пам'яті, σ - пропускна здатність пам'яті, V – максимальний об'єм пам'яті, P_s – потужність споживання системної плати, P_{ch} – потужність споживання чипсета, P_{pr} – потужність споживання процесора.

За відсутності аналітичного виразу залежності між параметрами (1), пропонується використати візуалізацію для вирішення поставленої задачі.

При використанні евристичного методу визначення умовних критеріїв та їх фізичного тлумачення система критеріальних рівнянь приймає наступний вигляд:

$$\begin{cases} \Phi\left(\frac{P_s}{P_{ch}}; \frac{V \cdot f_b}{\sigma}\right) = 0 \\ \Phi\left(\frac{P_s}{P_{pr}}; \frac{V \cdot f_b}{\sigma}\right) = 0 \end{cases} \quad (2)$$

де P_s/P_{ch} , P_s/P_{pr} , $V \cdot f_b/\sigma$ – безрозмірні величини, що характеризують долю потужності споживання чипсета від потужності споживання всієї системної плати, найкраще значення $P_s/P_{ch} \gg 1$, долю потужності споживання процесора від потужності споживання всієї системної плати, найкраще значення $P_s/P_{pr} \gg 1$, швидкісну характеристику обробки інформації, найкраще значення $V \cdot f_b/\sigma \gg 0$.

На рис. 4 побудовані знакові моделі в безрозмірних координатах для $(P_s/P_{ch}; V \cdot f_b/\sigma)$ та $(P_s/P_{pr}; V \cdot f_b/\sigma)$ відповідно для приведених системних плат, що створює можливість порівняти технічні параметри ($f_b, \sigma, V, P_s, P_{ch}, P_{pr}$) одночасно та визначити ті, що відображають елементи, які потенційно можуть потребувати вдосконалення за енергетичним показником.

На рис. 4 синтезовані групи, які утворюють системні плати.

При цьому

$$A = \left\{ \left[\Phi \left(\frac{P_s}{P_{ch}}; \frac{V \cdot f_b}{\vartheta} \right) \right]_i \mid i = \overline{1, 10} \right\},$$

$$B = \left\{ \left[\Phi \left(\frac{P_s}{P_{pr}}; \frac{V \cdot f_b}{\vartheta} \right) \right]_j \mid j = \overline{1, 10} \right\}.$$

