НОВЫЕ СРЕДСТВА
КИБЕРНЕТИКИ, ИНФОРМАТИКИ,
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ
И СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

В.А. КРАСНОБАЕВ, А.С. ЯНКО, С.А. КОШМАН

УДК 681.04

МЕТОД АРИФМЕТИЧЕСКОГО СРАВНЕНИЯ ДАННЫХ, ПРЕДСТАВЛЕННЫХ В СИСТЕМЕ ОСТАТОЧНЫХ КЛАССОВ

Аннотация. Рассмотрены методы арифметического сравнения данных, представленных в системе остаточных классов (СОК). Разработан метод точного арифметического сравнения данных в СОК. Предложенный метод, основанный на получении и использовании позиционного признака непозиционного кода, обеспечивает максимальную достоверность результата сравнения чисел в СОК при минимальном количестве оборудования сравнивающего устройства.

Ключевые слова: компьютерная система обработки целочисленных данных, система остаточных классов, метод сравнения данных, точность сравнения целых чисел, позиционный признак непозиционного кода.

ВВЕДЕНИЕ

Известно, что основным преимуществом непозиционной системы счисления в остаточных классах (СОК) является возможность организации процесса быстрой обработки целых чисел. Использование СОК дает возможность создать методы и цифровые компоненты компьютерных вычислительных систем, которые обеспечивают высокую пользовательскую производительность решения определенного класса задач, в состав которых входят целочисленные арифметические операции сложения, вычитания и умножения. Это достигается за счет использования таких свойств СОК, как независимость, равноправность и малоразрядность остатков, совокупность $\{a_i\}$ которых представляет число $A_{\text{СОК}} = (a_1 \| a_2 \| \ldots \| a_{i-1} \| a_i \| a_{i+1} \| \ldots \| a_n)$ по n основаниям (модулям) данной непозиционной системы счисления [1, 2].

Необходимость реализации компьютерной системой обработки целочисленных данных (КСОЦД), функционирующей в СОК, широкого класса задач, содержащих наряду с арифметическими целочисленными операциями и логические операции (например, часто встречающаяся в задачах управления операция сравнения двух чисел $A_{\text{СОК}} = (a_1 \| a_2 \| \ldots \| a_{i-1} \| a_i \| a_{i+1} \| \ldots \| a_n)$ и $B_{\text{СОК}} = (b_1 \| b_2 \| \ldots \| b_{i-1} \| b_i \| b_{i+1} \| \ldots \| b_n)$), снижает общую эффективность использования непозиционной системы счисления. Это обусловлено значительным (в сопоставлении с выполнением вышеперечисленных арифметических модульных операций) временем реализации операции сравнения данных в СОК. Поэтому исследование и совершенствование существующих, а также разработка новых методов и алгоритмов аппаратной реализации операции арифметического сравнения данных, представленных в СОК, является важной и актуальной научно-прикладной задачей создания КСОЦД.

МЕТОДЫ СРАВНЕНИЯ ЧИСЕЛ В СИСТЕМЕ ОСТАТОЧНЫХ КЛАССОВ

Известно, что в СОК имеется три группы методов сравнения чисел [3, 4]. К первой группе относятся методы непосредственного сравнения. Они основаны на преобразовании чисел $A_{\text{СОК}}$ и $B_{\text{СОК}}$ из кода СОК в позиционную двоичную систему счисления (ПСС) $A_{\text{ПСС}} = \overline{\alpha_{\rho}, \alpha_{\rho-1} \ldots \alpha_1}$ и $B_{\text{ПСС}} = \overline{\beta_{\rho}, \beta_{\rho-1}, \ldots \beta_1}$ (ρ — разрядность чисел $A_{\text{ПСС}}$ и $B_{\text{ПСС}}$) и их дальнейшем сравнении с использованием двоичных позиционных сумматоров. Ко второй группе относятся методы, основанные на принципе нулевизации. Процедура процесса нулевизации заключается в переходе из исходного числа $A_{\text{СОК}} = (a_1 \| a_2 \| \ldots \| a_{i-1} \| a_i \| a_{i+1} \| \ldots \| a_n)$, представленного в СОК, к числу вида $A_{\text{СОК}}^{(\text{н})} = [0 \| 0 \| \ldots \| 0 \| \gamma_n^{(A_{\text{СОК}})}]$. С помощью значения $\gamma_n^{(A_{\text{СОК}})}$ определяется числовой интервал $[j_{A_{\text{СОК}}} m_n, (j_{A_{\text{СОК}}} + 1) m_n)$, в котором содержится число $A_{\text{СОК}}$. Аналогично проводится нулевизация числа $B_{\text{СОК}} = (b_1 \| b_2 \| \ldots \| b_{i-1} \| b_i \| b_{i+1} \| \ldots \| b_n)$, откуда получаем значения $\gamma_n^{(B_{\text{СОК}})}$. В этом случае по значению $\gamma_n^{(B_{\text{СОК}})}$ определится числовой интервал $[j_{B_{\text{СОК}}} m_n, (j_{B_{\text{СОК}}} + 1) m_n)$, в котором содержатся числа $B_{\text{СОК}}$. Результат операции арифметического сравнения чисел $A_{\text{СОК}}$ и $B_{\text{СОК}}$ в СОК определяется путем сравнения полученных значений $\gamma_n^{(A_{\text{СОК}})}$ и $\gamma_n^{(B_{\text{СОК}})}$ или соответствующих величин $j_{A_{\text{СОК}}}$ и $j_{B_{\text{СОК}}}$ ($j_{A_{\text{СОК}}}, j_{B_{\text{СОК}}} = \overline{0, \prod_{i=1}^{n-1} m_i}$). К третьей группе относятся методы, основанные на определении существующих или дополнительном формировании и использовании специальных признаков числа в СОК, так называемых позиционных признаков непозиционного кода (ППНК) СОК. Данные признаки (например, ранг r числа) несут информацию о величине сравниваемых чисел и могут быть использованы для определения значения величины числа в СОК. Использование ППНК позволяет по сравнению с первой и второй группами методов уменьшить время реализации процедуры сравнения данных в СОК.

