

УДК 519.713

Т. Б. Мартинюк¹
А. Г. Буда¹
С. П. Любич¹
А. О. Кирияченко¹

СИНТЕЗ БЛОКА КЕРУВАННЯ ДЛЯ ОПТОЕЛЕКТРОННОГО ПРОЦЕСОРА РОЗПІЗНАВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ

¹Вінницький національний технічний університет

Розглянуто особливості синтезу мікропрограмного пристрою керування (МПК) на базі R-автомата. Виконано порівняльний аналіз двох варіантів реалізації МПК і виявлено переваги синтезу на R-автоматі та відповідної функціональної реалізації МПК.

Ключові слова: мікропрограмний пристрій керування, R-автомат, синтез мікропрограмного автомата.

Вступ

Застосування адаптивного керування сприяє вдосконаленню структурної та функціональної організації систем технічного зору (СТЗ) насамперед в області робототехніки та є одним з головних напрямків підвищення її інтелектуальних можливостей через: а) забезпечення одночасної обробки великого обсягу інформації; б) формування команд у реальному часі; в) моделювання процесів функціонування для розробки самонавчання систем керування [1, 2].

В цьому аспекті актуальним є застосування новітніх розробок в області синтезу та апаратної реалізації керувальних пристроїв, зокрема, на ПЛІС [3]. Широко відомі можливості програмованих користувачем логічних ІС (ПЛІС) включають не тільки можливість перепрограмування конфігурації схеми, але й реалізацію нарівні з комбінаційними запам'ятовувальних структур [4]. Це дозволяє реалізувати у такому базисі під час синтезу блоків керування на базі мікропрограмних автоматів (МПА) перспективний принцип, заснований на ефективному використанні складної внутрішньої організації запам'ятовуючої частини МПА, внаслідок чого значно спрощується структура комбінаційної частини МПА [5].

Метою роботи є дослідження особливостей апаратної реалізації блока керування для оптоелектронного процесора розпізнавання зображень за ознаками симетричності.

Постановка задачі

Визначальним фактором для виконання функцій СТЗ у реальному часі є ознаки, за якими виконується ідентифікація об'єктів, що здебільшого пов'язано з необхідністю виконання великого обсягу машинних процедур, наявності в ЕОМ значного обсягу оперативної та інших видів пам'яті [6]. Перспективними в СТЗ для промислових роботів є ті алгоритми, які дозволяють створювати еталони на етапі навчання для певних положень об'єкта або особливостей (симетрії) самого об'єкта [1]. В якості еталонів можуть бути не лише окремі ознаки, а шаблони зображень, для ідентифікації яких виконують накладання зображення на еталон. У загальному вигляді процедура складається з об'єднання результатів аналізу зображень або їх геометричних особливостей [2].

Відомий оптоелектронний процесор розпізнавання симетричності зображень показано на рис. 1 [7]. Процесор реалізує формування еталонів симетричних зображень у процесі розпізнавання останніх і складається з оптичного блока обробки, який містить перший блок зсуву (центрування), блок повороту зображення, другий блок зсуву, два канали обробки зображень, кожний з яких містить мультиплікатор світлового потоку, формувач сигналів статичних моментів, а також блок керування.