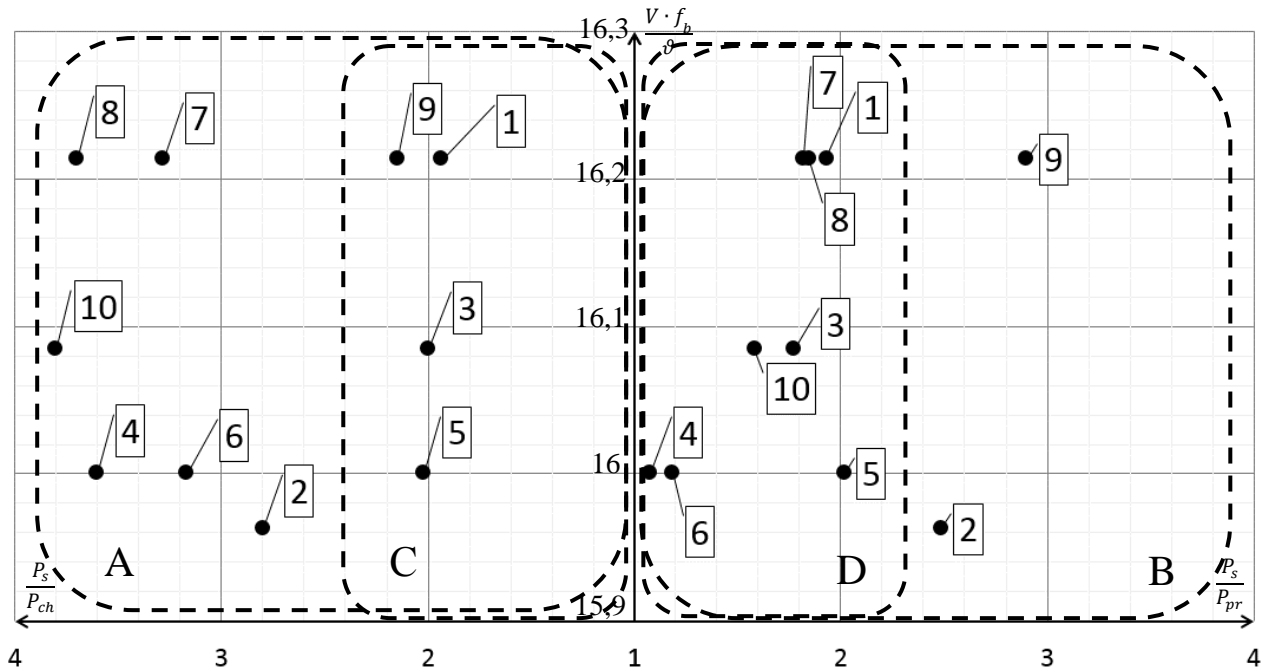


Рис. 4. Знакові моделі залежностей основних технічних параметрів для різних типів системних плат в безрозмірних координатах.

У групі $C \subset A = \{\psi_i \mid i = 1, 3, 5, 9\}$ характерні високі значення долі потужності споживання чипсета порівняно з іншими елементами групи А.

У групі $D \subset B = \{\psi_j \mid j = 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10\}$ характерні високі значення долі потужності споживання процесора порівняно з іншими елементами групи В.

Таким чином у групах С і D виявлені елементи, які потенційно можуть потребувати вдосконалення за енергетичним показником чипсета і процесора відповідно.

Якщо проаналізувати дані щодо системної плати 2 (рис. 4), можна побачити, що вона не належить до груп, які потенційно можуть потребувати вдосконалення за енергетичним показником якогось компонента системної плати.

З рис. 5 видно, що системна плата 2 переважає всі інші системні плати щонайменше за одним з параметрів. Недоліком цієї плати можна вважати низьке значення швидкісної характеристики обробки інформації, проте різниця між максимальним і мінімальним значеннями серед всіх порівняних плат 1,54%.

Таким чином для виявлення тенденції проектування за енергетичними показниками основних елементів системної плати застосовується алгоритм, який включає наступні дії: створюється перелік системних плат на основі евристичного методу; синтезується узагальнена математична модель взаємозв'язків визначених параметрів; визначаються вид моделювання та теоретичні основи дослідження; створюється перелік визначальних величин, які мають суттєвий вплив на експлуатаційну технологічність компонентів; розробляються умовні критерії на основі теорії розмірностей за визначальними величинами; будується образно-знакова модель залежностей між визначеними умовними критеріями в безрозмірних координатах на підставі розроблених умовних критеріїв; проводиться візуальна оцінка за багатьма параметрами одночасно та визначаються тенденції проектування за енергетичними показниками основних елементів системної плати.

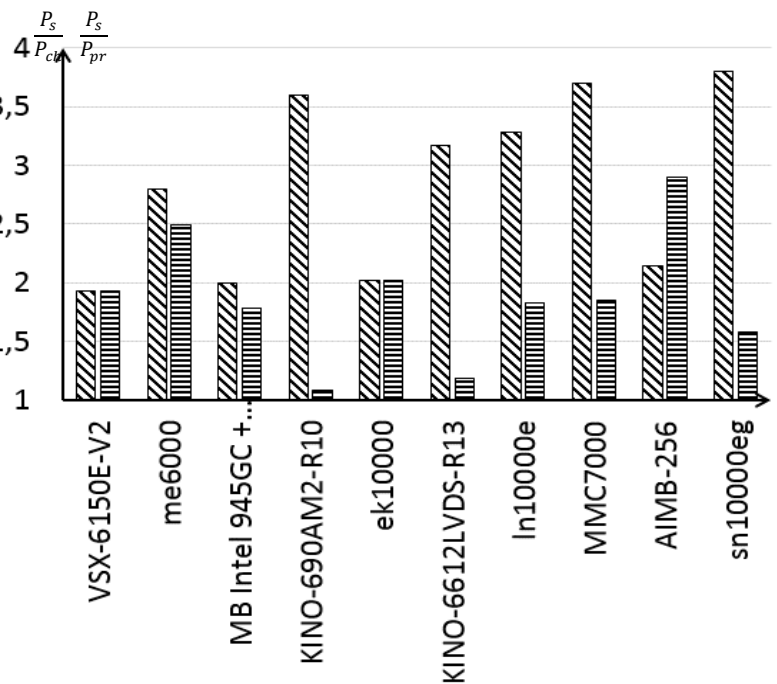


Рис. 5. Гістограми, що відображають долі потужності споживання чипсета та процесора від потужності споживання всієї системної плати.

