

С. Ю. Куницька, к.т.н., доцент
Черкаський державний технологічний університет
б-р Шевченка, 460, м. Черкаси, 18000, Україна
Kunitskaya33@gmail.com

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ МОДЕЛЮВАННЯ АРИФМЕТИЧНИХ ПРИСТРОЇВ

Стаття присвячена питанню дослідження результатів моделювання арифметичних пристроїв та аналізу форм представлення інформації. Проведено класифікацію моделей арифметичних пристроїв з відповідною нумерацією способів кодування цифр та представлено у вигляді множин. Результати класифікованих моделей записано у вигляді таблиці, де перелічені способи кодування, які й забезпечують найменшу складність математичних моделей пристрою.

Завдяки отриманим результатам моделювання з метою вибору способу кодування проаналізовано коди цифр, які забезпечать мінімальну складність арифметичних пристроїв при заданій швидкодії, й доведено, що шість визначених способів кодування і є найбільш цікавими для подальшого дослідження.

Ключові слова: моделювання, синтез, арифметичні пристрої, кодування цифр, множини, безнадлишкова система числення.

Актуальність проблеми. Проблема підвищення швидкодії і продуктивності пристроїв обробки інформації – це суттєва та вагома актуальна проблема на сучасному просторі розвиваючих електронних пристроїв [1–2].

Тому задача аналізу форм представлення інформації спрямована на вибір таких форм, які забезпечать мінімальну складність арифметичних пристроїв при конкретно заданому параметрі швидкодії [3].

Найбільш цікаві результати моделювання арифметичних пристроїв представлені в таблицях. Але для подальших досліджень було обрано тільки 1 з 24 форм представлення інформації [4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Форми представлення інформації, які потребують найменшої апаратної складності пристрою, забезпечать найбільш прості алгоритми функціонування цього пристрою. Цим питанням приділяється велика увага як вітчизняними, так і зарубіжними науковцями [1–6]. Тому перспективним напрямком досліджень є синтез кодів, які були б оптимальні з точки зору рівня надлишковості [7–8], завдяки отриманим результатам модельованих арифметичних пристроїв.

Мета статті. Розробити спосіб оцінювання результатів моделювання арифметичних пристроїв та сформулювати рекомендації по

впровадженню позиційних двійкових надлишкових систем числення.

Основний матеріал. На основі результатів моделювання трирозрядних арифметичних пристроїв, які реалізують операції над різними формами представлення кодів цифр, наведено класифікацію форм представлення трирозрядних кодів на основі складності апаратної реалізації.

Класифікуємо коди цифр, які відображені в табл. 1, за наявністю вагових коефіцієнтів розрядів як вагомні та невагомні коди, а потім серед невагомних кодів виберемо коди цифр системи остаточних класів.

При визначенні вагомних кодів цифр розглянуто пряме та інверсне кодування числа в цілому, а також порозрядне пряме та інверсне кодування числа.

Для полегшення процесу дослідження вводимо методику синтезу вагових коефіцієнтів розрядів на основі результатів моделювання арифметичних пристроїв [8].

Алгоритм є таким:

- відобразити коди цифр у вигляді масиву;
- інвертувати стовпці масиву, якщо в першому рядку існує одиниця;
- вагомому коефіцієнту стовпця дати значення кодуєчої цифри, якщо в рядку стовпця наявна одиниця;
- надалі вагові коефіцієнти отримувати завдяки підбору з відніманням вагів.

Згідно з класифікацією досліджених кодових сукупностей за наявності вагових коефіцієнтів з'явилася можливість отримати такі множини:

$$M_{вк}^e = \{1, 2, 3, 5, 7, 8, 13, 14, 19, 21\};$$

$$M_{сок}^e = \{10, 12, 15, 16, 17, 20, 22\};$$

$$M_{кц}^e = \{4, 6, 9, 11, 21, 23\},$$

де $M_{вк}^e$, $M_{сок}^e$, $M_{кц}^e$ – це множини таких кодів: вагомих кодів цифр, кодів цифр системи остаточних класів, кодів цифр, що не класифікуються, та класифікованих за ознакою вагових коефіцієнтів.

