

УДК 004.942

В.М. ГРИГА

Національний університет «Львівська політехніка», Україна

МЕТОДИ ПОБУДОВИ РЕКУРСИВНИХ ПРИСТРОЇВ СОРТУВАННЯ НА ОСНОВІ ПРОСТОРОВО-ЧАСОВИХ ГРАФІВ

Розглянуто особливості побудови рекурсивних пристроїв на основі просторово-часових графів для синтезу спеціалізованих пристроїв сортування чисел. В результаті проведено порівняльний аналіз синтезованих моделей рекурсивних пристроїв на ПЛІС. Отримані результати синтезу моделей базового та мінімізованого рекурсивних пристроїв, дають змогу зробити висновки, що дані пристрої мають майже однакову швидкодію, а по затратам обладнання кращі результати дають мінімізовані рекурсивні пристрої сортування.

Ключові слова: просторово-часовий граф, ярусно-паралельна форма, сортування, САПР, синтез, ПЛІС.

Вступ

В загальному комп'ютерні системи поділяють на універсальні та спеціалізовані. Значна частина комп'ютерних елементів цих систем використовується для вирішення різноманітних задач цифрової обробки сигналів та зображень, задач автоматизованого керування, задач комп'ютерного моделювання та інших.

Використання універсальних одно та багатопроекторних систем для вирішення вище приведених задач іноді, часто обмежене по досягненню потрібних технічних параметрів, які дані системи можуть не забезпечити в реальному масштабі часу а також дається взнаки вартісна ціна даних систем. Використання спеціалізованих комп'ютерних систем передбачає створення нових комп'ютерних елементів, орієнтованих на виконання конкретних алгоритмів чи класу алгоритмів, які будуть виконуватися вже не на існуючих а на створених комп'ютерних засобах.

На даний час з використанням потужних САПР для проектування різноманітних пристроїв, цей підхід є серйозною альтернативою першому підходові. В даній роботі розглядаються методи побудови рекурсивних спеціалізованих пристроїв сортування на основі методики просторово-часових графів, які застосовуються до інваріантних до зсуву або незалежних від вхідних даних алгоритмів.

Постановка задачі. В даній статті досліджуються методи побудови рекурсивних пристроїв на прикладі алгоритму сортування чисел з використанням методики просторово-часових графів а також робиться спроба синтезу отриманих рекурсивних пристроїв сортування на ПЛІС фірми Xilinx.

1. Вибір та опис алгоритму

Для дослідження методів побудови рекурсивних пристроїв на основі просторово-часових графів вибрано алгоритм сортування даних методом «бу-

льбашки». Сортування – це найбільш часто використовувана операція обробки даних, яка використовується в наукових обчисленнях [1]. На рис. 1 зображено граф алгоритму для сортування $x(i)$ послідовності вхідних чисел.

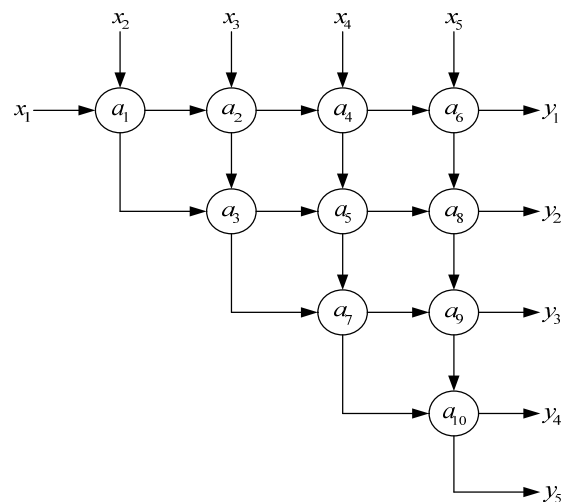


Рис. 1. Граф алгоритму сортування чисел методом «бульбашки»

На виході графу отримується нова послідовність вихідних чисел $y(i)$, яка складається з вхідних чисел переставлених в потрібному порядку.

