

$$\xi = \xi_{\text{ПР}} + A_1 e^{\delta t} \cdot \sin(\omega_B t + \theta^0), \quad (12)$$

а для швидкості його руху $v = \frac{d\xi}{dt}$.

З умови, що при $t = 0$, $v = 0$ та $\xi = 0$ можна визначити A та θ^0 , а також час спрацювання пристрою $t_{\text{СПР}}$ – час, коли $\xi(t)$ перший раз дорівнює $\xi_{\text{ПР}}$. Якщо при $t = t_{\text{СПР}}$ відключити обмотку, то під дією сили пружини елемент повертається в початковий стан.

За аналогією можна розглянути і варіант підйому вантажу. При цьому для початкового стану ($\xi = 0$) потрібно прийняти $F_0 > mg$, де m – маса рухомого елемента та вантажу.

Висновки

Отримані вирази для визначення електромагнітної сили перетворювача з незмінною магнітною провідністю повітряного проміжку та закону зміни в часі положення рухомого елемента перетворювача залежно від величини протидії дають можливість визначити примусову складову переміщення рухомого елемента, його швидкість та час переміщення.

Література

1. Электротехнический справочник: в 3 т. Т. 2. Электротехнические устройства / [под общей ред. МЭИ В. Г. Герасимова, П. Г. Грудинского, Л. А. Жукова и др.]. – 6-е изд., испр. и доп. – М.: Энергоиздат, 1981. – 640 с.
2. А. с. 473899 СССР. Бесконтактный преобразователь линейных перемещений / А.Ш. Ибрагимов, А.И. Шварцман. – заявл. 16.04.73; опубл. 23.12.75, Бюл. № 22.
3. Сливинская А. Г. Электромагниты и постоянные магниты / Сливинская А. Г. – М: Энергия, 1970. 248 с.

Надійшла 21.9.2010 р.

УДК 004.942

В.М. ГРИГА
НУ "Львівська політехніка"

ПРОСТОРОВО-ЧАСОВЕ ПЕРЕТВОРЕННЯ ПОТОКОВИХ ГРАФІВ АЛГОРИТМУ

Запропоновано матричний метод побудови повністю рекурсивних просторово-часових графів за допомогою інформаційних матриць. В результаті показано, на прикладі алгоритму сортування чисел методом "бульбашки", як за допомогою інформаційної матриці потокового графу алгоритму можна отримати інформаційну матрицю повністю рекурсивного просторово-часового графу та побудувати відповідний граф і структуру рекурсивного пристрою. Зроблено оцінку апаратних затрат на побудову рекурсивного пристрою.

The matrix method of construction fully of recursion time-space graph is offered by informative matrices. It is rotined as a result, on the example of algorithm of sorting of numbers the method of "bubble", as by an informative matrix flow graph of algorithm it is possible to get an informative matrix fully recursion time-space graph, and to build the proper count and structure of recursion device. The estimation of hardware expenses is done on the construction of recursion device.

Ключові слова: потоковий граф, просторово-часовий граф, ярусно-паралельна форма, інформаційна матриця, алгоритм, сортування, вузли.

Вступ

Для розв'язання більшості задач основою є алгоритм. Розрізняють багато способів задання алгоритму. В комп'ютерній техніці розповсюджені такі способи: вербально-дедуктивні, графічні, матричні (табличні) та аналітичні.

Графічні способи знайшли широке використання для проектування універсальних та спеціалізованих обчислювальних машин. Відомо, що математичною основою для проектування універсальних обчислювальних машин стала теорія абстрактних автоматів Мілі та Мура, фундаментальним поняттям яких є поняття стану, а математичною основою для проектування спеціалізованих обчислювальних машин стала теорія потокових графів (або графів потоків сигналів), у якій вершинам графів відповідають обчислювальні операції, а дугам – лінії передачі даних для обробки.

Графічні способи мають переваги та недоліки [1– 3]. До переваг належить висока наочність безпосереднього відображення структури зв'язків між елементами системи та широко описані в теорії графів методи їхнього опрацювання. До основних недоліків можна віднести труднощі автоматичного опрацювання графів в комп'ютерах та складність відображення графів з великою кількістю вершин.

Матричні способи представлення на відміну від графічних способів дають змогу зручно представляти, опрацьовувати та зберігати в комп'ютері структуру алгоритму з довільною кількістю елементів. Суттєвим недоліком матричних способів задання структури алгоритму є низька наочність. Тому

іноді важливо передбачати перетворення матриць у графи.