Результати відображено в табл. 1, де наведено позначення форм представлення інформації, які визначаються значеннями кодів перших шести цифр відповідно:

1 – 012345; 2 – 012367; 3 – 021346; 4 – 021356; 5 – 021357; 6 – 021457; 7 – 024675; 8 – 026137; 9 – 031756; 10 – 034125; 11 – 034167; 12 – 034216; 13 – 041537; 14 – 042637; 15 – 052143; 16 – 052146; 17 – 061425; 18 – 104576; 19 – 105476; 20 – 124306; 21 – 124307; 22 – 125034; 23 – 125073; 24 – 130246.

Доведені результати розрахунку складності дискретних моделей арифметичних пристроїв класифікуємо за такими ознаками [8]:

1. Складність реалізації пристрою додавання та віднімання натуральних чисел.
2. Складність реалізації пристроїв віднімання цілих чисел.
3. Складність реалізації пристроїв ділення.
4. Складність реалізації пристроїв порівняння.
5. Сума складностей реалізацій загальної множини пристроїв.

Надалі вводимо шкалу складності по зменшенню для забезпечення коректності класифікації за першою ознакою.

Отримані результати класифікації моделей арифметичних пристроїв з відповідною нумерацією способів кодування цифр згідно з табл. 1 можна представити у вигляді таких різноманітних множин:

- множина моделей пристроїв додавання та віднімання натуральних чисел, складність яких більша складності моделі пристрою, який реалізує безнадлишкову систему числення:

$$M_{св}^{бб} = \{6, 18\};$$

- множина моделей пристроїв додавання та віднімання натуральних чисел, склад-

ність яких порівняна зі складністю моделі пристрою, який реалізує безнадлишкову систему числення:

$$M_{св}^б = \{1, 3, 4\};$$

- множина моделей пристрою додавання та віднімання натуральних чисел, складність яких більша складності моделі пристрою, який реалізує систему залишкових класів:

$$M_{св}^{бсок} = \{2, 5, 7, 8, 9, 11, 13, 14, 19, 21, 23\};$$

- множина моделей пристрою додавання та віднімання натуральних чисел, складність яких порівняна зі складністю моделі пристрою, що реалізує систему залишкових класів:

$$M_{св}^{сок} = \{10, 12, 15, 16, 17, 20, 22, 24\};$$

- множина моделей пристрою віднімання цілих чисел, складність яких порівняна зі складністю моделі пристрою, що реалізує систему залишкових класів:

$$M_{г}^{сок} = \{6, 11, 12, 15, 16, 17, 18, 22, 23\};$$

- множина моделей пристрою віднімання цілих чисел, складність яких порівняна зі складністю моделі пристрою, що реалізує безнадлишкову систему числення:

$$M_{г}^б = \{1, 3, 8, 21\};$$

- множина моделей пристрою віднімання цілих чисел, складність яких менша складності моделі пристрою, що реалізує безнадлишкову систему числення:

$$M_{г}^{мб} = \{2, 4, 5, 7, 9, 10, 13, 14, 19, 20, 24\};$$

- множина моделей пристрою ділення, складність яких порівняна зі складністю моделі пристрою, що реалізує систему залишкових класів:

$$M_{о}^{сок} = \{10, 11, 12, 15, 16, 17, 20, 21, 23\};$$

- множина моделей пристрою ділення, складність яких менша складності моделі пристрою, що реалізує систему остаточних класів:

$$M_{о}^{мсок} = \{3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 13, 14, 22, 24\};$$

- множина моделей пристрою ділення, складність яких порівняна зі складністю моделі пристрою, що реалізує безнадлишкову систему числення:

$$M_{о}^б = \{1\};$$

- множина моделей пристрою ділення, складність яких менша складності моделі пристрою, що реалізує безнадлишкову систему числення:

$$M_{о}^{мб} = \{2, 18, 19\};$$

- множина моделей пристрою порівняння, складність яких порівняна зі складністю моделі пристрою, що реалізує систему залишкових класів:

$$M_c^{cok} = \{10, 11, 12, 15, 16, 20, 21, 22, 23\};$$

- множина моделей пристрою порівняння, складність яких менша складності моделі пристрою, що реалізує систему залишкових класів:

$$M_c^{msok} = \{17\}.$$

Для подальшого спрощення досліджень результати класифікованих моделей записано в табл. 1, де правий стовпець містить перелічені способи кодування, які й забезпечують найменшу складність математичних моделей пристрою.

