

найгірші результати серед трьох алгоритмів для великих списків транзакцій. З цих результатів можна зробити висновок, що для оптимальної швидкодії сортування великих обсягів даних у банківській системі рекомендується використовувати Heap sort.

Список використаних джерел

1. Introduction to Algorithms / Т. Н. Cormen, С. Е. Leiserson, R. L. Rivest, С. Stein. MIT Press, 2009.
2. Sedgewick R., Wayne K. Algorithms, Addison-Wesley Professional, 2011.
3. Weiss M. A. Data Structures and Algorithm Analysis in Java, Pearson, 2011.

УДК 004.94

*Войтенко М. О., здобувач
1 курсу ОС «Магістр»
спеціальності 122 Комп'ютерні науки,
Бабаков Р. М., д-р техн. наук, доцент,
професор кафедри інформаційних
технологій*

ПРЕДСТАВЛЕННЯ РОЗВ'ЯЗКУ ЗАДАЧІ АЛГЕБРАЇЧНОГО СИНТЕЗУ МІКРОПРОГРАМНОГО АВТОМАТА У ВИГЛЯДІ ГРАФА

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

Сучасні технології виробництва цифрових систем досягли рівня, за якого проектування обчислювальних пристроїв здійснюється в автоматичному або автоматизованому (напівавтоматичному) режимі на основі певних вхідних даних. Автоматизація процесу розробки цифрових систем та їх складників дає змогу не тільки зменшити час виготовлення пристроїв, а й провести оптимізацію характеристик пристроїв, як-от вартість, енергоспоживання, надійність тощо [1].

Одним із центральних складників сучасних цифрових систем є пристрій керування, який координує роботу усіх блоків системи і припускає різні пособи структурної організації [2]. Одним із таких способів є мікропрограмний автомат з операційним автоматом переходів (МПА з ОАП), у якому перетворення кодів станів під час автоматних переходів здійснюється за допомогою певної множини арифметико-логічних операцій [1].

Одним із етапів синтезу МПА з ОАП є так званий алгебраїчний синтез автомата [3]. В процесі алгебраїчного синтезу відбуваються такі дії:

1. Станам автомата ставляться у відповідність унікальні коди із певної множини кодів станів. Коди станів можуть розглядатись як алфавіти різних алгебр та інтерпретуватись як цілі числа, бітові вектори або в інший спосіб. Оскільки схемна реалізація кодів станів потребує їх представлення у двійковій формі, інтерпретація у вигляді бітових векторів є обов'язковою.

2. Автоматним переходам ставляться у відповідність певні операції переходів (ОП) із певної множини ОП. Використання однієї ОП для реалізації декількох

автоматних переходів є припустимим і сприяє зменшенню загальної кількості використовуваних ОП та відповідно зменшенню складності схеми автомата.

Спосіб виконання цих пунктів називають задачею алгебраїчного синтезу. Сьогодні розв'язання цієї задачі не є чітко формалізованим і не дає змогу автоматизувати процес алгебраїчного синтезу МПА з ОАП. Це ускладнює практичне застосування МПА з ОАП під час проектування пристроїв керування сучасних цифрових систем. Отже, актуальною науково-практичною проблемою є розробка алгоритмів і методів розв'язання цієї задачі, а також автоматизація процесу алгебраїчного синтезу МПА з ОАП шляхом програмної реалізації відповідних алгоритмів.

МПА з ОАП може бути заданий у різний спосіб: за допомогою граф-схем алгоритмів, у вигляді операційної таблиці переходів, файлом у форматі «kiss2» тощо [1, 3]. Однак ці способи містять інформацію, зайву для опису функції переходів автомата (зокрема мікрооперації, що формуються автоматом). Для того, щоб представити у наочній формі лише функцію переходів автомата, пропонується використати форму орієнтованого графу. В такому графі кожна вершина відповідатиме окремому стану автомата, кожна дуга – автоматному переходу.

В якості прикладу задамо функцію переходів МПА з ОАП графом, наведеним на рис. 1.