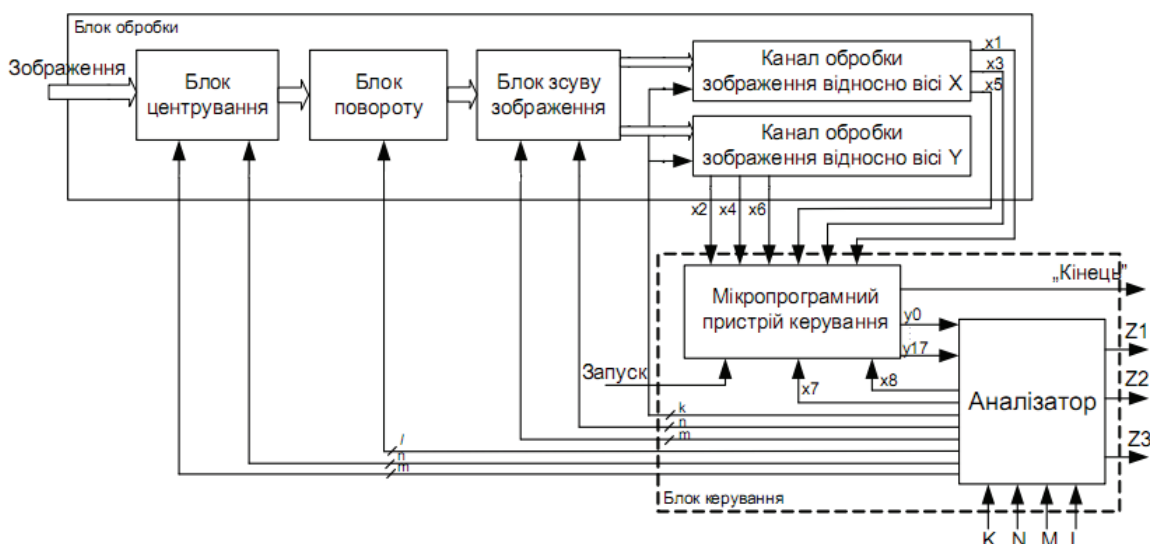


Рис. 1. Структурна схема оптоелектронного процесора розпізнавання симетричних зображень об'єктів

Блок керування розділений на два функціонально самостійні пристрої: мікропрограмний пристрій керування та аналізатор (див. рис. 1), що дає можливість синтезувати окремо кожний з цих пристроїв з орієнтацією на перспективну елементну базу — ПЛІС [7, 8]. На початку роботи процесора у блок керування по відповідним шинам записуються вхідні величини: N — кількість стовпців; M — кількість рядків зсуву зображення; K — кількість комплектів масок; L — кількість поворотів зображень. В процесі роботи блок керування на відповідному виході формує спочатку адреси в блоках зміни комплектів тінювих масок, що відповідають визначенню та зрівноваженню статичних моментів першого порядку. Після завершення первинного центрування у двох формувачах для здійснення повторних центрувань блоком керування будуть сформовані конкретні адреси комплектів масок, які однозначно відповідають визначенню та зрівноваженню статичних моментів вищих порядків [7].

Вихідними сигналами у блоці керування є результуючі сигнали Z_1 , Z_2 , Z_3 , причому одиничне значення сигналу Z_1 свідчить про центральну симетрію зображення, одиничне значення сигналу Z_2 свідчить про осеву симетрію зображення; одиничне значення сигналу Z_3 фіксує несиметричність зображення [7].

У роботах [7, 9, 10] наведено варіант реалізації мікропрограмного пристрою керування (МПК) у складі блока керування на базі постійного запам'ятовувального пристрою (ПЗП). Але в цьому контексті інтерес викликає можливість побудови МПК з використанням альтернативного підходу до синтезу МПК, а саме на базі R-автоматів [11], з орієнтацією на реалізацію у ПЛІС. При цьому, враховуючи складність алгоритму розпізнавання симетричних зображень, доцільним є порівняльний аналіз двох варіантів синтезу МПК, що дозволить виявити переваги та недоліки цих двох підходів.

Принцип роботи процесора

На рис. 2 зображено блок-схему алгоритму розпізнавання зображень та показано процес формування результуючих сигналів класифікації вхідних зображень об'єктів за їх симетрією відносно осей X , Y та центра [8].

Введене зображення об'єкта з вхідною орієнтацією (оператор 1) формується у вигляді світлового потоку, який розділяється на два рівних потоки (оператор 2) та обробляється у двох каналах. Для цього кожен з мультиплікованих світлових потоків пропускається через тінюві бінарні маски, що дозволяє здійснити просторову модуляцію зображення (оператор 3). Модуляція здійснюється за допомогою комплексу тінювих масок, що сприяють виконанню первинного центрування (оператор 4), тобто визначенню сум інтенсивностей зображення та їхньому порівнянню (оператор 5). За рівності зважених сум інтенсивностей зображення (оператор 7) фіксується певна інформація, що відповідає певному еталону класу симетрії. У протилежному випадку здійснюється зсув зображення (оператор 6) з виявленням додаткових ознак для формування певного еталону симетричного зображення. Другий етап обробки зображення (повторне центрування) здійснюється опера-

торами 8—16. Для первинного зображення фіксується вхідна орієнтація, тобто кут повороту $\varphi = 0$ (оператор 8).

Процедури перетворень, які виконуються операторами 9—13, аналогічні процедурам операторів 2—6 і відрізняються лише тим, що після первинного центрування по черзі виставляються інші комплекти масок (оператор 10), виконується поворот зображення (оператор 15) у межах кута $0 \dots \pi/2$ з фіксацією комплектів масок (оператор 16), які необхідні для виконання повторних центрувань [7, 8].