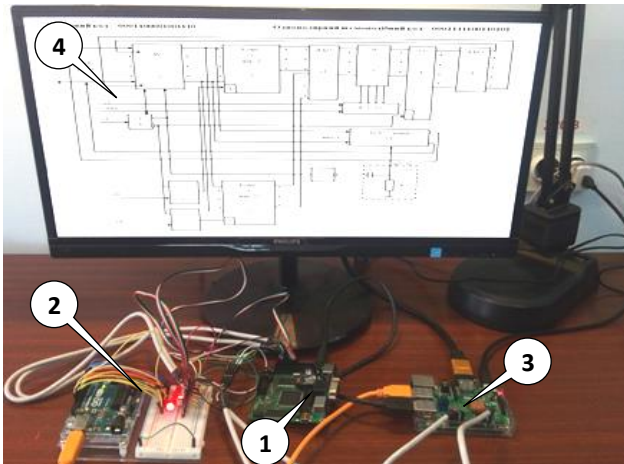
▨ – доля потужності споживання чипсета від потужності споживання всієї системної плати
 ▤ – доля потужності споживання процесора від потужності споживання всієї системної плати

Метод дозволяє визначити тенденції вдосконалення за якими доцільно покращити системні плати. Простота і наочність методу дає змогу виявити найбільш енергозатратні компоненти системної плати, для попередження можливості виходу з ладу елементів.

У четвертому розділі наведено результати розробок, апаратного та програмного забезпечення, що ґрунтуються на результатах теоретичних досліджень, які отримані в роботі.

На основі теоретичних досліджень для впровадження запропонованих моделей та методу побудовано дослідну установку для фізичного моделювання та

верифікації обчислювача спеціального призначення (рис. 6). Запропонована проблемно-орієнтована система дозволяє з мінімальними витратами перевірити працездатність запропонованого обчислювача.



- 1 дослідна плата з програмованою логікою;
- 2 генератор вхідних сигналів;
- 3 мікрокомп'ютер;
- 4 монітор.

Рис. 6. Загальний вигляд дослідної установки для фізичного моделювання та верифікації обчислювача спеціального призначення

Для підтвердження працездатності запропонованого перетворювача, необхідно провести аналітичне моделювання, яке включає наступні етапи:

1. Формулювання проблеми.
2. Постановка завдання дослідження.
3. Аналіз апріорної інформації. Формулювання гіпотези дослідження.
4. Вибір вхідних і вихідних чинників.
5. Формалізація завдання.
6. Побудова моделі.
7. Планування і проведення експерименту.
8. Оцінка придатності моделі.
9. Інтерпретація результатів моделювання.
10. Використання моделі. Документування результатів.

Розроблено методику верифікації запропонованого обчислювача спеціального призначення на базі дослідної установки. Методика, на ряду з традиційними процедурами, включає: розроблені алгоритми генерації вхідних послідовностей та перетворення вхідних даних апаратною моделлю в FPGA модулі; процедуру виведення результатів; порівняння отриманих двох кодів, як результату перетворення апаратного та програмного моделювання, після чого коди порівнюються з відповідними еталонними значеннями.

Розроблена дослідна установка дозволяє перевірити апаратну реалізацію обчислювача, за рахунок візуалізації. Після завантаження створеної моделі в FPGA модуль дослідної системи, можливо спостерігати роботу фізичної моделі запропонованого перетворювача, з допомогою підключених індикаторів.

Особливістю виконання верифікації з допомогою даної дослідної установки є відтворення крок за кроком процесів, що відбуваються в функціонально-орієнтованій системі, а саме процеси приходу вхідних двійкових комбінацій, вибору необхідної функції, виконання перетворення, порівняння результатів перетворень виконаних в перетворювачі спеціального призначення апаратно і обчислень виконаних мікрокомп'ютером згідно класичного програмного алгоритму.

