

Величині F'_{01} відповідає певне значення вологості, яка видаляється – E_1 , тому замість $F'_0 > F'_{01}$ можна записати $E < E_1$. Характеристичне число μ_1 визначається з характеристичного рівняння:

$$\frac{\mu_1}{HR} = \operatorname{ctg} \mu_1 \approx \frac{1}{\mu_1} - \frac{\mu_1}{3}, \quad \text{звідки} \quad \frac{1}{\mu_1^2} = \frac{1}{3} + \frac{1}{HR}.$$

Як показують розрахунки, кращого наближення надає залежність $\frac{1}{\mu^2} = \frac{4}{\pi^2} + \frac{1}{HR}$, тоді кінцево отримуємо рівняння кривої сушіння

$$-\frac{dw}{d\tau} = \frac{a_m}{R^2} \left(\frac{1}{\frac{4}{\pi^2} + \frac{1}{HR}} \right) (W - W_p). \quad (19)$$

Розв'язок отриманого рівняння кривої сушіння (19) навіть для простої форми і з прийнятими спрощеннями є дуже складним, тому застосовують графоаналітичний метод.

Література

1. Білей П.В. Теоретичні основи теплового оброблення і сушіння деревини (Монографія). – Коломия.: Вік, 2005–364 с.
2. Лабай В.Й. Тепломасообмін: Підручник. – Львів: Тріада Плюс, 1998. – 260 с.
3. Лыков А.В. Теория сушки. – М.-Л.: Госэнергоиздат, 1950. – 416 с.
4. Шубин Г.С. Сушка и тепловая обработка древесины. – М.: Лесн. пром-сть, 1990. – 336 с.

УДК 004.451(86)

Ст. наук. співроб. Я.Г. Братівник, канд. техн. наук –
Львівський ДІНТіУ ім. В. Чорновола

ТРИЗНАЧНЕ ЧИСЛО ТА ЙОГО ЗОБРАЖЕННЯ В ОБЧИСЛЮВАЛЬНІЙ ТЕХНІЦІ

Досліджено одну з фундаментальних властивостей цілих чисел, яка має назву **властивість "дзеркальної симетрії"** і виникає при їх представленні в трійковій "золотій" системі числення. Ця властивість є фундаментально відмінною особливістю тільки цілих чисел – додатних і від'ємних. Систему числення можна використовувати в комп'ютерах для представлення цілих чисел у трійковій "золотій" системі, а також для контролю за виконанням арифметичних операцій.

Senior research worker Ya.G. Brativnyk – L'viv state institute of the newest technologies and management after V. Chornovola

Three-gigit number and his image in computing engineering

Investigational one of fundamental properties of integers, which has the name **property of "mirror symmetry"** and arises up at their presentation in the трійковій "gold" scale of notation. This property is fundamentally an excellent feature only integers – positive and negative. The scale of notation can be utilized in computers for presentation of integers in the трійковій "gold" system, and also for control after implementation of arithmetic operations.

Кажучи про основоположників теоретичної інформатики, не можна не згадати про два наукові досягнення, алгебру *логіки* і теорію *алгоритмів*.

Алгебра логіки була розроблена в середині XIX-го ст. англійським математиком *Джорджем Булем* і розглядалася ним як метод математизації формальної логіки. Розроблення електронних комп'ютерів на двопозиційних електронних елементах створила можливим широке використання "нульової логіки" для проектування комп'ютерних схем. У першій половині 30-х років XX-го ст. з'явилися математичні роботи, в яких було доведено принципову можливість вирішення за допомогою автоматів будь-якої проблеми, що піддається алгоритмічному обробленню. Цей доказ містився в опублікованих у 1936 р. роботах англійського математика *А. Тьюрінга* і американського математика *Е. Поста*. Цікавою є також інформація про те, що числа "Фі" і золотий перетин були "хобі" Алана Тьюрінга.