Із розвитком сучасних технологій виготовлення надвеликих інтегральних схем питання автоматизації проектування апаратних засобів набуває особливої актуальності. В даній статті пропонується матричний метод перетворення потокових графів, які дозволяють проектувати спеціалізовані пристрої для класу алгоритмів, структура яких не залежить від вхідних даних (алгоритми без галузей або інваріантні до зсуву алгоритми [4– 6]) у просторово-часові граfi [7], які дозволяють проектувати рекурсивні структури спеціалізованих пристроїв. В даному методі використовуються інформаційні матриці, які зберігають в собі основну інформацію про структуру алгоритму в графічній формі представлення. Інформаційну матрицю потокового графу можна перетворити в інформаційну матрицю рекурсивного просторово-часового графу враховуючи те, що на відміну від потокових графів, просторово-часові граfi характеризуються трьома типами об'єктів (вершини, дуги та вузли). Маючи інформаційну матрицю рекурсивного просторово-часового графу можна побудувати структуру рекурсивного пристрою.

Даний метод матричного перетворення можна автоматизовано використовувати, щоб полегшити перетворення потокових графів у просторово-часові граfi для проектування рекурсивних структур спеціалізованих обчислювачів.

Постановка задачі

В даній статті описано матричний метод перетворення потокових графів алгоритмів в повністю рекурсивні просторово-часові граfi алгоритму на прикладі алгоритму сортування методом "бульбашки". Показано, як за допомогою інформаційної матриці потокового графу алгоритму можна отримати інформаційну матрицю повністю рекурсивного просторово-часового графу алгоритму, і на основі отриманої матриці побудувати рекурсивний просторово-часовий граф та структуру рекурсивного пристрою, з оцінкою затрат обладнання на його реалізацію.

Приклад просторово-часового перетворення алгоритму

Розглянемо приклад перетворення графічного представлення обчислювальної структури алгоритму сортування чисел в матричне представлення.

На рис. 1 зображено потоковий граф алгоритму сортування чисел методом "бульбашки".

Потоковий граф алгоритму розділений на сім ярусів і складається з десяти операційних вершин та трьох перепускних вершин.

Операційні вершини виконують операцію порівняння, а перепускні вершини з вказаними числовими значеннями тактів затримки всередині вершини 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.

В даній роботі ставиться задача на основі заданого потокового графу алгоритму отримати повністю рекурсивний просторово-часовий граф алгоритму використовуючи матричні перетворення. Для цього потрібно побудувати інформаційну матрицю потокового графу алгоритму. Для побудови такої матриці необхідно припустити, що кожна вершина потокового графу алгоритму виконується послідовно в часі, оскільки кінцевою метою даної роботи є отримання повністю рекурсивної структури алгоритму сортування. На рис. 1 біля кожної операційної вершини можна бачити час надходження вхідних даних на входи вершини та час виходу оброблених даних з виходів вершини. Витрати часу на обробку даних кожною вершиною є однаковими і складають один часовий інтервал (такт). Інформаційна матриця потокового графу алгоритму $I_{ПГА}$ буде мати розмір 10x10, оскільки даний граф складається з десяти операційних вершин і буде мати вигляд:

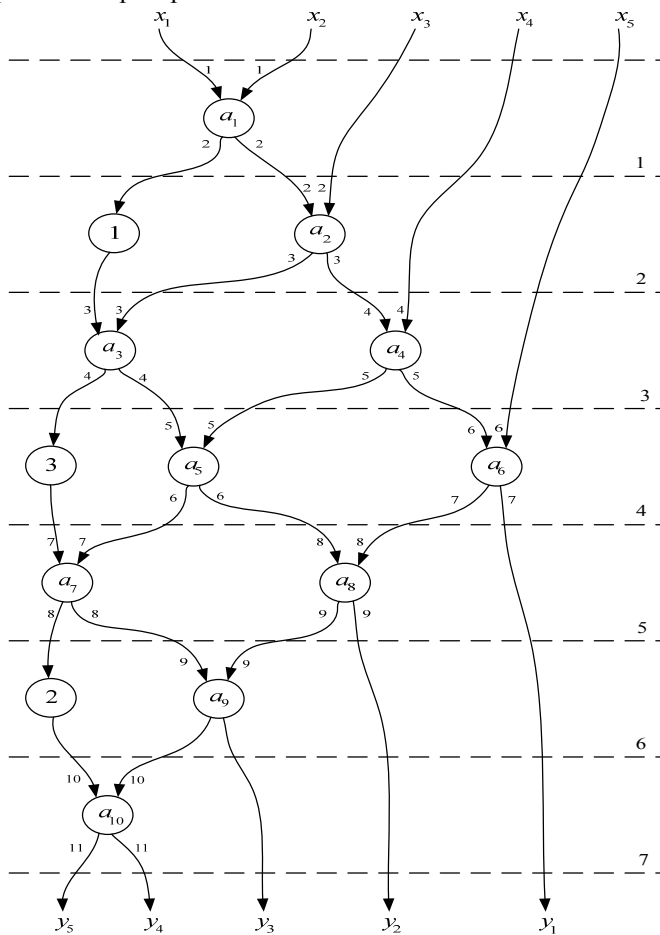


Рис. 1. Потоковий граф алгоритму сортування чисел

$$I_{\text{ПГА}} = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1_{1(2)}^{2(2)} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1_{1(3)}^{1(2)} & 1_{2(3)}^{1(3)} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1_{1(4)}^{2(3)} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1_{1(5)}^{2(4)} & 1_{2(5)}^{1(5)} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1_{1(6)}^{2(5)} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1_{1(7)}^{1(4)} & 0 & 1_{2(7)}^{1(6)} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1_{1(8)}^{2(6)} & 1_{2(8)}^{1(7)} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1_{1(9)}^{2(8)} & 1_{2(9)}^{1(9)} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1_{1(10)}^{1(8)} & 0 & 1_{2(10)}^{1(10)} & 0 \end{vmatrix}$$

Дана інформаційна матриця містить інформацію про потоковий граф алгоритму в цифровій формі. Великі одиниці вказують на те, що певні вершини графу мають зв'язок з іншими вершинами, верхні індекси біля даних одиниць вказують номер виходу та час виходу даних (подано в дужках) з вершини, нижні індекси означають номер входу у вершину та відповідно час входу. Щоб побудувати повністю рекурсивний просторово-часовий граф, потрібно на основі інформаційної матриці ПГ алгоритму побудувати інформаційну матрицю для рекурсивного просторово-часового графу, яка буде містити інформацію про те, що даний граф складається з однієї вершини, де за допомогою обернених зв'язків дані з виходів вершини поступають на входи в певні інтервали часу. Для цього потрібно об'єднати верхні та нижні індекси всіх елементів інформаційної матриці потокового графу алгоритму в один елемент. Інформаційна матриця рекурсивного просторово-часового графу $I_{\text{РПЧГ}}$ має наступний вигляд:

$$I_{\text{РПЧГ}} = \left| 1_{1(3,7,10),1(2,4,5,6,8,9),2(3,5,7,8,9,10)}^{1(2,4,8),2(2,3,4,5,6,8),1(3,5,6,7,9,10)} \right|$$

Як бачимо, дана матриця рекурсивного просторово-часового графу містить одну велику одиницю та номери входів та виходів вершини, на які поступають багато даних в різні моменти часу. Згідно з теорією просторово-часові графи на відміну від поточкових графів складаються з трьох типів об'єктів – вершин, дуг та вузлів. Вузлі бувають вхідними та вихідним і виконують функції подачі або видачі багатьох даних на вхід або вихід однієї вершини. В нашому випадку дані за допомогою обернених зв'язків будуть поступати з першого та другого вихідних вузлів на перший вхідний вузол та з першого вихідного вузла на другий вхідний вузол. Відповідний рекурсивний просторово-часовий граф побудований на основі інформаційної матриці зображено на рис. 2.

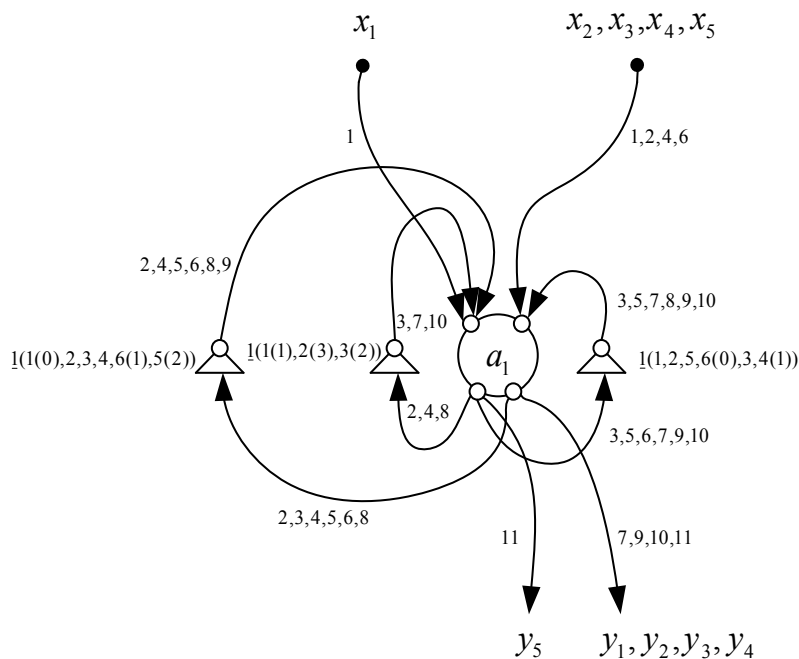


Рис. 2. Рекурсивний просторово-часовий граф алгоритму сортування чисел

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 подаються дані та проміжні результати, а біля трикутних елементів затримки записано послідовність чисел, які поступають на вершини графу та їхню затримку на побудови структури рекурсивного пристрою.