Обчислювальний граф даного алгоритму складається з 10 вершин. Кожна з вершин виконує операцію порівняння двох вхідних чисел і на відповідних виходах отримуємо максимальне та мінімальне число. На рис. 2 зображена структурна схема однієї операції порівняння описуваного алгоритму сортування методом «бульбашки». Дана структурна схема складається з компаратора, який порівнює два вхідні числа та двох мультиплексорів, які керуються вихідним сигналом компаратора та одночасно видають на свої виходи максимальне та мінімальне число.

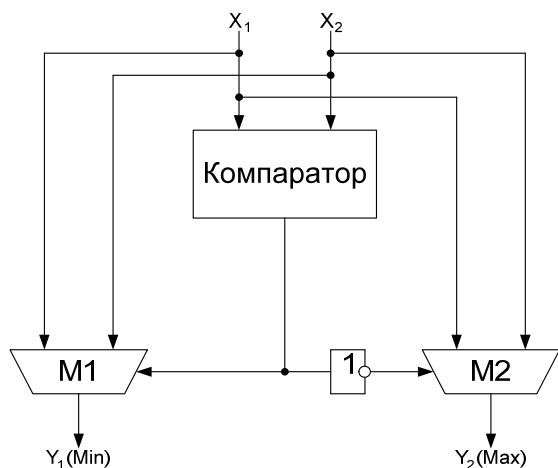


Рис. 2. Структурна схема операції порівняння алгоритму сортування

2. Просторово-часове проектування рекурсивних пристроїв сортування

Для побудови рекурсивних пристроїв сортування буде застосовано методіку просторово-часового перетворення графів. Для цього необхідно граф алгоритму, який подано вище розпаралелити таким чином, щоб бачити, які операції виконуються паралельно. Виявити паралелізм та знайти компромісні просторово-часові співвідношення дозволяє зображення обчислювального графу алгоритму в ярусно-паралельній формі [2, 3].

В ЯПФ графу алгоритму усі вершини одного ярусу залежать від результатів попереднього ярусу, і не залежать від вершин наступних ярусів. Ярусно-паралельна форма визначає ступінь паралелізму графу (максимальна кількість вершин на одному ярусі), а також мінімально можливий час обчислення даного алгоритму (кількість ярусів).

На рис. 3. зображено ярусно-паралельну форму вибраного алгоритму сортування.

ЯПФ даного алгоритму розділена на 7 ярусів і складається з 10 операційних вершин та 3 перепускних вершин. Операційні вершини виконують операцію порівняння а перепускні вершини з вказаними числовими значеннями тактів затримки затримують дані, які проходять по дузі через відповідний ярус і не беруть участі в обробці на даному ярусі. Слід зауважити, що подача вхідних даних та видача результатів теж повинні затримуватися на графі перепускними вершинами.

Для того, щоб побудувати рекурсивний пристрій потрібно здійснити просторово-часове перетворення ЯПФ алгоритму для отримання рекурсивного просторово-часового графу [4, 5]. З цієї метою на рис.3. біля кожної операційної вершини зображені числові значення тактів подачі та видачі даних з врахуванням послідовного часового виконання кожної вершини, оскільки рекурсивний просторово-часовий граф буде складатися з однієї вершини.