Виконання первинного та повторного центрувань на підставі обраної системи моментних ознак дозволяє виконати їх перетворення та обробку з подальшим формуванням у вигляді результуючих сигналів (оператор 17), що відповідають еталону зображення, для якого виконується розпізнавання.

Мікропрограмний пристрій керування на R-автоматі

В пристроях керування широко застосовуються мікропрограмні автомати (МПА) різної міри універсальності і складності. Загальною рисою для них є наявність в їхній структурі керувальної програми [12]. Потреба у вдосконаленні та пошуку нових способів синтезу МПА для блоків керування, зумовлена, не в останню чергу, перспективами розвитку сучасної елементної бази, а саме в області програмованих логічних інтегральних схем (ПЛІС). Особливий інтерес викликають відомі R-автомати (RA), для яких перспективним є використання одиничного кодування станів МПА з його перевагами зменшення сумарної складності комбінаційних схем у порівнянні з іншими типами RA за умови реальної складності граф-схем алгоритмів (ГСА) [13, 14].

R-автомати, які будуються на зсувних регістрах RG, займають проміжне положення серед T- і СТ-автоматів (ТА і СТА, відповідно), які синтезуються, відповідно, на паралельних регістрах (тригерах Т) і на лічильниках СТ [13]. RA за своїми можливостями подібні до СТА зі «штучним» порядком проходження сигналів, тому у подальшій роботі доцільно використовувати модифікований для RA алгоритм синтезу СТА [15]. Найприйнятнішим у цьому випадку вважається автомат Мура через те, що стан елементів пам'яті співвідноситься з операторними вершинами ГСА і використовується для безпосереднього формування вихідних сигналів.

Розглянемо докладніше процес синтезу МПК на RA для наведеного (див. рис. 2) алгоритму функціонування. На рис. 3 показано ГСА розпізнавання зображень. Всі вершини ГСА можуть бути об'єднані в один лінійний ланцюг $\lambda = \{a_0, a_1 \dots a_{15}\}$, що має п'ятнадцять входів $\{a_0, a_1 \dots a_{15}\}$ і чотирнадцять виходів $\{a_0, a_1 \dots a_{14}\}$. Переходи між операторними вершинами ГСА можуть бути розподілені на дві множини, що не перетинаються, в першу A_1 з яких увійдуть переходи в лінійних ланцюгах, тобто лінійні переходи, а в другу A_2 — переходи між виходами і входами лінійних ланцюгів, тобто нелінійні переходи [15]. В процесі синтезу RA переходи підмножини A_1 організуються з використанням послідовного входу S_1 регістра RG в процесі зсуву його змісту праворуч, а переходи підмножини A_2 — з використанням паралельних входів D_1, \dots, D_n регістра RG (рис. 4).

