



УКРАЇНА

(19) UA (11) 38695 (13) A

(51) 7 G11C17/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІДвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ПОСТІЙНИЙ ЗАПАМ'ЯТОВУЮЧИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВІДТВОРЕННЯ ФУНКЦІЇ КВАДРАТНОГО КОРЕНЯ

(21) 2000084989

(22) 23.08.2000

(24) 15.05.2001

(33) UA

(46) 15.05.2001, Бюл. № 4, 2001 р.

(72) Жабін Валерій Іванович, Салтищак Геннадій
Геннадійович(73) Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут"(57) Постійний запам'ятовуючий пристрій для відтворення функції квадратного кореня, що містить перший та другий блоки постійної пам'яті, виходи першого блоку постійної пам'яті з'єднані з першою групою входів суматора, входи першого та другого блоків пам'яті з'єднані з відповідними входами пристрою, який **відрізняється** тим, що в його

склад введено мультиплексор, формувач ознаки нуля, регістр старших розрядів аргументу, регістр приросту аргументу, компаратор, одна група входів якого зв'язана з виходами регістра приросту аргументу, а друга група входів - з відповідними виходами першого блоку постійної пам'яті, вихід компаратора підключений до другої групи входів суматора, виходи якого зв'язані з першою групою входів мультиплексора, друга група входів якого зв'язана з виходами другого блоку постійної пам'яті, виходи мультиплексора є виходами пристрою, до управляючого входу мультиплексора підключений вихід формувача ознаки нуля, входи формувача ознаки нуля підключені до виходів регістра старших розрядів аргументу, входи якого підключені до відповідних входів пристрою.

Винахід стосується обчислювальної техніки і може бути застосований у цифрових обчислювальних машинах і пристроях, у яких потрібно видобувати квадратний корінь.

Відомий постійний запам'ятовуючий пристрій для відтворення функцій, який містить регістри, комутатор, дешифратор, накопичувач, суматор. В цьому пристрої на вхід накопичувача через вхідний регістр і дешифратор подається аргумент, з виходу накопичувача зчитується базове значення функції та приросту, які надходять через комутатор на один вхід суматора. На другий вхід суматора подається базове значення функції, а на виході суматора - повне значення (див.: Ас. СРСР № 453739, кл. G11C17/00, 1973).

Однак цей пристрій потребує великого обсягу пам'яті для зберігання базових значень функції та приростів.

Найбільш близьким до винаходу за технічною суттю є постійний запам'ятовуючий пристрій для відтворення функцій, який містить регістри, дешифратор, накопичувачі, суматор. У цьому пристрої на вхід одного накопичувача через вхідний регістр і дешифратор подаються старші розряди аргументу, з виходу накопичувача зчитуються базове значення функції та код набору приростів. На вхід другого накопичувача через регістри та дешифратор надходять код набору приростів і молодші розряди аргументу, з виходу накопичувача зчиту-

ється приріст функції. На один вхід суматора подається базове значення функції, на другий вхід - приріст функції. На виході - повне значення (див.: Ас. СРСР № 1152036, кл. G11C17/00, 1982).

Недоліком даного пристрою є те, що для зберігання приростів потрібен великий обсяг пам'яті. Інший недолік полягає в тому, що даний пристрій не враховує властивостей конкретної функції, внаслідок чого неможливо аналітично розрахувати необхідну місткість накопичувача приростів.

В основу винаходу поставлено задачу удосконалення постійного запам'ятовуючого пристрою шляхом введення мультиплексора, формувача ознаки нуля, регістра старших розрядів аргументу, регістра приросту аргументу, компаратора, що забезпечує зменшення сумарного обсягу пам'яті для запису значень функції квадратного кореня.

Встановлена задача виконується тим, що в постійному запам'ятовуючому пристрої для відтворення функції квадратного кореня, що містить перший та другий блоки постійної пам'яті, виходи першого блоку пам'яті з'єднані з першою групою входів суматора, входи першого та другого блоків пам'яті з'єднані з відповідними входами пристрою, новим є те, що в нього введені мультиплексор, формувач ознаки нуля, регістр старших розрядів аргументу, регістр приросту аргументу, компаратор, одна група входів якого зв'язана з виходами регістра приросту аргументу, а друга група входів

якого зв'язана з відповідними виходами першого блоку постійної пам'яті, вихід компаратора підключений до другої групи входів суматора, виходи якого зв'язані з першою групою входів мультиплексора, друга група входів якого зв'язана з виходами другого блоку постійної пам'яті, виходи мультиплексора є виходами пристрою, до управляючого входу мультиплексора підключений вихід формувача ознаки нуля, входи формувача ознаки нуля підключені до виходів регістра старших розрядів аргументу, входи якого підключені до відповідних входів пристрою.