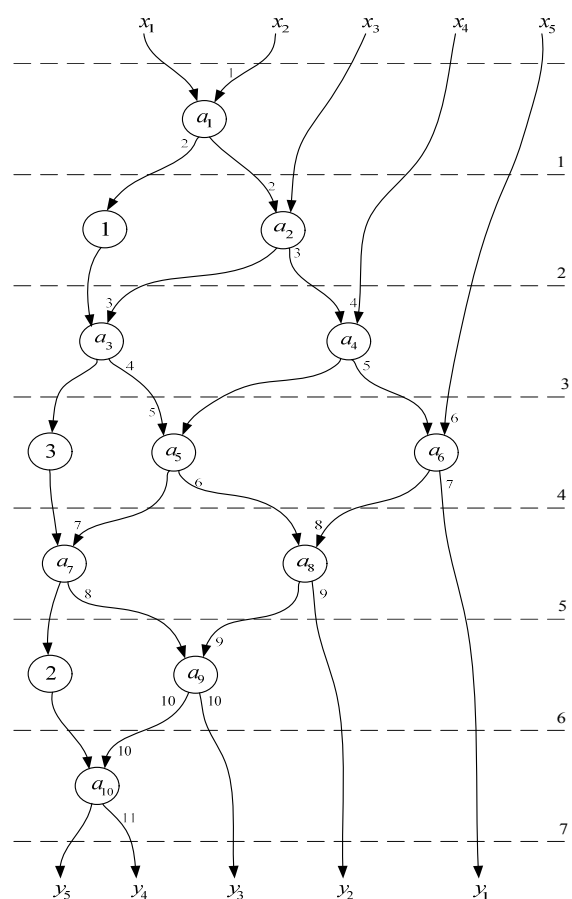


Рис. 3. ЯПФ графу алгоритму сортування

ЯПФ даного алгоритму розділена на 7 ярусів і складається з 10 операційних вершин та 3 перепускних вершин. Операційні вершини виконують операцію порівняння а перепускні вершини з вказаними числовими значеннями тактів затримки затримують дані, які проходять по дузі через відповідний ярус і не беруть участі в обробці на даному ярусі.

Слід зауважити, що подача вхідних даних та видача результатів теж повинні затримуватися на графі перепускними вершинами. Для того, щоб побудувати рекурсивний пристрій потрібно здійснити просторово-часове перетворення ЯПФ алгоритму для отримання рекурсивного просторово-часового графу [4, 5]. З цієї метою на рис. 3 біля кожної операційної вершини зображені числові значення тактів подачі та видачі даних з врахуванням послідовного часового виконання кожної вершини, оскільки рекурсивний просторово-часовий граф буде складатися з однієї вершини.

На рис. 4 зображено мінімізований рекурсивний просторово-часовий граф. Даний граф складається з однієї вершини, яка послідовно в часі виконує кожну операцію вибраного алгоритму. Вершина графу має 2 вхідних та 2 вихідних вузли. Біля дуг, які надходять на вхідні та вихідні вузли записані номери тактів під час яких проходять необхідні дані, а біля трикутних елементів затримки записано послідовність чисел, які поступають на вершини графу та їхню затримку на потрібну кількість тактів.

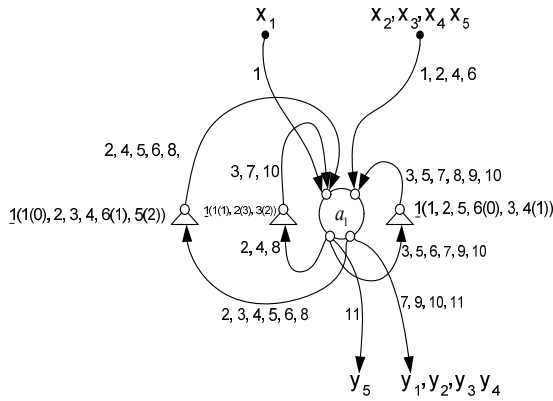


Рис. 4. Мінімізований рекурсивний просторово-часовий граф алгоритму сортування чисел

Часова затримка та пропускна здатність для базового рекурсивного просторово-часового графу співпадають і складають 11 тактів. Зазначимо, що маючи рекурсивний просторово-часовий граф можна переходити до побудови структури рекурсивного пристрою. Виділимо два методи побудови рекурсивних пристроїв. Суть першого методу полягає в побудові рекурсивного пристрою на основі базового рекурсивного просторово-часового графу. Базовий рекурсивний ПЧГ складається з однієї вершини а кількість його дуг відповідає кількості дуг ЯПФ графу поданої вище. На рис. 5 зображено базову структуру рекурсивного пристрою сортування чисел побудовану на основі базового рекурсивного просторово-часового графу