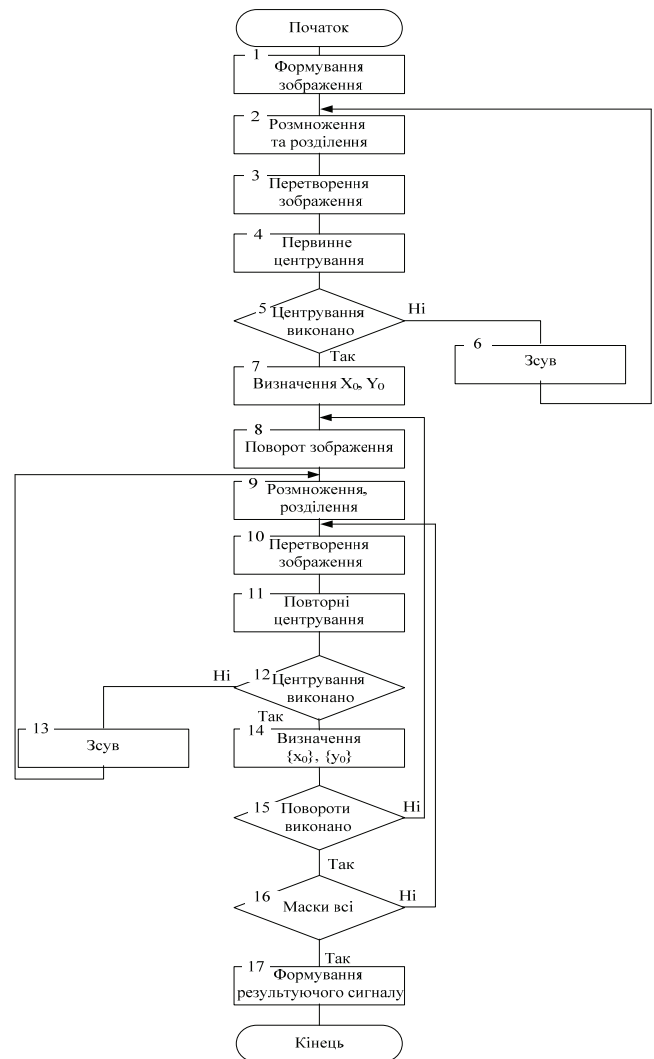


Рис. 2. Блок-схема алгоритму розпізнавання зображень

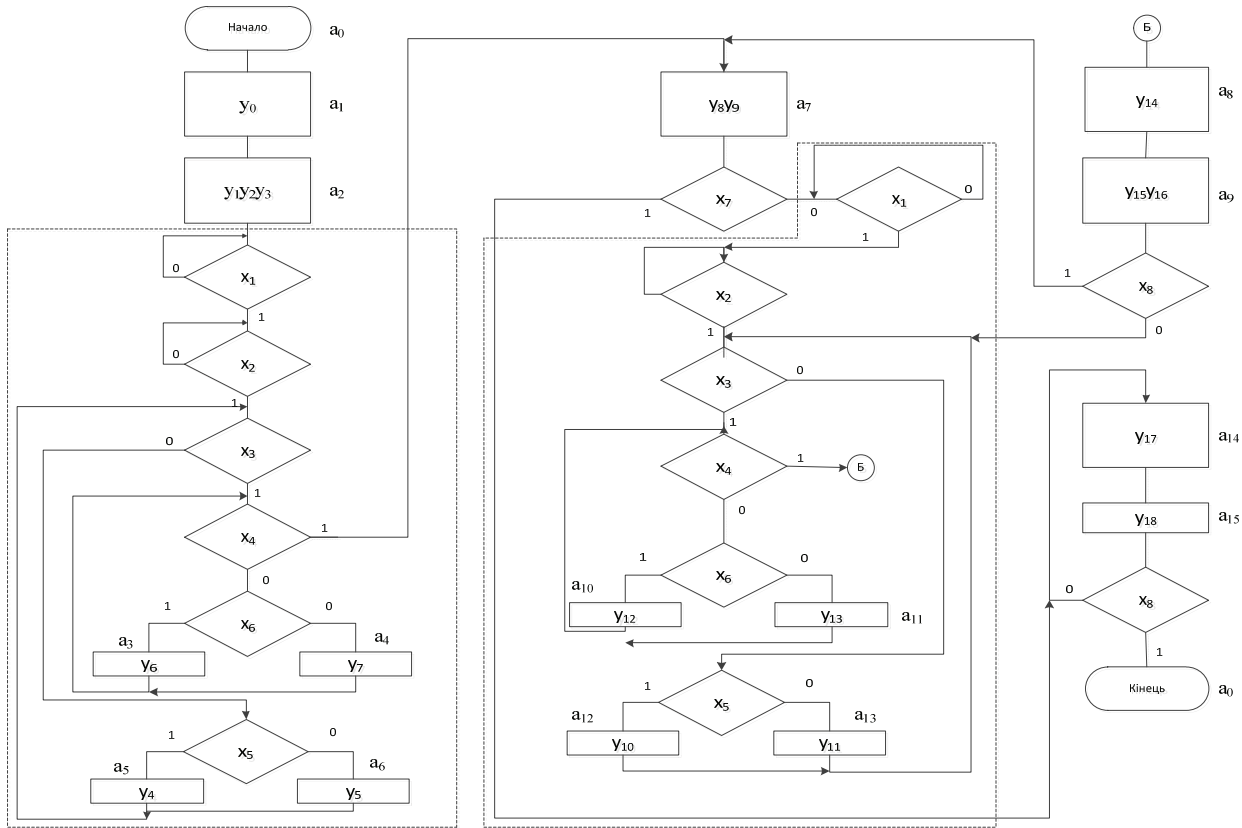


Рис. 3. Граф-схема алгоритму роботи оптикоелектронного процесора розпізнавання зображень