Зменшення сумарного обсягу пам'яті для запису значень функції квадратного кореня досягається шляхом урахування властивостей функції квадратного кореня - монотонності функції та її похідної. Це дає змогу суттєво зменшити кількість наборів приростів. Для цього пристрій розподіляється на два паралельно підключені блоки, кожному з яких відповідає інтервал значень аргументу. Множина значень аргументу розділяється таким чином, щоб при застосуванні схеми постійного запам'ятовування пристрою (див.: А.с. СРСР № 1152036, кл. G11C17/00, 1982) на старшому інтервалі прирости функції не перевищували одиниці. Це дозволяє замість накопичувача приростів застосувати компаратор. На молодшому інтервалі таблиця значень функції зберігається в одному накопичувачі.

На кресленні (фіг.) показана структурна схема постійного запам'ятовування пристрою для відтворення функції квадратного кореня.

Виходи регістра 1 бази аргументу підключені до входів дешифратора 2, а виходи дешифратора 2 підключені до входів накопичувача 3. Одна група виходів накопичувача 3 підключена до входів регістра 4 бази функції, а інша - до входів регістра 5 коду набору приростів. Виходи регістра 5 коду набору приростів підключені до першої групи входів компаратора 6, до другої групи входів якого підключені виходи регістра 7 приросту аргументу. Вихід компаратора 6 підключений до одної групи входів суматора 8, до другої групи входів якого підключені виходи регістра 4 бази функції. Виходи регістра 9 аргументу молодшого інтервалу підключені до входів дешифратора 10, а виходи дешифратора 10 підключені до входів накопичувача 11. Виходи накопичувача 11 підключені до входів регістра 12 функції молодшого інтервалу. Виходи регістра 13 старших розрядів аргументу підключені до входів формувача ознаки нуля 14, вихід якого підключений до управляючого входу мультиплексора 15. До першої групи входів мультиплексора 15 підключені виходи суматора 8, до другої групи входів мультиплексора 15 підключені виходи регістра 12 функції молодшого інтервалу.

Регістри 1, 4, 5, дешифратор 2, накопичувач 3 складають блок 16 постійної пам'яті (перший блок постійної пам'яті), який разом із компаратором 6, регістром 7, суматором 8 складає обчислювальний блок 17 старшого інтервалу. Регістри 9, 12, дешифратор 10, накопичувач 11 складають блок 18 постійної пам'яті молодшого інтервалу (другий блок постійної пам'яті).

Пристрій працює наступним чином. Старші n -розрядів n -розрядного вхідного слова, де n і p - парні числа, записуються в регістр 13, з виходів

якого подаються на формувач ознаки нуля 14. Вихід формувача ознаки нуля 14, який визначає, в який інтервал входить аргумент, подається на управляючий вхід мультиплексора 15. Залежно від управляючого сигналу мультиплексор видає на виході $n/2$ -розрядний результат з виходу обчислювального блоку 17 або з виходу блоку 18 постійної пам'яті.

Розглянемо роботу обчислювального блоку 17. Старші $n-k$ розрядів вхідного слова приймаються на регістр 1, а молодші k розрядів вхідного слова приймаються на регістр 7. З виходів регістра 1 старші $n-k$ розрядів вхідного слова надходять на дешифратор 2, який вибирає з накопичувача 3 $(n/2+k)$ -розрядне слово, яке складається з $n/2$ розрядів бази функції та k розрядів коду набору приростів. Частина слова, що відповідає базі функції, надходить на вхід регістра 4, а частина, що відповідає коду набору приростів - на вхід регістра 5. Код набору приростів з регістра 5 надходить на одну групу входів компаратора 6, на другу групу входів якого надходить k -розрядний приріст аргументу з виходів регістра 7. На виході "<" компаратора 6 формується приріст функції, який надходить на суматор 8, де додається до базового значення функції. Результат на виході обчислювального блоку 17 визначений, якщо аргумент належить до старшого інтервалу (більший або рівний 2^p).