Застосування дослідної установки для верифікації розробленого перетворювача двійкового коду в однополярні оборотні коди і навпаки дозволяє скоротити терміни проектування компонентів функціонально-орієнтованої системи, не погіршуючи при цьому результати та достовірність верифікації.

Додатки містять документи, що підтверджують впровадження результатів дисертаційної роботи в навчальний процес та на підприємствах, тексти програм: генерації тестових сигналів, апаратного перетворення кодів.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішено важливу науково-технічну задачу підвищення швидкодії та надійності функціонально-орієнтованих комп'ютерних систем спеціального призначення шляхом застосування удосконалених моделей та методів при побудові спеціалізованих пристроїв переробки інформації.

У результаті виконання досліджень отримано наступні наукові і практичні результати.

1. Удосконалено модель, що перетворює двійковий код в однополярні коди Баркера. Відмінними особливостями моделі є розширені функціональні можливості за рахунок збільшення кількості виконуваних функцій в 2 рази шляхом інтеграції функції перетворення однополярних кодів Баркера в двійковий код, а при виконанні в єдиному кристалі надійність підвищується в $10^3..10^4$ разів, а також підвищується надійність функціонування за рахунок зменшення апаратної складності.

2. Удосконалено модель обчислювача спеціального призначення на основі кусково-лінійної апроксимації сигналів управління. Відмінною особливістю моделі є підвищена швидкодія шляхом збільшення швидкості реалізації функції керування за рахунок зменшення часу перехідних процесів в $2 \cdot 10^3$ рази.

3. Отримала подальший розвиток модель обчислювача спеціального призначення на основі цифро-аналогових перетворень. Відмінною особливістю моделі є розширення функціональних можливостей за рахунок збільшення кількості виконуваних функцій в 3 рази за рахунок кусково-лінійної апроксимації сигналів управління спеціального призначення, крім того надійність підвищується в $10^3..10^4$ разів при виконанні в єдиному кристалі.

4. Отримав подальший розвиток метод удосконалення проектування багатокomпонентних дискретних пристроїв. Метод визначається сукупністю прийомів, в яких використані принципи умовного моделювання, властивості теорії розмірностей, умовні критерії, порівняльний аналіз, та засобів, що ґрунтуються на візуалізації залежностей між параметрами. Він включає: створення узагальненого математичного опису, для пов'язування технічних параметрів, виходячи з характеристик предмета дослідження; візуалізацію залежностей технічних параметрів в безрозмірних координатах на основі умовних критеріїв; проведення аналізу візуалізованих даних. Особливістю методу є виявлення енергоперевантажених компонентів, що забезпечує підвищення надійності та збільшення часу експлуатації, попередження можливості виходу з ладу елементів.

5. На базі синтезу побудовано дослідну установку для верифікації на працездатність запропонованого перетворювача. Її особливістю є створена методика верифікації на працездатність, яка, на ряду з традиційними процедурами, включає: розроблені алгоритми генерації вхідних послідовностей та перетворення вхідних даних апаратною моделлю в FPGA модулі; процедуру виведення результатів; порівняння двох перетворених кодів отриманих апаратним та програмним способами, порівняння з відповідними еталонними значеннями.

Результати дисертаційного дослідження прийняті для впровадження: на НВК «Фотоприлад»; в ТОВ «Darkside»; в Інституті енергетики Академії наук Молдови; у навчальному процесі Черкаського державного технологічного університету на кафедрі робототехніки та спеціалізованих комп'ютерних систем.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

[1] І. А. Зубко, “Алгоритм перевірки працездатності компонента функціонально-орієнтованої системи спеціального призначення”, *Системи управління, навігації та зв'язку*, №6 (52), с. 44-47, 2018.

[2] І. А. Зубко, А. Г. Лукашенко, Д. А. Лукашенко, В. А. Лукашенко та В. М. Лукашенко, “Модель багатофункціонального таблично-логічного співпроцесора для комп'ютерно-інтегрованих систем спеціального призначення”, *Nauka i studia*, № 16 (177), Р. 32–38, 2017.