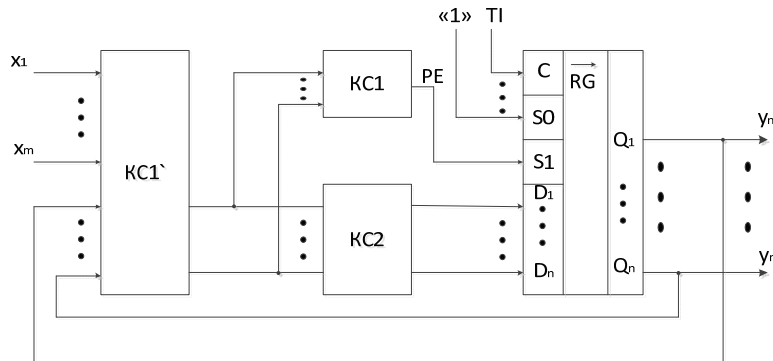


Рис. 4. Узагальнена структура мікропрограмного пристрою керування:
 x_1, \dots, x_m — вхідні сигнали ознак; y_1, \dots, y_n — вихідні сигнали керування; «1» — встановлення одиниць;
 T_i — тактові імпульси; S0, S1 — входи вибору режиму

Особливість RA полягає у використанні зсувних регістрів RG в якості пам'яті МПА, що зумовлює застосування одиничного кодування станів МПА, як найефективнішого в цьому випадку [16]. Одиничне кодування станів при цьому реалізується таким чином:

$$\begin{aligned}
 a_i &= 0 \dots 1000 \dots 0; \\
 a_{i+1} &= 0 \dots 0100 \dots 0; \\
 a_{i+2} &= 0 \dots 0010 \dots 0,
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

тобто встановлюється співвідношення між станом a_i та одиничним сигналом на виході Q_i (де $i = 1, \dots, n$) паралельно-последовного (зсувного) регістра RG (рис. 4). Кількість розрядів n зсувного регістра визначається кількістю операторних вершин ГСА (рис. 3), тобто $n = 15$.

Мікропрограмний пристрій керування (МПК) містить три комбінаційні схеми $KC1'$, $KC1$, $KC2$ (рис. 4), причому схема $KC1'$ формує елементарні кон'юнкції (терми) F_h ($h = 1 \dots n$), що входять в диз'юнктивну нормальну форму (ДНФ) функцій збудження паралельних входів D_1, \dots, D_n вигляду [11, 16]:

$$F_h = A_m X_h, \tag{2}$$

де A_m — кон'юнкція, яка відповідає коду $K(a_m)$ стану a_m ; X_h — вхідний вектор; h — номер переходу.

Схеми КС2 і КС1 формують, відповідно, функції збудження входів D_i та сигнал дозволу PE для входу S_1 регістра RG [11, 16]

$$D_i = (U_{h=1}^H c_{ih} F_h) U (U_{h=1}^{H_1} c_{ih}^0 \overline{F_h}); \tag{3}$$

$$PE = U_{i=1}^P (U_{h=1}^{H_1} c_{ih}^0 F_h), \tag{4}$$

де $c_{ih} = 1$, якщо на h -му переході $D_i = 1$; $c_{hi}^0 = 1$, якщо на h -му переході $D_i = 0$; H_1 — кількість нелінійних переходів, P — кількість переходів.

Проаналізувавши весь процес синтезу схем КС для РА можна зазначити, що схеми КС1', КС1, КС2 беруть участь у формуванні відповідних сигналів тільки на нелінійних переходах, тобто не входять у лінійні ланцюги [15, 17]. За даними ГСА (див. рис. 3) побудовано автомат Мура для МПА, де у виділеній множині лінійних ланцюгів використовується кодування операторних вершин ГСА, що ототожнюється із внутрішніми станами РА автомата Мура. Довжина коду q в цьому випадку обирається з умови:

$$q = p = M, \tag{5}$$

де M — кількість операторних вершин ГСА; p — кількість станів МПА [15].

Отже, кодування станів МПА вигляду (1) довжиною $q = 15$ не є складним, на відміну від необхідності дотримання умов сусіднього (безризикового) кодування для пам'яті МПА на тригерах (ТА) [12, 13, 18].

Варіант реалізації мікропрограмного пристрою керування

Базовими вузлами МПК є 15-розрядний зсувний регістр RG, вузол формування мінтермів, вузол формування сигналів збудження, вузол формування сигналу дозволу, вузол об'єднання сигналів збудження та вузол інверторів (рис. 5).