Але обмежимося такими множинами способів кодування:

$$M_1^* = M_{cv}^{cok} \cap M_c^{mb} \cap M_s^{mb} = \{24\}.$$

Враховуючи обмеження на вагому значні коди цифр отримаємо таке рівняння:

$$M_1 = M_1^* \cap M_{vk}^e = M_{cv}^{cok} \cap M_c^{mb} \cap M_s^{mb} \cap M_{vk}^e = \{0\}.$$

Зробимо висновок: отримати систему числення тільки на основі способів кодування, які й забезпечать найменшу складність математичних моделей пристрою, неможливо.

Тому збільшимо кількість способів кодування за рахунок найменшого збільшення складності наборів пристроїв.

Множина для вагому значних кодів цифр буде такою:

$$M_2^* = (M_{cv}^{cok} \cup M_{cv}^{bcok}) \cap M_c^{mb} \cap M_s^{mb};$$

$$M_2 = M_2^* \cap M_{vk}^e = (M_{cv}^{cok} \cup M_{cv}^{bcok}) \cap M_c^{mb} \cap M_s^{mb} \cap M_{vk}^e.$$

Завдяки цьому виразу доведено, що шість визначених способів кодування і є найбільш цікавими для подальшого дослідження, що дозволяють отримати системи числення з активною оптимальною інформаційною надлишковістю.

Таблиця 1

Класифікація форм представлення трирозрядних кодів на основі складності апаратної реалізації

	Більша складності моделі пристрою, що реалізує безнадлишкову систему числення	Порівняна зі складністю моделі пристрою, що реалізує безнадлишкову систему числення	Більша складності моделі пристрою, що реалізує систему залишкових класів	Порівняна зі складністю моделі пристрою, що реалізує систему залишкових класів
Складність реалізації пристроїв додавання та віднімання натуральних чисел	6, 18	1, 3, 4	2, 5, 7, 8, 9, 11, 13, 14, 19, 21, 23	10, 12, 15, 16, 17, 20, 22, 24
	Порівняна зі складністю моделі пристрою, що реалізує систему залишкових класів	Менша складності моделі пристрою, що реалізує систему залишкових класів	Порівняна зі складністю моделі пристрою, що реалізує безнадлишкову систему числення	Менша складності моделі пристрою, що реалізує безнадлишкову систему числення
Складність реалізації пристроїв віднімання цілих чисел	6, 11, 12, 15, 16, 17, 18, 22, 23		1, 3, 8, 21	2, 4, 5, 7, 9, 10, 13, 14, 19, 20, 24
Складність реалізації пристроїв ділення	10, 11, 12, 15, 16, 17, 20, 21, 23	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 13, 14, 22, 24	1	2, 18, 19
Складність реалізації пристроїв порівняння	10, 11, 12, 15, 16, 20, 21, 22, 23	17	1, 9	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 13, 14, 18, 19, 24
Загальна складність реалізації пристроїв	6, 10, 11, 12, 15, 16, 17, 20, 21, 22, 23	18	1, 3, 4, 8, 9	2, 5, 7, 13, 14, 19, 24

Висновки:

1. Введено методику синтезу вагових коефіцієнтів розрядів на основі отриманих результатів моделювання арифметичних пристроїв.

2. Отримано множини згідно з класифікацією досліджених кодових сукупностей за наявністю вагових коефіцієнтів.

3. Класифіковано форми представлення трирозрядних кодів на основі складності апаратної реалізації.

4. Доведено, що шість визначених способів кодування і є найбільш цікавими для подальшого дослідження, що дозволяють отримати системи числення з активною оптимальною інформаційною надлишковістю.