Розглянемо роботу блоку 18 постійної пам'яті. Молодші p розрядів вхідного слова записуються в регістр 9, залежно від змісту якого вибирається одна з 2^p вхідних шин дешифратора 10, і накопичувач 11 видає $p/2$ -розрядне вихідне слово на регістр 12. Старші $n/2-p/2$ розрядів результату рівні нулю. Результат на виході блоку постійної пам'яті 18 визначений, якщо аргумент належить до молодшого інтервалу (менший за 2^p).

Якщо в процесі роботи пристрою інформація на його входах не змінюється до моменту формування на виходах мультиплексора 15 значення функції та зчитування цього значення з виходів пристрою, то в пристрої можуть бути відсутні регістри 1, 4, 5, 7, 9, 12 та 13.

Необхідна сумарна місткість накопичувачів в запропонованому пристрої складає:

$$N = 2^p(p/2) + 2^{n-k}(n/2+k) \quad (1)$$

де n - розрядність аргументу; k - розрядність коду набору приростів; p - розрядність аргументу молодшого інтервалу.

Число p визначається таким чином, щоб усі прирости функції в старшому інтервалі не перевищували одиниці. Для знаходження числа p використовуємо те, що функція квадратного кореня опукла та монотонно зростаюча. Очевидно, якщо в інтервалі, що відповідає одному набору приростів, значення функції незмінне, то в усіх наступних наборах максимальний приріст дорівнюватиме одиниці. Значення функції аргументу 2^p становить $2^{p/2}$, а наступне значення функції приймає при аргументі $(2^{p/2}+1)^2$. Оскільки в один набір входить 2^k приростів (див.: А.с. СРСР № 1152036, кл. G11C17/00, 1982), маємо нерівність:

$$(2^{p/2}+1)^2 - 2^p > 2^k, \quad (2)$$

звідки випливає:

$$2^{p/2+1} + 1 > 2^k, \quad (3)$$

звідки знаходимо мінімальне значення p , що задовольняє необхідній умові:

$$p=2k-2 \quad (4)$$

Знайдемо число k , при якому сумарна місткість накопичувачів буде мінімальною. Для цього, нехтуючи розрядністю даних обох накопичувачів, врівноважимо їх місткість:

$$2^p = 2^{n-k}, \quad (5)$$

звідки, враховуючи співвідношення (4), маємо:

$$k=(n+2)/3 \quad (6)$$

Примітка. Якщо число k , обчислене за формулою (6), не є цілим, то треба розглянути два варіанти округлення і, користуючись формулою (1), вибрати оптимальний варіант.

Розглянемо спосіб програмування накопичувачів. Нехай необхідно обчислити значення функції квадратного кореня при $n=8$. Із співвідношень (4) і (6) знаходимо оптимальні значення p і k : $k=3$, $p=4$. Розглянемо приклад програмування накопичувачів 3 та 11 для обчислення функції квадратного кореня 8-розрядних цілих чисел з округленням до найближчого меншого цілого. Для програмування накопичувача 11 складається таблиця, яку наведено в табл. 1. У колонці X дані значення аргументів молодшого інтервалу, у колонці Y - відповідні значення функції. В комірку накопичувача 11 за адресою X записується слово Y . Для програмування накопичувача 3 складається таблиця, фрагмент якої наведений у табл. 2. В колонці X дані значення аргументу старшого інтервалу, в колонці Y - відповідні значення функції. Вся множина значень аргументу старшого інтервалу розбивається на 2^{n-k} секцій (як показано в табл. 2), у кожній з яких по 2^k наборів. У колонці X виділено k молодших розрядів, що відповідають приросту аргументу. В колонці "база функції" виписуються значення функції першого аргументу даної секції. В колонці "приріст функції" виписуються прирости функції відносно базового значення функції даної секції. У межах одного набору приростів можливо лише одне переключення приросту з нуля в одиницю, як наслідок монотонності функції квадратного кореня та спеціального розбиття аргументу на інтервали. Таким чином, можливі 2^k варіантів наборів приростів. k -Розрядний код набору приростів відповідає номеру останнього нульового приросту в межах набору. Для випадку $k=3$ таблиця кодів наборів приростів наведена в табл. 3. Наприклад, для секції, що містить набори 24-31, база аргументу складає 24, база функції - 4, код набору приростів - 0. В комірку накопичувача 3 за адресою, що відповідає базі аргументу, записується слово, що складається з бази функції та коду набору приростів. Наприклад, вищенаведена секція відповідає комірці за адресою 00011, що містить слово 0100000.