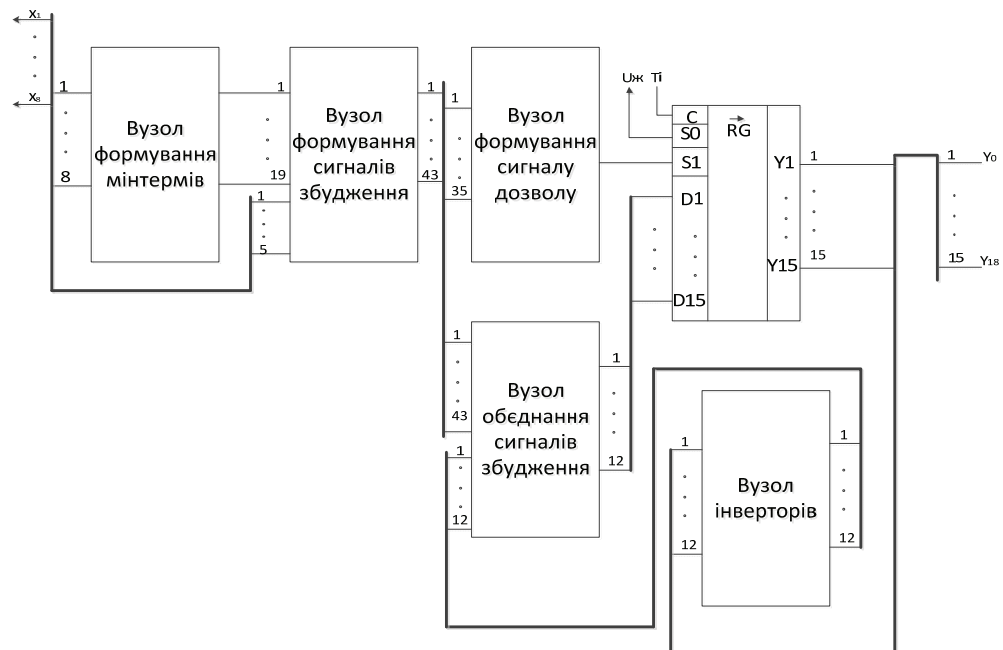


Рис. 5. Структурна схема мікропрограмного пристрою керування

Вхідними сигналами МПК є вісім сигналів ознак x_1, \dots, x_8 , а вихідними — сигнали керування y_0, \dots, y_{18} . Вузол формування мінтермів використовується для визначення вектора $X(a_m, a_s)$. Вузол формування сигналів збудження та вузол об'єднання сигналів збудження використовується для

формування сигналів встановлення в необхідний стан відповідних розрядів D_1, \dots, D_{15} зсувного регістра. Вузол формування сигналу дозволу формує відповідний сигнал PE для зсувного регістра, що подається на його вхід S_1 . Вузол інверторів використовується для інвертування вихідних сигналів відповідних розрядів зсувного регістра RG.

Отже, у роботі розроблено функціональну схему МПК для оптоелектронного процесора розпізнавання зображень та зроблено порівняння схеми МПК, на R-автоматі та аналогічної на ПЗП [8, 19]. Дані порівняння подано у табл., звідки видно що кількість логічних елементів схеми МПК на ПЗП дорівнює 266 одиниць (без урахування складності ПЗП). Кількість логічних елементів схеми МПК на RA дорівнює 201 одиниці.

Кількісні показники схеми МПК двох варіантів

	Вузли	Тригери	Логічні елементи		
			АБО	I	НІ
МПК на ПЗП (без урахування ПЗП)	Регістр K555IP22	24×6 (D)	—	—	30
	Схема логічних блоків	1 (D)	1	24	1
	Дешифратор ИД7	—	—	36	24
	Всього	150	1	60	55
МПК на RA	Регістр K555IP24	8×6 (D)	8	34	14
	Схема логічних блоків	—	28	69	—
	Всього	48	36	103	14

Отже, у варіанті синтезу МПК на RA скорочуються апаратні витрати. Ще однією перевагою є можливість програмування структури МПК на ПЛІС, оскільки вона має просту комбінаційну складову на відміну від варіанта на ПЗП [19].

Висновки

1. Проведений аналіз МПА для реалізації МПК у складі блока керування оптоелектронного процесора розпізнавання зображень показав, що R-автомати мають певні переваги: а) з використанням одиничного позиційного коду спрощується процес абстрактного синтезу МПА і зменшується складність логічного перетворювача; б) у реалізації на ПЛІС не становить труднощів нарощування розрядності запам'ятовувальної частини у вигляді зсувного регістра.