Знову звернемося до "принципів Неймана-Лебедева". Істотно підкреслимо, що центральне місце серед їх принципів займає пропозиція про використання двійкової системи числення, що було зумовлено рядом обставин. По-перше, безперечними арифметичними перевагами двійкової системи числення, її "оптимальним" узгодженням з "нульовою" логікою і простотою технічної реалізації двійкового елементу пам'яті (тригера).

Проте на певному етапі розвитку комп'ютерної техніки було виявлено ряд недоліків класичної двійкової системи числення. Першою з них є так звана "*проблема зображення від'ємних чисел*". Як відомо, від'ємні числа безпосередньо не можуть бути зображені в класичній двійковій системі числення, яка використовує тільки дві двійкові цифри 0 і 1, без додаткових "хитрувань". Основним "хитруванням" є використання спеціальних кодів для зображення від'ємних чисел – зворотного або додаткового.

Другий недолік двійкової системи числення є її "*нульова надмірність*". Справа полягає в тому, що в процесі передачі, зберігання або оброблення двійкової кодової комбінації, наприклад 10011010, під впливом "перешкод", які діють у "каналі", може відбутися її спотворення. Якщо ж вона, наприклад, перейде в кодову комбінацію 11010010¹, то на сьогодні не існує способу виявити цю помилку без додаткових "хитрувань", тобто без використання спеціальних методів надмірного кодування. Саме спроба подолати ці та багато інших недоліків і стимулювала використання в сучасних комп'ютерах нових систем числення і розвиток відповідних теорій.

Трійкове дзеркально-симетричне зображення

Правило перекладу з "Тау-системи" в трійкове зображення. Зображення натурального числа N в "Тау-системі" має такий вигляд:

$$N = \sum_i a_i \tau_p^i = \sum_i a_i \left(\frac{1 + \sqrt{5}}{2} \right)^i, \quad (1)$$

а його скорочений позиційний запис – такий вигляд:

¹ Комбінація 11010010 як і будь-яка інша двійкова кодова комбінація є "дозволеною" в класичній двійковій системі числення.

$$N = a_n a_{n-1} \dots a_1 a_0, a_{-1} a_{-2} \dots a_{-m}. \quad (2)$$

Використаємо так звану "мінімальну" форму зображення (2). Це означає, що кожен біт $a_k = 1$ в "золотому" зображенні (2) завжди "оточений" двома сусідніми двійковими 0 (нулями), тобто $a_{k-1} = a_{k+1} = 0$.

Розглянемо тепер тотожність, яка зв'язує ступені золотої пропорції:

$$\tau_k = \tau_{k+1} - \tau_{k-1}, \quad (3)$$

тобто, цей вираз має таку кодову інтерпретацію:

$$\begin{array}{ccccccc} k+1 & k & k-1 & & k-1 & k & k-1 \\ 0 & 1 & 0 & = & 1 & 0 & \bar{1} \\ \uparrow & \downarrow & \uparrow & & \uparrow & \downarrow & \uparrow \end{array} \quad (4)$$

де $\bar{1}$ – від'ємна одиниця, тобто $\bar{1} = -1$. З (4) витікає, що додатна двійкова одиниця k -го розряду перетвориться в дві одиниці, додатна одиниця 1 ($k+1$)-го розряду і від'ємна одиниця $\bar{1}$ ($k-1$)-го розряду.

Кодове перетворення (4) може бути використане для перекладу "мінімальної" форми (2) в **трійкове "золоте" зображення**.