[3] І. А. Зубко, А. Г. Лукашенко, Д. А. Лукашенко, В. В. Корнух, В. А. Лукашенко та В. М. Лукашенко, “Знакові моделі структурованих залежностей динамічного розвитку співпроцесорів” *Вісник Черкаського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки*, № 2, с. 11–16, 2017.

[4] І. А. Зубко, В. М. Лукашенко, и А. Г. Лукашенко, “Объектно-ориентированный метод выбора лучших системных плат”, *Вісник Хмельницького національного університету*, № 6, с. 242–250, 2014.

[5] І. А. Зубко, М. В. Чичужко, В. А. Лукашенко та В. М. Лукашенко, “Методика вдосконалення мікроконтролерів”, *Вісник Черкаського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки*, № 3, с. 74–79, 2014.

[6] І. А. Зубко, А. Г. Лукашенко, В. М. Лукашенко, Д. А. Лукашенко та В. А. Лукашенко, “Метод вибору системних плат для лазерного технологічного обладнання”, *Вісник Черкаського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки*, № 3, с. 37–41, 2013.

[7] І. А. Зубко, А. Г. Лукашенко, Д. А. Лукашенко, Р. Е. Юпин и В. М. Лукашенко, “Оптимальный метод определения параметров режима лазерной сварки тонкостенных конструкций”, *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*, № 6/5 (54), с. 48–51, 2011.

[8] І. А. Зубко, А. Г. Лукашенко, Д. А. Лукашенко, В. А. Лукашенко и В. М. Лукашенко, “Эффективный метод анализа сложных моделей и их компонентов для специализированного лазерного технологического комплекса”, *Вісник Черкаського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки*, № 4, с. 42–47, 2011.

[9] І. А. Зубко, А. Г. Лукашенко, В. Д. Шелягін, Д. А. Лукашенко та О. Ю. Талімончук, “Системний аналіз параметрів датчиків положення стику зварювальних деталей для лазерних технологічних комплексів”, *Зб. наук. праць Кіровоградського національного технічного університету. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація*, вип. 22, с. 211–217, 2009.

[10] І. А. Зубко та ін., “Образно-знаковая модель кусочно-линейного аппроксиматора специального назначения” на «*Dny Vědy – 2018*»: *materiály XIV Mezinárodní vědecko-praktická konference*, Praha, 2018, С. 63–65.

[11] І. А. Зубко та ін., “Фізична науково-дослідна модель верифікації спеціалізованого багатofункціонального обчислювача на базі єдиного шифратора” на «*Найновите научни постижения – 2018*»: *материали XVI Международна научна практична конференция*, София, 2018, С. 16–22.

[12] І. А. Зубко, “Підвищення часу напрацювання на відмову через зменшення кількості зовнішніх контактних вузлів багатofункціонального перетворювача”, на «*Science and civilization - 2018*»: *materials XIII international scientific and practical conference*, Sheffield, 2018, P. 23–25.

[13] І. А. Зубко, В. М. Лукашенко, А. Г. Лукашенко, К. С. Рудаков и В. А. Лукашенко, “Процедура ускоренного выбора лучших материнских плат” на «*Zprávy vědecké ideje – 2014*»: *materiály X mezinárodní vědecko-praktická konference*, Praha, 2014, с. 36–41.

[14] І. А. Зубко, А. Г. Лукашенко, Б. А. Шеховцов, О. П. Сокур та В. М. Лукашенко, “Ефективний метод організації бази даних на основі теорії неповної подібності, розмірностей” на «*Moderní vymoženosti vědy – 2011*»: *materiály VII Mezinárodní vědecko-praktická konference*, Прага, 2011, с. 73–76.

[15] І. А. Зубко, А. Г. Лукашенко, В. М. Лукашенко, Б. А. Шеховцов, О. В. Чернецький та С. А. Міценко, “Порівняльний аналіз методів для виявлення якісних параметрів об’єкту дослідження”, на «*Wykształcenie i nauka bez granic – 2009*»: *materiały V Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji*, Przemysł, 2009, с. 51–55.