2. У роботі синтезовано МПК. На першому етапі побудовано відповідну граф-схему алгоритму, а на другому етапі у виділеній множині лінійних ланцюгів ГСА використано кодування операторних вершин, що ототожнюється із внутрішніми станами автомата Мура та виконано структурний синтез RA: спрощено таблицю переходів або пряму структурну таблицю за формалізованою методикою.

3. Розроблено функціональну схему МПК на RA, яка на відміну від схеми МПК на ПЗП має простіший синтез комбінаційних схем через одиничне кодування станів МПА і, відповідно, простішу комбінаційну частину з можливістю реалізації та перепрограмування її на ПЛІС.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Техническое зрение роботов / [В. И. Мошкин и др.] ; под. общ. ред. Ю. Г. Якушенкова. — М. : Машиностроение, 1990. — 272 с.
2. Путятин Е. П. Обработка изображений в робототехнике / Е. П. Путятин, С. И. Аверин. — М. : Машиностроение, 1990. — 318 с.
3. Соловьев В. В. Логические проектирование цифровых систем на основе программируемых логических ИС. — М. : Горячая линия-Телеком, 2008. — 376 с.
4. Соловьев В. В. Использование входных буферов ПЛИС в качестве элементов памяти конечных автоматов / В. В. Соловьев, А. Климович // Chip news. — 2003. — № 2. — С. 24—28.
5. Лисенко Г. Л. Особливості реалізації в елементному базисі ПЛІС мікропрограмних R-автоматів / Г. Л. Лисенко, Т. Б. Мартинюк, Н. В. Фофанова // Вісник ЖІТІ. Спецвипуск. — 2002. — С. 203—206.

6. Системы оцувствлення и адаптивныя промышлєнныя роботы / [В. Б. Брагин, Ю. Г. Войлов, Ю. Д. Жаботинский и др.] — М. : Машиностроєние, 1985. — 256 с.
7. Патент України 52678, МПК7 G06K9/58, G06K9/52. Пристрій для розпізнавання симетричності зображень об'єктів / А. Г. Буда, Т. Б. Мартинюк, А. В. Кожем'яко, В. І. Андрущенко, С. А. Буда ; ВНТУ. — № 99021033, заявл. 23.02.99; опубл. 15.01.03, Бюл. № 1.
8. Мартинюк Т. Б. Особливості організації блока керування для системи розпізнавання двовимірних зображень / Т. Б. Мартинюк, А. Г. Буда, Н. В. Фофанова // Наукові праці ВНТУ. — 2008. — № 3 — [Електронний ресурс] — Режим доступу : <http://praci.vntu.edu.ua/article/view/1210>.
9. Буда А. Г. Оптиелектронний процесор розпізнавання симетричних зображень об'єктів / А. Г. Буда, С. П. Любич, М. В. Повидало // Інтелектуальні технології в системному програмуванні (ІТСП-2014); Третя всеукр. наук.-практ. конф., 23—25 квітня 2014 р. : матер. конф. — Хмельницький, Гонга А. С., 2014 — С. 271—272. — ISBN 978-966-96686-7-7.
10. Фофанова Н. В. Багатофункціональний блок керування для оптичної системи розпізнавання зображень / Н. В. Фофанова, А. Г. Буда, С. П. Любич // Оптиелектронні інформаційні технології «Фотоніка ОДС-2012». Шоста міжнар. наук.-техн. конф., 1—4 жовтня 2012 р. : тези доп. — Вінниця : вид-во ПП «ГД Едельвейс і К», 2012. — С. 52. — ISBN 978-966-2462-79-1
11. Мартинюк Т. Б. Реалізація блока керування на R-автоматі в елементному базисі ПЛІС / Т. Б. Мартинюк, Н. В. Фофанова, О. Л. Шеляков // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 2002. — № 2. — С. 51—55. — ISSN 1997-9266.
12. Баркалов А. А. Синтез микропрограммных устройств управления / А. А. Баркалов, А. В. Палагин. — К. : Наук. думка, 1997. — 136 с.
13. Бузунов Ю. А. Микропрограммные автоматы на параллельно-последовательных структурах / Ю. А. Бузунов, И. Г. Буренков, Н. Н. Шипилов // Управляющие системы и машины. — 1982. — № 2. — С. 26—29. — ISSN 0130-5395.
14. Кирпичников В. М. Синтез микропрограммных автоматов по граф-схемам алгоритмов с малым числом условных вершин / В. М. Кирпичников, В. А. Сяряков // Управляющие системы и машины. — 1978. — № 1. — С. 77—83. — ISSN 0130-5395.
15. Кожем'яко В. П. Синтез устройств управления на R-автомате / В. П. Кожем'яко, Т. Б. Мартинюк, К. В. Кожем'яко // Управляющие системы и машины. — 1995. — № 1/2. — С. 22—25. — ISSN 0130-5395.
16. Мартинюк Т. Б. Два варіанти синтезу мікропрограмних R-автоматів / Т. Б. Мартинюк, А. В. Кожем'яко, Н. В. Фофанова // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 1998. — № 4. — С. 44—48. — ISSN 1997-9266.
17. Мартинюк Т. Б. До оцінки складності комбінаційних схем R-автоматів / Т. Б. Мартинюк, К. В. Кожем'яко, А. В. Кожем'яко // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 1997. — № 1. — С. 31—34. — ISSN 1997-9266.
18. Уэйкерни Дж. Проектирование цифровых устройств. Т. 2. — М. : Постмаркет, 2002. — 545 с.
19. Кожем'яко В. П. Порівняльний аналіз варіантів синтезу мікропрограмних автоматів / В. П. Кожем'яко, Т. Б. Мартинюк, Н. В. Фофанова, В. В. Дмитрук // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 2008. — № 4. — С. 47—52. — ISSN 1997-9266.