На рис. 3 зображено структуру рекурсивного пристрою сортування чисел, побудовану на основі отриманого рекурсивного просторово-часового графу.

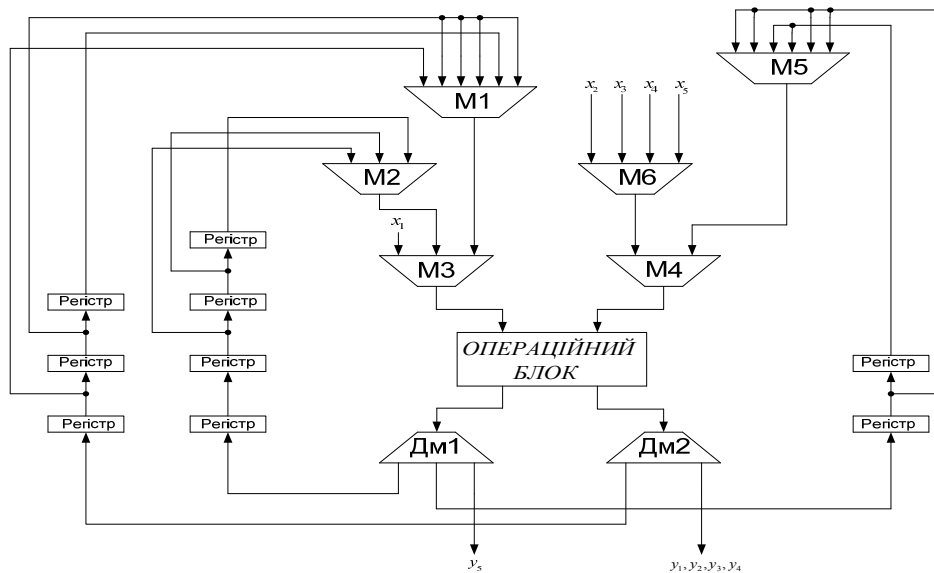


Рис. 3. Структура рекурсивного пристрою сортування чисел

Структура рекурсивного пристрою складається з дев'яти регістрів, які затримують дані та проміжні результати обробки, двох демультиплексорів та шести різновходових мультиплексорів. Слід зазначити, що на рисунку надано структуру інформаційного тракту рекурсивного пристрою сортування чисел. Для керування мультиплексорами та демультиплексорами потрібно ще побудувати керуючий пристрій. Для проектування рекурсивної структури пристрою сортування потрібно затратити менше апаратури в порівнянні з базовою потоковою структурою, яка має кращі часові характеристики.

Висновки

В результаті використання запропонованого матричного методу в роботі побудовано структуру повністю рекурсивного пристрою сортування чисел та зроблено оцінку апаратних затрат на його реалізацію. Отримані результати затрат обладнання на реалізацію рекурсивного пристрою дають змогу зробити висновки про значно менші затрати на побудову в порівнянні з базовим варіантом. Використання даного матричного методу дозволяє автоматизувати процес проектування конвеєрних, паралельних та рекурсивних обчислювальних структур.

Література

1. Кун. С. Матричные процессоры на СБИС / Кун. С. – М.: Мир, 1991. – 754 с.
2. Дунець Р. Б. Аналіз та синтез топологій комп'ютерних видавничо-поліграфічних систем: [монографія] / Дунець Р. Б. – Львів: НВФ “Українські технології”, 2003. – 145 с.
3. Теория графов / [пер. с англ.]. – М.: Наука, 1980. – 378 с.
4. Мельник А. О. Спеціалізовані комп'ютерні системи реального часу / Мельник А. О. – Львів: ДУ “ЛП”, 1996. – 53с.
5. Мельник А. О. Архітектура комп'ютера. Наукове видання / Мельник А. О. – Луцьк: Волинська обласна друкарня, 2008. – 470 с.
6. A Theory of Timed Automata – R.Alur, D.Dill, 1993. – 245p.
7. Ерметов Ю. О. Проектування обчислювальних структур на основі просторово-часових графів / Ю. О. Ерметов // Вісник Хмельницького національного університету. – 2006. – № 4.

Надійшла 11.9.2010 р.