Розглянемо "золоте" зображення числа 5:

$$\begin{array}{cccccccc} 4 & 3 & 2 & 1 & 0 & -1 & -2 & -3 & -4 \\ 5 & - & 0 & 1 & 0 & 0 & 0, & 1 & 0 & 0 & 1. \\ \uparrow & \downarrow & \uparrow & & \uparrow & \downarrow & \uparrow & & \uparrow & \downarrow & \uparrow \end{array} \quad (5)$$

Необхідно відзначити, що це зображення є позиційним записом такої суми:

$$\begin{aligned} 5 &= \tau^3 + \tau^{-1} + \tau^{-4} = \frac{L_3 + F_3 \sqrt{5}}{2} + \frac{L_{-1} + F_{-1} \sqrt{5}}{2} + \frac{L_{-4} + F_{-4} \sqrt{5}}{2} = \\ &= \frac{(L_3 + L_{-1} + L_{-4}) + (F_3 + F_{-1} + F_{-4}) \sqrt{5}}{2} = \frac{(4 - 1 + 7) + (2 + 1 - 3) \sqrt{5}}{2} = \frac{10}{2}. \end{aligned}$$

Перетворимо "мінімальну" форму (5) в трійкове "золоте" зображення. Щоб це зробити, застосуємо кодове перетворення (4) одночасно до всіх непарних розрядів ($k = 2 \cdot m + 1$), значення яких дорівнюють 1. Ми можемо бачити, що в представленні (5) кодове зображення (4) можна застосувати тільки до 3-го і (-1)-го розрядів, значення яких дорівнюють 1. Внаслідок такого перетворення (5) ми отримуємо трійкове "золоте" зображення числа 5:

$$\begin{array}{cccccccc} 4 & 3 & 2 & 1 & 0 & -1 & -2 & -3 & -4 \\ 5 & = & 1 & 0 & \bar{1} & 0 & 1, & 0 & \bar{1} & 0 & 1 \end{array} \quad (6)$$

З представлення (6) ми бачимо, що всі розряди, які мають парні індекси, тотожно дорівнюють 0, а розряди з непарними індексами набувають трійкові значення з множини $\{1, 0, 1\}$. Це означає, що всі розряди з парними індексами в представленні (6) є "неінформативними", тому що їх значення тотожно дорівнюють 0. Якщо виключити в (6) всіх "неінформативні" розряди, то ми отримуємо таке трійкове "золоте" зображення початкового числа N :

$$N = \sum_i b_{2i} \tau^{2i}, \quad (7)$$

де b_{2i} – трійкова цифра ($2i$)-го розряду.

Введемо таку перенумерацію розрядів трійкового "золотого" представлення (7). Кожна трійкова цифра b_{2i} замінюється трійковою цифрою c_i . Внаслідок такої перенумерації ми отримуємо вираз (7) в такій формі:

$$N = \sum_i c_i \tau^{2i}, \quad (8)$$

де: c_i – трійкова цифра i -го розряду; τ^{2i} – вагомість i -го розряду; τ – основа системи числення (8). З урахуванням виразу (8), трійкове "золоте" представлення (6) набуває такий вигляд:

$$5 = \begin{matrix} 2 & 1 & 0 & -1 & -2 \\ 5 & = & 1 & \bar{1} & 1, & \bar{1} & 1 \end{matrix} \quad (9)$$

Позиційне представлення (9) має таку числову інтерпретацію:

$$\begin{aligned} 5 &= 1 \times \tau^4 + \bar{1} \times \tau^2 + 1 \times \tau^0 - \bar{1} \times \tau^{-2} + 1 \times \tau^{-4} = \\ &= \frac{L_4 + F_4 \sqrt{5}}{2} - \frac{L_2 + F_2 \sqrt{5}}{2} + 1 - \frac{L_{-2} + F_{-2} \sqrt{5}}{2} + \frac{L_{-4} + F_{-4} \sqrt{5}}{2} = L_4 - L_2 + 1 = 7 - 3 + 1. \end{aligned}$$