Рекомендована кафедрою лазерної та оптиелектронної техніки ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 27.06.2014

Мартинюк Тетяна Борисівна — д-р техн. наук, доцент, професор кафедри лазерної та оптиелектронної техніки;

Буда Антоніна Геронійвна — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерного еколого-економічного моніторингу та інженерної графіки;

Любич Сергій Петрович — студент Інституту автоматизації, електроніки та комп'ютерних систем управління, e-mail: mistercer.2010@qip.ru;

Кириляченко Андрій Олександрович — студент Інституту автоматизації, електроніки та комп'ютерних систем управління, e-mail: endru.kao@yandex.ua

T. B. Martyniuk¹
A. H. Buda¹
S. P. Liubych¹
A. O. Kyryiachenko¹

Synthesis of control unit for the optoelectronic processor of image recognition

¹Vinnitsia National Technical University

Features of synthesis of the microprogram control device (MCD) on the basis of R-automat are considered in the paper. It allows to make the comparative analysis of two options of realization of MCD and to reveal advantages of synthesis on the R- automat and the corresponding functional realization of MCD.

Keywords: microprogram control device, R- automat, synthesis of microprogram automat

Martyniuk Tetiana B. — Dr. Sc. (Eng.), Assistant Professor, Professor of the Chair of Laser and Optoelectronic Technique;

Buda Antonina H. — Cand. Sc. (Eng.), Assistant Professor, Assistant Professor of the Chair of Engineering and Computer Graphics;

Liubych Serhii P. — Student of the Institute of Automation, Electronics and Computer Systems, e-mail: mistercer.2010@qip.ru;

Kyryiachenko Andrii O. — Student of the Institute of Automation, Electronics and Computer Systems, e-mail: endru.kao@yandex.ua

Т. Б. Мартынюк¹
А. Г. Буда¹
С. П. Любич¹
А. О. Кирияченко¹

Синтез блока управления для оптоэлектронного процессора распознавания изображений

¹Вінницький національний технічний університет

Рассмотрены особенности синтеза микропрограммного устройства управления (МУУ) на базе R-автомата. Выполнен сравнительный анализ двух вариантов реализации МУУ и выявлены преимущества синтеза на R-автомате и соответствующей функциональной реализации МУУ.

Ключевые слова: микропрограммное устройство управления, R-автомат, синтез микропрограммного автомата.

Мартынюк Татьяна Борисовна — д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры лазерной и оптоэлектронной техники;

Буда Антонина Герониевна — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры компьютерного эколого-экономического мониторинга и инженерной графики;

Любич Сергей Петрович — студент Института автоматизации, электроники и компьютерных систем управления, e-mail: mistercer.2010@qip.ru;

Кирияченко Андрей Александрович — студент Института автоматизации, электроники и компьютерных систем управления, e-mail: endru.kao@yandex.ua