Основным недостатком существующих быстрых методов арифметического сравнения данных в СОК, основанных на использовании ППНК, является невозможность обеспечения во всех случаях сравнения двух чисел ($A_{\text{СОК}}$ и $B_{\text{СОК}}$) максимальной точности. Данное обстоятельство обусловливает получение недостоверного результата сравнения чисел.

Цель статьи — разработка метода точного арифметического сравнения двух чисел: $A_{\text{СОК}} = (a_1 \| a_2 \| \ldots \| a_{i-1} \| a_i \| a_{i+1} \| \ldots \| a_n)$ и $B_{\text{СОК}} = (b_1 \| b_2 \| \ldots \| b_{i-1} \| b_i \| b_{i+1} \| \ldots \| b_n)$ в СОК на основе использования ППНК. Использование предложенного метода точного сравнения данных позволит достоверно определить результат операции арифметического целочисленного сравнения двух чисел в СОК.

МЕТОД И АЛГОРИТМ АРИФМЕТИЧЕСКОГО СРАВНЕНИЯ ЧИСЕЛ В СОК

Кратко рассмотрим суть существующего метода арифметического сравнения чисел $A_{\text{СОК}} = (a_1 \| a_2 \| \ldots \| a_{i-1} \| a_i \| a_{i+1} \| \ldots \| a_n)$ и $B_{\text{СОК}} = (b_1 \| b_2 \| \ldots \| b_{i-1} \| b_i \| b_{i+1} \| \ldots \| b_n)$ в СОК, основанного на использовании ППНК. Пусть задана СОК совокупностью $\{m_i\}$, $i = \overline{1, n}$, попарно простых чисел. Наибольший общий делитель (НОД) любой пары оснований m_i и m_j ($i, j = \overline{1, n}$; $i \neq j$) равен единице, т.е. НОД (m_i, m_j) = 1. Для общности рассуждений будем считать, что СОК упорядочена, т.е. $m_i < m_{i+1}$. Суть известного метода заключается в формировании и использовании ППНК на основе построения для каждого из сравниваемых чисел $A_{\text{СОК}}$ и $B_{\text{СОК}}$ специального кода (СК). В этом случае для произвольного модуля m_i СОК для сравниваемых чисел $A_{\text{СОК}}$ и $B_{\text{СОК}}$ формируется специальным кодом вида

$$K_{N_{m_i}}^{(n_A)} = \{Z_{N_{m_i}-1}^{(A_{\text{СОК}})}\ Z_{N_{m_i}-2}^{(A_{\text{СОК}})} \dots Z_2^{(A_{\text{СОК}})} Z_1^{(A_{\text{СОК}})}\ Z_0^{(A_{\text{СОК}})}\},$$
$$K_{N_{m_i}}^{(n_B)} = \{Z_{N_{m_i}-1}^{(B_{\text{СОК}})}\ Z_{N_{m_i}-2}^{(B_{\text{СОК}})} \dots Z_2^{(B_{\text{СОК}})}\ Z_1^{(B_{\text{СОК}})}\ Z_0^{(B_{\text{СОК}})}\}.$$

Местоположения нулевых разрядов $K_{N_{m\,i}}^{(n_A)}$ и $K_{N_{m\,i}}^{(n_B)}$ в составе СК определяют ППНК n_A и n_B соответственно чисел $A_{\text{СОК}}$ и $B_{\text{СОК}}$. Процедура определения СК подробно описана в [5].