Список літератури

1. Рудницький В. Н. Исследование методов синтеза кодов для специализированных процессоров / В. Н. Рудницький, О. А. Церковный // Сборник тезисов докладов на IV научно-технической конференции РВ. – Краснодар : КВВКИУ РВ, 1996. – С. 121.
2. Дадаев Ю. Г. Теория арифметических кодов / Ю. Г. Дадаев. – М. : Радио и связь, 1981.
3. Рудницький В. Н. Определение модели отказов специализированных процессоров / В. Н. Рудницький, Г. О. Корочкин // Сборник тезисов докладов на IV научно-технической конференции РВ. – Краснодар : КВВКИУ РВ 1996. – С. 102–120.
4. Рудницький В. М. Теоретичні основи створення природно-надійних комп'ютерних систем / В. М. Рудницький, Н. М. Пантелєєва. – Черкаси : Брама-Україна, 2009. – 200 с.
5. Брюхович Е. И. О новых аспектах в подходе к решению некоторых проблем вычислительной техники в современных условиях / Е. И. Брюхович // УСИМ. – 1981. – № 2. – С. 32–37.
6. Кодирование данных в информационно-регистрающих системах / А. П. Стахов, Б. Я. Лихтиндер, Ю. П. Орлович, Ю. А. Старожил. – К. : Техника, 1985. – 127 с.
7. Повышение эффективности обработки информации в АСУ / [О. П. Малофей, А. В. Ткаченко, С. Г. Рассомахин и др. ; под ред. В. И. Ключко]. – МО СССР, 1985. – 328 с.
8. Кучеренко С. Ю. Поиск позиционных систем счисления по результатам моделирования / С. Ю. Кучеренко // Проблемы информатики и моделирования : материалы девятой междунар. науч.-техн. конф. – Х. : НТУ "ХПИ", 2009. – С. 15.

References

1. Rudnytsky, V. N. and Tserkovnyi, O. A. (1996) The study of methods of code synthesis for specialized processors. *Sbornik tezisev dokladov na IV nauchno-tehnicheskoi konferentsii RV*. Krasnodar: KVVKYU RB, p. 121 [in Russian].
2. Dadaev, Ju. G. (1981) The theory of arithmetic codes. Moscow: Radio i svyaz' [in Russian].
3. Rudnytsky, V. N. and Korochkyn, G. O. (1996) The determination of failure model of specialized processors. *Sbornik tezisev dokladov na IV nauchno-tehnicheskoi konferentsii RV*. Krasnodar: KVVKYU RB, pp. 102–120 [in Russian].
4. Rudnytsky, V. N. and Panteleeva, N. M. (2009) Theoretical bases for the creation of natural-reliable computer systems. Cherkasy, Brama-Ukraine, 200 p. [in Ukrainian].
5. Bruhovich, E. I. (1981) On new aspects in the approach to the solution of some problems of computer science in modern conditions. *USyM*, (2), pp. 32–37 [in Russian].
6. Stakhov, A. P., Lyhtynder B. Ja., Orlovich, Yu. P. and Starozhil, Yu. A. (1985) Data coding in information and register systems. Kiev: Tehnika, 127 p. [in Russian].
7. Malofij, O. P., Tkachenko, A. V., Rassomahyn, S. G. et al. (1985) Improving of the effectiveness of information processing in ACS. In: V. I. Klyuchko (Ed.). *MO USSR*, 328 p. [in Russian].
8. Kucherenko, S. Y. (2009) The search of positional notation after the results of modeling. *Problemy informatiki i modelirovaniya: the materials of the ninth international scientific and technical conference*. Kharkov: NTU "KPI", p. 15 [in Russian]

Стаття надійшла до редакції 29.08.2014.

S. Yu. Kunitskaya, *Ph.D., associate professor*
Cherkasy State Technological University
Shevchenko blvd., 460, Cherkasy, 18006, Ukraine
Kunitskaya33@gmail.com

THE STUDY OF THE RESULTS OF ARITHMETIC DEVICE SIMULATION

The article is devoted to the study of arithmetic device simulation results and the analysis of the forms of information presentation. Forms of information, requiring the least hardware complexity of the device, will provide the most simple algorithms for the operation of this device. The synthesis of code that would be optimal in terms of redundancy level, the results obtained through simulated arithmetic devices are a promising area of research.

To facilitate the study of synthesis method weighting coefficients digits are introduced. Models of arithmetic units with appropriate numbering methods of coding numbers are classified and presented as sets. According to the classification of code examined for the presence of aggregates weighting coefficients we can now also get the following sets of codes: significant digits codes, codes of digits system final grade, codes of numbers that are not classified and classified on the basis of weights. To further simplify the research results classified models are written in the form of a table which lists the coding methods that provide the least complexity and mathematical models of the device. Restrict ourselves to the following sets of encoding methods.

Due to obtained simulation results, in order to choose the method of coding, digits codes that will ensure the minimal complexity of arithmetic units at a given speed are analyzed and it is proved that six determined methods of coding are the most interesting for further study.

Keywords: *simulation, synthesis, arithmetic unit, numbers coding, sets, unredundant notation.*