Розглянемо приклади обчислення значень функції.

Нехай $X=00000111$. Оскільки X належить до молодшого інтервалу ($X<16$), значення функції формується в блоці 18 постійної пам'яті. Молодші розряди аргументу (0111), надходять на дешифратор 10 і вибирають з накопичувача 11 слово 10, що відповідає молодшим розрядам результату. Замість старших розрядів результату, на другу групу входів мультиплексора 15 подаються нулі (00), на виході якого отримуємо результат: $Y=0010$. Нехай $X=00100101$. Оскільки X належить старшому інтервалу ($X>16$), значення функції формується в обчислювальному блоці 17. Старші розряди аргументу 000100 надходять на дешифратор 2 і вибирають з накопичувача 3 слово 0101011. Старші розряди вибраного слова (0101), що відповідають базі функції, надходять на інформаційні входи суматора 8. Молодші розряди вибраного слова (011), що відповідають коду набору приростів, надходять на першу групу входів компаратора 6, на другу групу входів якого надходять молодші k розрядів аргументу (101). Оскільки 011 менше 101, на виході "<" компаратора 6 встановлюється одиниця, яка на суматорі 8 додається до базового значення функції. На виході суматора 8 отримуємо результуюче значення функції наступним чином: $Y=0101+1=0110$.

Запропонований пристрій потребує менших затрат пам'яті по відношенню до базового об'єкта, за який використовується пристрій (див.: А.с. СРСР № 1152036, кл. G11C17/00, 1982). Обсяг пам'яті, необхідний для обчислення значення функції в цьому пристрої визначається як:

$$N_1 = 2^{n-k} [n + (2^k - 1) \log_2(p + 1)] + 2^k [k + (2^k - 1) \log_2(p + 1) \cdot \log_2[p(2^k - 1)]], \quad (7)$$

де n - розрядність аргументу; k - молодші розряди аргументу; p - максимальний приріст на одиницю розряду аргументу.

Обсяг пам'яті, необхідний для обчислення значення функції квадратного кореня в запропонованому пристрої, враховуючи (1), (4), (6), приблизно (не враховуючи округлення k) складає:

$$N_2 = 2^{(2n-2)/3} (7n+2)/6 \quad (8)$$

де n - розрядність аргументу.

Наприклад, для випадку $n=12$:

$$N_1 = 16296 \text{ біт, при } k=2;$$

$$N_2 = 2432 \text{ біт.}$$

Таким чином, розділення схеми пристрою для обчислення функції на два паралельні блоки постійної пам'яті, а також урахування властивостей функції квадратного кореня дозволили підвищити інформаційну місткість пристрою.