Представлення від'ємних чисел. Подібно до трійкової симетричної системи числення важлива перевага системи числення (8) полягає в можливості представлення як додатних, так і від'ємних чисел в "прямому" коді. Код від'ємного числа ($-N$) виходить з трійкового "золотого" представлення початкового числа N за допомогою застосування правила "трійкової інверсії":

$$1 \ 0 \ \bar{1}, \ 0 \ 0 \ 0, \ \bar{1} \ 0 \ 1. \quad (10)$$

Застосовуючи це правило до трійкового "золотого" представлення (9), ми отримаємо трійкове "золоте" представлення від'ємного числа (-5):

$$\begin{matrix} 2 & 1 & 0 & -1 & -2 \\ -5 & = & \bar{1} & 1 & \bar{1}, & 1 & \bar{1} \end{matrix} \quad (11)$$

Властивість дзеркальної симетрії. Розглядаючи трійкове "золоте" представлення (9), ми можемо побачити, що ліва частина ($\bar{1} \ 1$) представлення (9) є дзеркально-симетричною до її правої частини ($\bar{1} \ 1$) щодо 0-го розряду. Доведено, що ця властивість "дзеркальної симетрії" є фундаментальною властивістю цілих чисел, яка виникає при їх представленні в трійковій "золотій" системі (8). Табл. 1 демонструє цю властивість на прикладі деяких натуральних чисел.

Отже, завдяки цьому простому дослідженню ми з'ясували ще одну фундаментальну властивість цілих чисел, тобто **властивість "дзеркальної симетрії"**, яка виникає при їх представленні в трійковій "золотій" системі (8). Саме тому трійкова "золота" система (8) названа **"Трійковою дзеркально-симетричною системою числення"**.

З (8) витікає, що основою трійкового "золотого" представлення (8) є квадрат золотого пропорції:

$$\tau^2 = \frac{3 + \sqrt{5}}{2} \approx 2.618.$$

Це означає, що система числення (8) є системою числення з ірраціональною підстановкою, яка має таке традиційне представлення: $\tau^2 = 10$.

Табл. 1. Демонстрація властивості "дзеркальної симетрії" на прикладі деяких натуральних чисел

i	3	2	1	0	-1	-2	-3
t^i	t^6	t^4	t^2	t^0	t^{-2}	t^{-4}	t^{-6}
0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	0	0	0
2	0	0	1	1	1	0	0
3	0	0	1	0	1	0	0
4	0	0	1	1	1	0	0
5	0	1	1	1	1	1	0
6	0	1	0	1	0	1	0
7	0	1	0	0	0	1	0
8	0	1	0	1	0	1	0
9	0	1	1	1	1	1	0
10	0	1	1	0	1	1	0

Тепер проаналізуємо отриманий вище результат. Ми виявили вельми незвичайну систему числення, насамперед, ця система є трійковою симетричною системою числення, яка використовує трійкові цифри $\{1, 0 \text{ і } \bar{1}\}$. Крім того, вона має незвичайну основу, квадрат золотієї пропорції. Але найбільш несподіваним результатом є **властивість дзеркальної симетрії**, яка виникає при представленні цілих чисел.

Яке практичне значення має виявлена вище властивість? Зрозуміло, ця властивість є фундаментально відмінною особливістю тільки цілих чисел (додатних і від'ємних). Також можемо використовувати властивість дзеркальної симетрії в комп'ютерах, якщо ми представлятимемо цілі числа в трійковій "золотій" системі (8). Але найбільш несподіваний результат полягає в тому, що ця властивість може бути використана в комп'ютерах для контролю за виконанням арифметичних операцій.

Трійковий трігер ("Т.Р.К")

Ми знаємо, що "двійковий" елемент пам'яті, названий **трігером** або **"Д-В"**, є найважливішим елементом сучасних комп'ютерів. Відомо, що в основі базис класичного двійкового "трігера" знаходиться логічна схема, яка складається з двох логічних елементів 1 і 2 типу **ТАК-НІ** (рис. 1, а), які зв'язані зворотними логічними зв'язками.