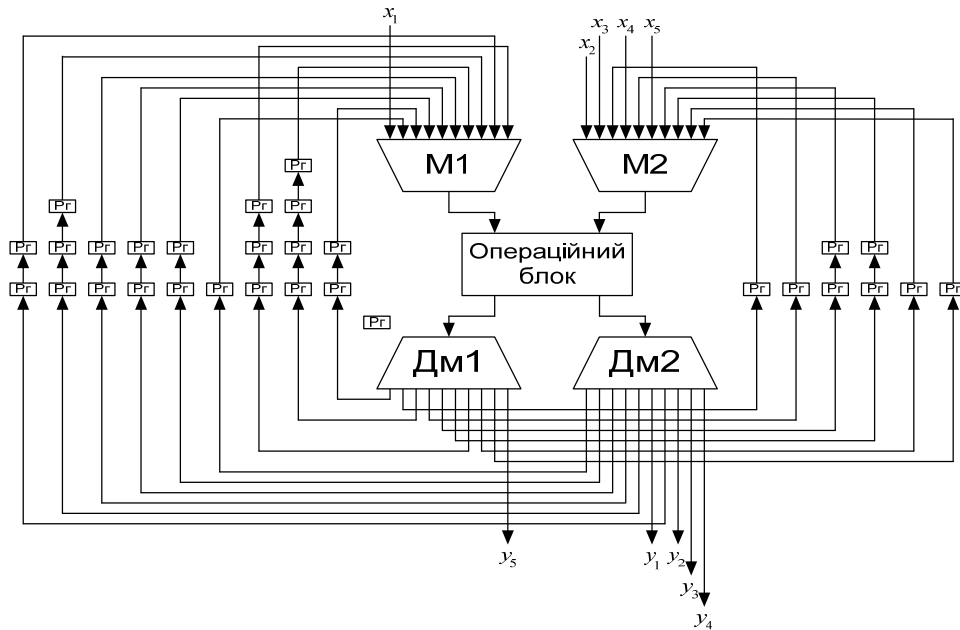


Рис. 5. Базова структура рекурсивного пристрою

Дана структура складається з операційного блоку, двох мультиплексорів, які подають дані на обробку, двох демультиплексорів за допомогою яких здійснюється видача проміжних та основних результатів та 29 регістрів, які здійснюють затримку даних на відповідну кількість тактів. Слід зауважити, що вхідним та вихідним вузлам просторово-часового графу на схемі відповідають мультиплексори та демультиплексори. Вершині графу, яка послідовно в часі виконує всі необхідні операції відповідає операційний блок, а дугам з елементами затримки відповідають зворотні зв'язки з регістрами затримки даних.

Другий метод побудови рекурсивних пристроїв впливає з першого. На рис. 4 зображено мінімізований рекурсивний просторово-часовий граф в якому здійснена часова мінімізація дуг. Вихідні дуги, які виходять з одного і того ж самого вихідного вузла і заходять в один і той самий вхідний вузол просторово-часового графу можна об'єднувати в одну дугу, оскільки кожна з цих дуг спрацьовує в різні моменти часу.

На рис. 6 зображено мінімізовану структуру рекурсивного пристрою сортування чисел побудовану на основі мінімізованого рекурсивного просторово-часового графу.

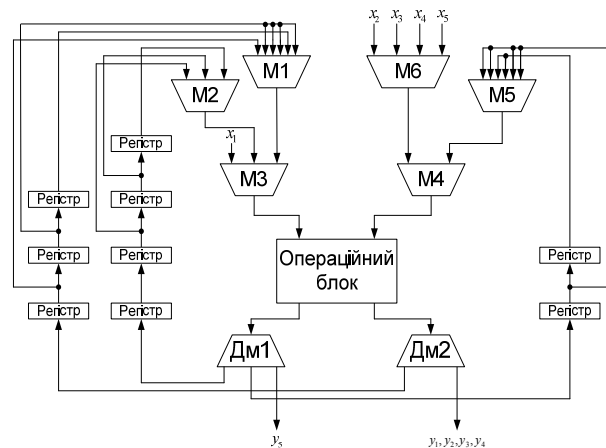


Рис. 6. Мінімізована структурна рекурсивного пристрою

Мінімізована структура рекурсивного пристрою на відміну від базової структури складається з 9 регістрів, які затримують проміжні дані та проміжні результати обробки, 2 демультимплексорів з меншою кількістю виходів та 6 різновходових мультимплексорів.