[16] І. А. Зубко, В. А. Лукашенко, А. Г. Лукашенко, Д. А. Лукашенко та В. М. Лукашенко, “Багатофункціональний таблично-логічний співпроцесор”, Пат. на винахід №111459, Україна, Бюл. № 8, 25.04.2016.

[17] І. А. Зубко, В. А. Лукашенко, А. Г. Лукашенко, Д. А. Лукашенко, В. М. Лукашенко та К. С. Рудаков, “Співпроцесор для обчислення значень «прямих» та «обернених» функцій”, Пат. на винахід №111808, Україна, Бюл. № 11, 10.06.2016.

[18] І. А. Зубко, А. Г. Лукашенко, В. М. Лукашенко, Д. А. Лукашенко та В. А. Лукашенко, “Перетворювач двійкового коду в однополярні оборотні коди і навпаки”, Пат. на винахід №107544, Україна, Бюл. № 1, 12.01.2015.

[19] І. А. Зубко, В. М. Лукашенко, А. Г. Лукашенко, В. А. Лукашенко, М. В. Чичужко та Д. А. Лукашенко, “Таблично-логічний перетворювач кодів”, Пат. України №89784, Бюл. № 8, 25.04.2014..

[20] І. А. Зубко, А. Г. Лукашенко, Д. А. Лукашенко, В. А. Лукашенко та В. М. Лукашенко, “Формувач складних кусково-лінійних функцій”, Пат. України №88085, Бюл. № 4, 25.02.2014.

[21] І. А. Зубко, А. Г. Лукашенко, Д. А. Лукашенко, В. А. Лукашенко та В. М. Лукашенко, “Формувач складних кусково-лінійних функцій”, Пат. України №80851, Бюл. № 11, 10.06.2013.

[22] І. А. Зубко, А. Г. Лукашенко, Д. А. Лукашенко, В. А. Лукашенко, В. М. Лукашенко та Т. Ю. Уткіна, “Кусково-лінійний апроксиматор”, Пат. України №77797, Бюл. № 4, 25.02.2013.

[23] І. А. Зубко, В. М. Лукашенко, О. А. Кулигін, А. Г. Лукашенко, К. С. Рудаков та В. А. Лукашенко, “Цифровий пристрій для обчислення функцій”, Пат. України №40177, Бюл. №6, 25.03.2009.

АНОТАЦІЯ

Зубко І.А. Удосконалення моделей і методу підвищення ефективності компонентів функціонально-орієнтованих систем спеціального призначення.
– На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.05 – комп’ютерні системи та компоненти. – Черкаський державний технологічний університет, Україна, Черкаси, 2019.

Робота присвячена підвищенню швидкодії та надійності функціонально-орієнтованих комп’ютерних систем спеціального призначення. При виконанні досліджень отримано наступні наукові і практичні результати. Удосконалена

модель перетворювача двійкового коду в однополярні коди Баркера, що забезпечує розширення функціональних можливостей та підвищення надійності функціонування. Удосконалена модель обчислювача спеціального призначення на основі кусково-лінійної апроксимації сигналів управління, що забезпечує підвищення якості управління технологічними процесами. Отримала подальший розвиток модель обчислювача спеціального призначення на основі цифро-аналогових перетворень, що забезпечило розширення функціональних можливостей та підвищення надійності управління технологічними процесами. Отримав подальший розвиток метод удосконалення проектування багатокомпонентних дискретних пристроїв, що забезпечує підвищення надійності та збільшення часу експлуатації. Розроблено методу верифікації працездатності запропонованого перетворювача, що дозволило синтезувати відповідні пристрої для проведення апаратного моделювання. Побудовано фізичну модель для апаратного дослідження запропонованого перетворювача, що забезпечило контроль коректності перетворень на етапі проектування і підтвердило верифікацію працездатності.

Ключові слова: спеціалізований обчислювач, компонент системної плати, формувач сигналів, верифікація, методика.

АННОТАЦІЯ

Зубко И.А. Усовершенствование моделей и метода повышения эффективности вычислителей специального назначения. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05 – компьютерные систем и компонент. – Черкасский государственный технологический университет, Украина, Черкассы, 2019.