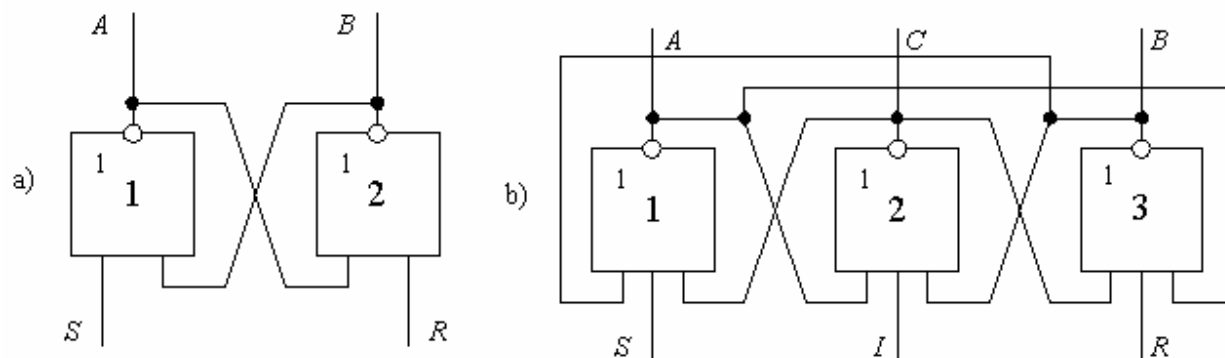


Рис. 1. "Д-В" (а) і "Т.Р.К." (б)

Розглянемо тепер логічну схему, що складається з трьох логічних елементів 1, 2, 3 типу (рис. 1, б). Припустимо, що логічні елементи 2 і 3 є сусідніми за відношенням до логічного елементу 1, логічні елементи 3 і 1 є сусідніми за відношенням до логічного елементу 2, і логічні елементи 1 і 2 є сусідніми за відношенням до логічного елементу 3. Кожен логічний елемент **ТАК-Ні** пов'язаний з сусідніми логічними елементами за допомогою зворотних логічних зв'язків. Це є причиною трьох стійких станів логічної схеми на рис. 1, б. Дійсно, припустимо, що ми маємо логічну 1 на вході **C** логічного елементу 2. Ця логічна 1 надходить на входи сусідніх логічних елементів 1 і 3 і підтримують логічний 0 на їх виходах **A** і **B**. Ці логічні 0 надходять на входи логічного елементу 2 і підтримують логічний 1 на виведенні **C**. Отже, це перебування схеми на рис. 1, б є її першим стійким станом. Цей стійкий стан відповідає кодовій комбінації 0 1 0 на виходах **A**, **C**, **B**. Можна показувати, що схема на рис. 1, б має ще два стійкі стани, відповідні кодовим комбінаціям 1 0 0 і 0 0 1 на виходах **A**, **C**, **B**. Ми можемо використовувати зазначені вище стійкі перебування схеми на рис. 1, б для двійкового кодування трійкових цифр згідно з такою таблицею:

$$0 = 0 \ 1 \ 0$$

$$1 = 0 \ 0 \ 1$$

$$\bar{1} = 1 \ 0 \ 0.$$

Якщо вилучимо середній вихід **C**, то отримаємо "двійкові" виходи **A** і **B**, які відповідатимуть двійковому кодуванню трійкових змінних згідно з такою таблицею:

$$0 = 0 \ 0$$

$$1 = 0 \ 1$$

$$\bar{1} = 1 \ 0$$

Отже, логічна схема на рис. 1, б може розглядатися як трійково-двійковий елемент пам'яті, який назовемо "Т.Р.К.". Розглянемо функціонування "Т.Р.К." на рис. 1, б. Він має три стійкі стани: $\bar{1}$, 0 і 1. Нехай, наприклад, "Т.Р.К." на рис. 1, б знаходиться в стані $Q = 0$. Це означає, що виведення $C = 1$, інші виведення $A = B = 0$. Якщо необхідно перемкнути "Т.Р.К." в стан $Q = 1$ (0 0 1), то ми повинні подати на входи **S**, **I**, **R** "Т.Р.К." такі кодові сигнали: $S = 1$, $I = 1$, $R = 0$. Сигнали $S = 1$ та $I = 1$ викликають появу логічних 0 на виходах **A** і **C**. Ці логічні 0 надходять на входи логічного елементу 3 і разом з логічним сигналом $R = 0$ викликають появу логічний 1 на виході **B**.