Таблиця 1

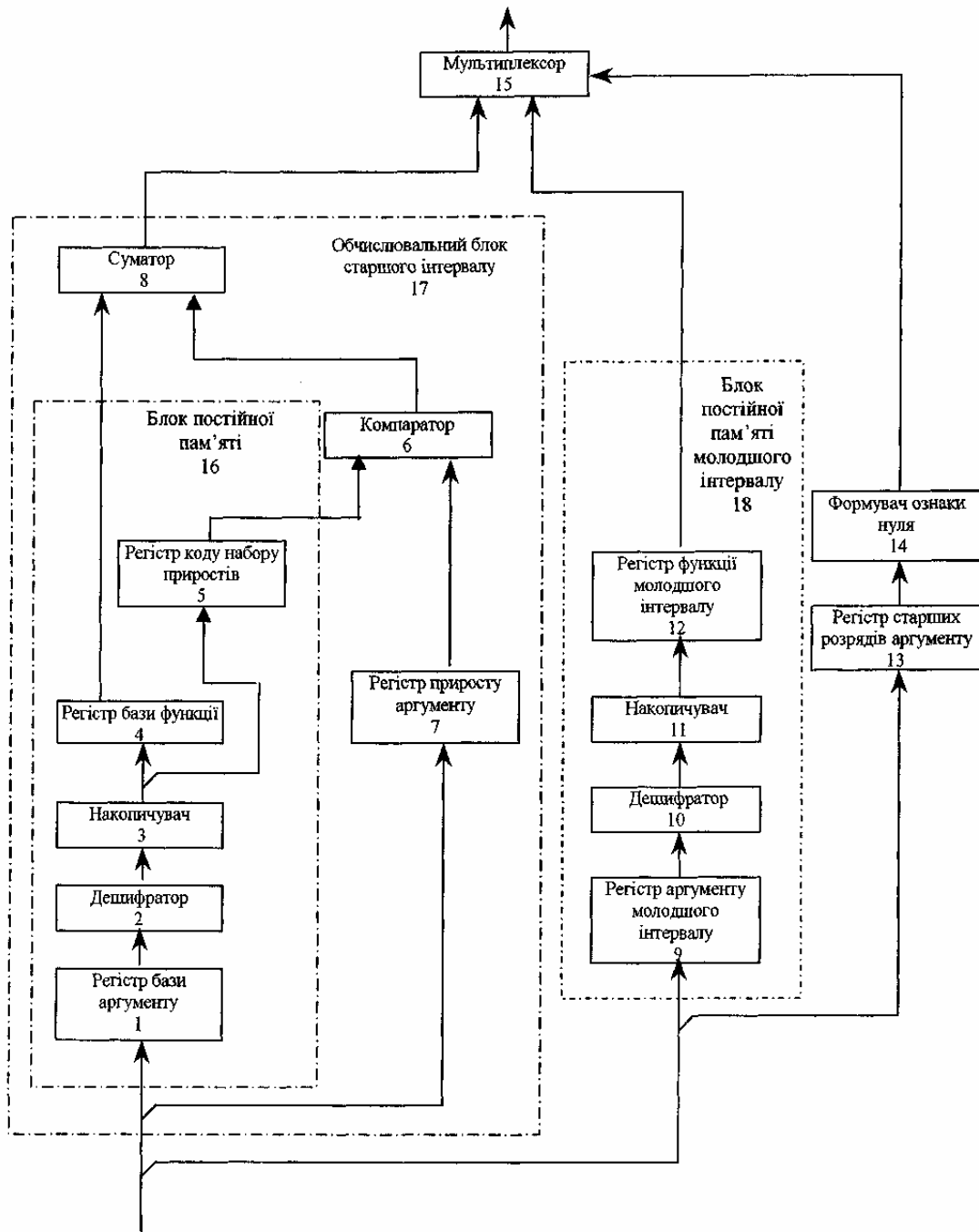
№ набору	X				Y	
	1	2	3	4	1	2
0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	0	1
2	0	0	1	0	0	1
3	0	0	1	1	0	1
4	0	1	0	0	1	0
5	0	1	0	1	1	0
6	0	1	1	0	1	0
7	0	1	1	1	1	0
8	1	0	0	0	1	0
9	1	0	0	1	1	1
10	1	0	1	0	1	1
11	1	0	1	1	1	1
12	1	1	0	0	1	1
13	1	1	0	1	1	1
14	1	1	1	0	1	1
15	1	1	1	1	1	1

Таблиця 2

№ набору	X								Y				База функції	Приріст функції	Код набору приростів
	база				приріст										
16	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0100	0	111
17	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0		0	
18	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0		0	
19	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0		0	
20	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0		0	
21	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0		0	
22	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0		0	
23	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0		0	
24	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0100	0	000
25	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1		1	
26	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1		1	
27	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1		1	
28	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1		1	
29	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1		1	
30	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1		1	
31	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1		1	
32	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0110	0	011
33	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1		0	
34	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1		0	
35	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1		0	
36	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0		1	
37	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0		1	
38	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0		1	
39	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0		1	

Таблиця 3

Набір приростів	Код набору приростів
01111111	000
00111111	001
00011111	010
00001111	011
00000111	100
00000011	101
00000001	110
00000000	111



Фіг.

ДП "Український інститут промислової власності" (Укрпатент)
 Україна, 01133, Київ-133, бульв. Лесі Українки, 26
 (044) 295-81-42, 295-61-97

Підписано до друку _____ 2001 р. Формат 60x84 1/8.
 Обсяг _____ обл.-вид. арк. Тираж 50 прим. Зам. _____

УкрІНТЕІ, 03680, Київ-39 МСП, вул. Горького, 180.
 (044) 268-25-22