Работа посвящена повышению быстродействия и надежности функционально-ориентированных компьютерных систем специального назначения. При выполнении исследований получены следующие научные и практические результаты. Усовершенствована модель преобразователя двоичного кода в однополярные коды Баркера, что обеспечивает расширение функциональных возможностей и повышение надежности функционирования. Усовершенствована модель вычислителя специального назначения на основе кусочно-линейной аппроксимации сигналов управления, что обеспечивает повышение качества управления технологическими процессами. Получила дальнейшее развитие модель вычислителя специального назначения на основе цифро-аналоговых преобразований, что обеспечило расширение функциональных возможностей и повышение надежности управления технологическими процессами. Получил дальнейшее развитие метод усовершенствования проектирования многокомпонентных дискретных устройств, что обеспечивает

повышение надежности и увеличение времени эксплуатации. Разработана методика верификации работоспособности предложенного преобразователя, что позволило синтезировать соответствующие устройства для проведения аппаратурного моделирования. Построена физическая модель для аппаратурного исследования предложенного преобразователя, что обеспечило контроль корректности преобразований на этапе проектирования и подтвердило верификацию работоспособности.

Ключевые слова: специализированный вычислитель, компонент системной платы, формирователь сигналов, верификация, методика.

ABSTRACT

Zubko I.A. Improvement of models and method of increasing the efficiency of components of functionally-oriented special purpose systems. – Manuscript.

Thesis for a Ph. D degree by specialty 05.13.05 – computer systems and components. – Cherkassy State Technological University, Ukraine, Cherkassy, 2019.

The work is devoted to the increase of speed and reliability of functionally-oriented computer systems of special purpose.

The theme of the dissertation research, related to the improvement of methods and models for increasing the efficiency of components of functionally-oriented systems, is based on the integration of information converters to increase speed, reliability and energy efficiency in special purpose calculators.

In carrying out research the following scientific and practical results were obtained.

Improved model that converts binary code into unipolar Barker codes. The distinctive features of the model are expanded functionality in 2 times by integrating in it the functions of converting unipolar Barker codes into binary code, and when executed in a single crystal, reliability increases $10^3..10^4$ times, as well as reliable functioning in the presence of noise barriers.

Advanced model of special purpose calculator based on the piecewise linear approximation of control signals. A distinctive feature of the model is the increased speed by reducing the time of implementation of the control function by reducing the time of transient processes in $2 \cdot 10^3$ times

The model of special purpose calculator on the basis of digital-analog transformations has got further development. A distinctive feature of the model is the expansion of functional capabilities by 3 times due to the piecewise linear approximation of special-purpose control signals, in addition, reliability increases in $10^3..10^4$ times when executed in a single crystal.

The method for improving the design of multi-component discrete devices has been further developed. The method is determined by a set of techniques in which the principles of conditional simulation are used, the properties of the theory of dimensions,

conditional criteria, comparative analysis, and tools based on the visualization of dependencies between parameters. It includes: the creation of a generalized mathematical description, for linking the technical parameters, based on the characteristics of the subject of the study; visualization of dependencies of technical parameters in dimensionless coordinates on the basis of conditional criteria; analysis of visual data. A feature of the method is the identification of overloaded components, which provides increased reliability and longer operating time, preventing the possibility of failure of elements.

Based on the synthesis, a physical experimental model for verifying the performance of the proposed transducer was constructed. Its feature is the established method of verifying performance, which, in line with traditional procedures, includes: developed algorithms for generation of input sequences using Arduino Uno and processing of input data by the hardware model in the FPGA module; procedure for outputting results to the monitor using microcomputer; comparison of the received two codes, as a result of the transformation of hardware and software simulation, comparison with the corresponding reference values in the event of their mismatch.

Key words: specialized calculator, system board component, signal generator, verification, methodology.

**Формат 60x84/16 Гарнітура Таймс. Папір офсет.
Ум. друк. арк. 0,9. Тираж 100 пр.
Зам. №347 від 24.04.2019р.
Друк ПП Сисюк С.В.
Україна, м. Черкаси, вул. Чехова, 53, оф. 01
тел.: (067)947-88-41
e-mail: ploterservis@gmail.com**