3. Результати досліджень

У даній роботі, з використанням інструментального засобу Active-HDL фірми Aldec, було розроблено моделі базового та мінімізованого рекурсивних пристроїв сортування. Було проведено симуляцію роботи основних пристроїв на функціональному рівні, а також, за допомогою програмного пакету Xilinx ISE виконано синтез пристроїв на ПЛІС фірми Xilinx. В таблиці 1. подані результати максимальної швидкодії та затрати обладнання отримані при синтезі даних пристроїв на ПЛІС сімейства Spartan2E фірми Xilinx.

Таблиця 1

Результати синтезу пристроїв на ПЛІС

Назва пристрою	Швидкодія	Затрати обладнання
Базовий рекурсивний пристрій	80M Hz	20% Slices
Мінімізований рекурсивний пристрій	82MHz	6% Slices

Як видно з табл. 1 швидкодія базового та мінімізованого рекурсивних пристроїв майже однакова а затрати обладнання кращі в мінімізованого рекурсивного пристрою.

Висновки

В результаті використання методики просторово-часових графів в роботі побудовано структури базового та мінімізованого рекурсивних пристроїв та зроблена порівняльна оцінка швидкодії та апаратних затрат за допомогою синтезу даних пристроїв на ПЛІС. Отримані результати синтезу моделей базового та мінімізованого рекурсивних пристроїв, дають змогу зробити висновки, що дані пристрої мають майже однакову швидкодію, а по затратам обладнання кращі результати дають мінімізовані рекурсивні пристрої сортування.

Література

1. Кун. С. Матричные процессоры на СБИС / С. Кун. – М.: Мир, 1991. – 456 с.
2. Мельник А.О. Спеціалізовані комп'ютерні системи реального часу / А.О. Мельник. – Львів: ДУ “ЛП”, 1996. – 53 с.
3. Дунець Р.Б. Аналіз та синтез топологій комп'ютерних видавничо-поліграфічних систем / Р.Б. Дунець. – Львів: НВФ “Українські технології”, 2003. – 180 с.
4. Ерметов Ю.О. Проектування обчислювальних структур на основі просторово-часових графів / Ю.О. Ерметов // Вісн. ХНУ. – 2006. – № 4. – С. 56-61.
5. Грига В.М. Застосування просторово-часових графів для синтезу спеціалізованих перемножувачів / В.М. Грига, Р.Б. Дунець // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2008. – Вип. 7 (35). – С. 113-117.

Надійшла до редакції 25.02.2009

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Ю.П. Рак, Державний університет безпеки життєдіяльності, Львів, Україна.

МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ РЕКУРСИВНЫХ УСТРОЙСТВ СОРТИРОВКИ НА ОСНОВЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ ГРАФОВ

В.М. Грига

Рассмотрены особенности построения рекурсивных устройств на основе пространственно-временных графов для синтеза специализированных устройств сортировки чисел. В результате проведен сравнительный анализ синтезированных моделей рекурсивных устройств на ПЛИС. Полученные результаты синтеза моделей базового и минимизированного рекурсивных устройств, дают возможность сделать выводы, что данные устройства имеют почти одинаковое быстродействие, а по затратам оборудования лучшие результаты дают минимизированные рекурсивные устройства сортировки.

Ключевые слова: пространственно-временной граф, ярусно параллельная форма, алгоритм, сортировка, САПР, синтез, ПЛИС.

METHODS OF CONSTRUCTION THE RECURSION DEVICES SORTING ON BASIS TIME-SPACE GRAPH

V.M. Gryga

The features of construction of recursion devices are considered on the basis of time-space graph for the synthesis of the specialized devices of sorting of numbers. As a result the comparative analysis of the synthesized models of recursion devices is conducted on FPGA. Obtained results of synthesis of basis and minimized recursive devices give an opportunity to make conclusions that devices have almost the same performance and regarding equipment minimized recursive devices give better results.

Key words: time-space graph, tier parallel form, algorithm, sorting, CADD, synthesis, FPGA.

Грига Володимир Михайлович – асистент кафедри спеціалізованих комп'ютерних систем Національного університету «Львівська політехніка», Львів, Україна, e-mail: vol_gr@mail.ru.