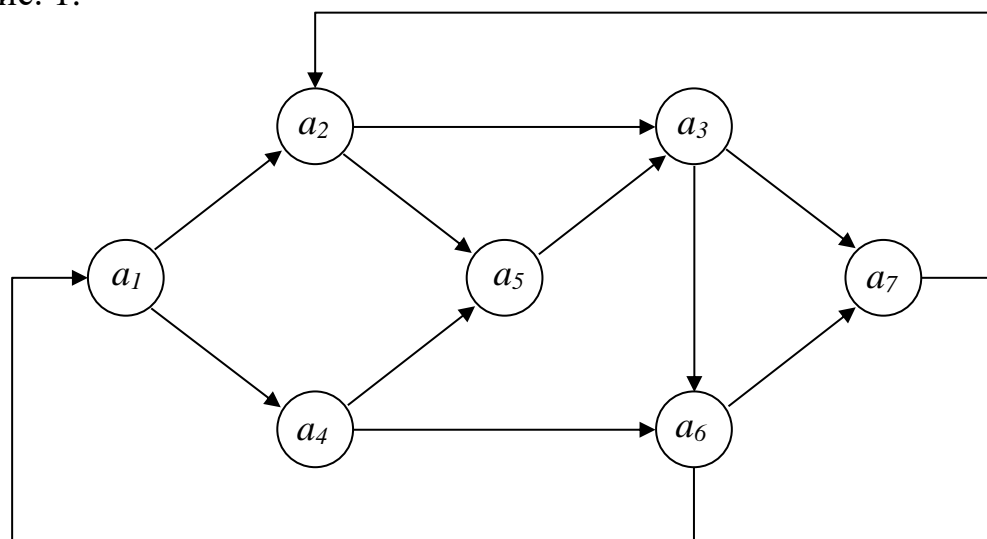


Рис. 1. Завдання функції переходів автомата орієнтованим графом

Аналіз графу показує, що автомат містить 7 станів a_1 – a_7 , для кодування яких достатньо трьох двійкових розрядів [2]. Нехай для МПА з ОАП задані три операції переходів, аргументом яких є код поточного стану автомата. Перша операція виконує додавання до коду поточного стану числа 1, друга – додавання числа 2, третя – додавання числа 4. Будемо позначати ці операції як «+1», «+2» та «+3» відповідно.

Оскільки ці операції передбачають подальшу схемну реалізацію, будемо вважати, що кожна з операцій виконується в межах трьох двійкових розрядів. Це означає, що аргументи операції (код поточного стану) і її результат (код стану переходу) завжди лежать у діапазоні $[0; 7]$, тобто в діапазоні трирозрядних двійкових чисел. Наприклад, під час додавання до числа 7 одиниці ми отримуємо 0 та ін. Це називається виконанням операцій «за модулем 8».

Виконаємо розглянуті вище дії, передбачені процесом алгебраїчного синтезу МПА з ОАП. Зіставимо станам a_1 – a_7 числові коди із діапазону $[0; 7]$, а автоматним переходам – операції «+1», «+2», «+3». Спосіб, у який це зроблено, у цій роботі не розглядається. Результат, який є розв’язком задачі алгебраїчного синтезу МПА з ОАП, наведений на рис. 2.

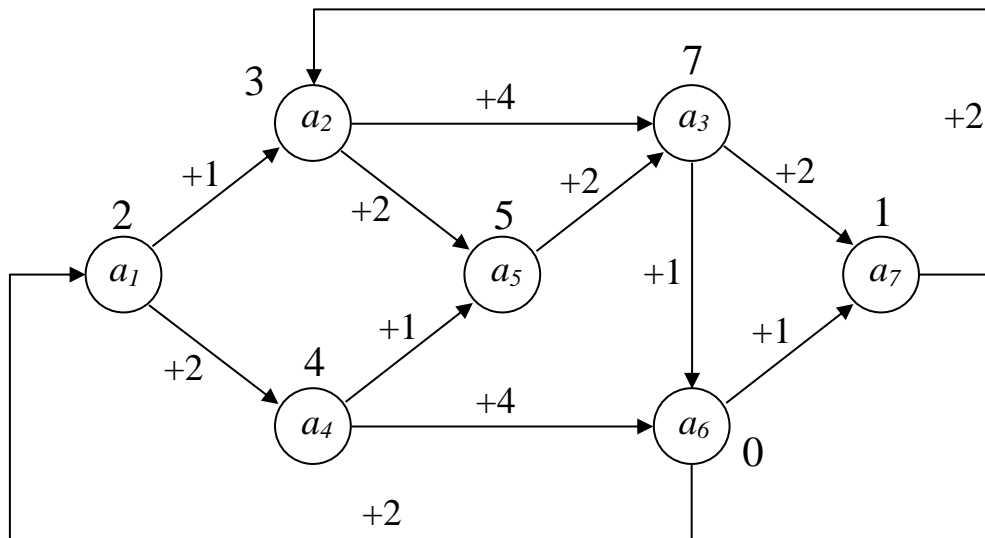


Рис. 2. Результат алгебраїчного синтезу

Аналіз рис. 2 дає змогу переконатись, що при обраних кодах станів усі автоматні переходи можуть бути реалізовані за допомогою трьох зазначених операцій. Наприклад, перехід зі стану a_3 з кодом 7 у стан a_7 з кодом 1 виконується за допомогою операції «+2». Дійсно: $(7 + 2) \bmod 8 = 9 \bmod 8 = 1$.

Розглянуте представлення розв’язку задачі алгебраїчного синтезу МПА з ОАП у вигляді графу дає змогу відобразити лише ту інформацію, яка стосується функції переходів автомата. Графове представлення надає потенційну можливість застосування різноманітних відомих методів із теорії графів для створення методів алгебраїчного синтезу МПА з ОАП, що в підсумку сприятиме вирішенню проблеми автоматизації синтезу даного класу цифрових пристроїв керування.

Список використаних джерел

1. Бабаков Р. М. Структури і методи синтезу мікропрограмних автоматів з операційним перетворенням кодів станів: дис. ... д-ра техн. наук: 05.13.05. Харків, 2020. 399 с.
2. Logic synthesis for FPGA-based finite state machines: monograph / A. A. Barkalov, L. A. Titarenko, R. M. Babakov, A. V. Baiev. Vinnitsya: DonNU Vasyl' Stus. 2016. 195 p.
3. Barkalov A. A., Titarenko L. A., Babakov R. M. Synthesis of VHDL Model of a Finite State Machine with Datapath of Transitions. *Радіоелектроніка. Інформатика. Управління*. 2023. Vol. 4. С. 135–147.