Аналогічно можна показати, що сигнали $S = 0$, $I = 1$, $R = 1$ перемикають "Т.Р.К." на рис. 1, б в стан $\bar{1}$ (100).

Таким чином, на підставі зазначеного вище, ми можемо спроектувати трійковий елемент пам'яті, так званий "Т.Р.К.". І, порівнюючи "Д.В." з "Т.Р.К." на рис. 1, бачимо, що "Т.Р.К." на рис. 1, б складається з тих самих логічних елементів, що і "Д.В." на рис. 1, а.

Викладаючи цей матеріал серед студентів нашого коледжу, які навчаються за спеціальністю "Комп'ютерної науки", ми з'ясували, що практич-

но кожен з них може спроектувати трійковий регістр. У цьому регістрі можна реалізувати всі дзеркально-симетричні структури, які було детально розглянуто вище. Запрошуємо також студентів й інженерів, які вивчають комп'ютерні науки, спробувати спроектувати трійковий дзеркально-симетричний процесор для необхідного комп'ютера. Мені видається, що це завдання цілком під силу багатьом з вас. Цим самим ви зможете наблизити прогноз Дональда Кнута, що прийде такий день, коли "Т.Р.К." змінить "Д.В." і, отже, прийде ера "трійкових дзеркально-симетричних комп'ютерів", в яких будуть втілені система числення Бергмана і "Трійковий Принцип Брусенцова"!

Література

1. Bergman G.A. A number system with an irrational base. Mathematics Magazine, 1957, No. 31, 98-119.
2. Стахов А.П. Обобщенные золотые сечения и новый подход к геометрическому определению числа// Украинский математический журнал. – 2004, т. 56, № . 8. – С. 1143-1150.

УДК 01.05.02 *Наук. співроб. Р.І. Гушак, канд. техн. наук – Львівський НУ ім. Івана Франка; асист. О.Б. Біленька, канд. фіз.-мат. наук – НУ "Львівська політехніка"*

ДО ПИТАННЯ РОЗРАХУНКУ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПОЛІВ У РУХОМИХ СЕРЕДОВИЩАХ

Виконано розрахунок електромагнітного поля в рухомих прямокутних зубчастих структурах, а також суцільних і ламінованих, на одному зубцевому діленні нерухомої зони. Розроблена комп'ютерна програма може бути використана при побудові польових математичних моделей електромеханічних пристроїв як субпрограма.

Research worker R.I. Huchchak – L'viv NU named after Ivan Franko; assust. O.B. Bilenka – NU "L'vivs'ka Politekhnik"

The conculation of electromagnetic field in movable continuous

The calculation of the electromagnetic field is executed in mobile rectangular toothed structures, and also continuous and laminovanikh, on one tooth division of immobile area. Developed the computer program can be used for the construction of the field mathematical models of electromechanics devices as a subprogram.

Великий загальний електротехнічний пристрій неминує містити рухомі конструкції. Побудова сучасних математичних моделей таких пристроїв твердо увійшла в русло методів теорії електромагнітного поля. Ця задача є чи не найскладнішою задачею електродинаміки, її складність визначається двома факторами:

- трудностю математичного опису електромеханічних процесів у рухомих структурах;
- трудностю комп'ютерної реалізації.

Саме тут виникають проблеми алгоритмізації геометричних форм кусково-однорідних середовищ. Їх взаємне переміщення пов'язане зі змінною структурою просторової сітки, що призводить до появи іррегулярних вузлів у ній. Додаткову трудноість розв'язання таких задач спричиняють нелінійність