Для понимания сути предлагаемого метода сравнения рассмотрим геометрическую интерпретацию процесса сравнения двух чисел. На рис. 1 представлена схема разбиения числового интервала $[0, M)$, соответствующего диапазону представления сравниваемых чисел $A_{\text{СОК}} = (a_1 \| a_2 \| \dots \| a_{i-1} \| a_i \| a_{i+1} \| \dots \| a_n)$ и $B_{\text{СОК}} = (b_1 \| b_2 \| \dots \| b_{i-1} \| b_i \| b_{i+1} \| \dots \| b_n)$, где $M = \prod_{i=1}^{n} m_i$. Данный числовой интервал $[0, M)$ разбит на N_{m_i} равных интервалов $[jm_i, (j+1)m_i)$ длиной m_i единиц каждый. Операция преобразования сравниваемых чисел $A_{\text{СОК}}$ и $B_{\text{СОК}}$ посредством так называемых констант нулевизации $KH_{m_i}^{(A_{\text{СОК}})} = (a'_1 \| a'_2 \| \dots \| a'_{i-1} \| \times$ $\times a_i \| a'_{i+1} \| \dots \| a'_n)$ и $KH_{m_i}^{(B_{\text{СОК}})} = (b'_1 \| b'_2 \| \dots \| b'_{i-1} \| b_i \| b'_{i+1} \| \dots \| b'_n)$ к виду $A_{m_i} = A_{\text{СОК}} - KH_{m_i}^{(A_{\text{СОК}})} = (a_1 \| a_2 \|\| \dots \| a_{i-1} \| a_i \| a_{i+1} \| \dots \| a_n) - (a'_1 \| a'_2 \| \dots \| a'_{i-1} \| \times$ $\times a_i \| a'_{i+1} \| \dots \| a'_n) = [a_1^{(1)} \| a_2^{(1)} \| \dots \| a_{i-1}^{(1)} \| 0 \| a_{i+1}^{(1)} \| \dots \| a_n^{(1)}]$ и $B_{m_i} = B_{\text{СОК}} -$ $KH_{m_i}^{(B_{\text{СОК}})} == (b_1 \| b_2 \| \dots \| b_{i-1} \| b_i \| b_{i+1} \| \dots \| b_n) - (b'_1 \| b'_2 \| \dots \| b'_{i-1} \| b_i \| b'_{i+1} \| \dots$ $\| b'_n) = [b_1^{(1)} \| b_2^{(1)} \| \dots \dots \| b_{i-1}^{(1)} \| 0 \| b_{i+1}^{(1)} \| \dots \| b_n^{(1)}]$ равнозначна смещению этих чисел $A_{\text{СОК}}$ и $B_{\text{СОК}}$ на левый край соответствующих числовых интервалов $[j_1 m_i, (j_1+1)m_i)$ и $[j_2 m_i, (j_2+1)m_i)$ их нахождения, что соответствует приведению их к числам A_{m_i} и B_{m_i}, кратным модулю m_i СОК. Далее определяются номера $j_1 = n_A$ и $j_2 = n_B$ этих интервалов, которые в данном случае являются позиционными признаками непозиционного кода в СОК.

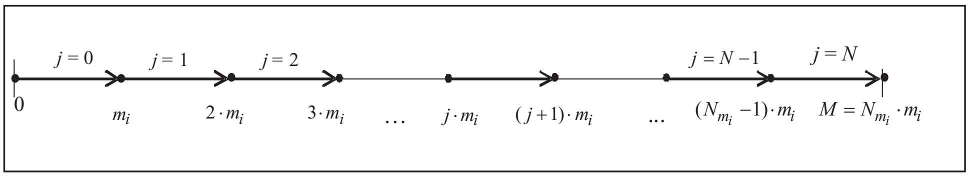

Рис. 1. Схема разбиения числового интервала $[0, M)$ на равные отрезки для произвольного основания m_i СОК

ПОКАЗАТЕЛЬ ОЦЕНКИ ТОЧНОСТИ СРАВНЕНИЯ ЧИСЕЛ В СОК

Известно, что важнейшей характеристикой процесса сравнения чисел является точность W_{m_i} сравнения. В общем случае точность W_{m_i} сравнения двух чисел: $A_{\text{СОК}} = (a_1 \| a_2 \| \dots \| a_{i-1} \| a_i \| a_{i+1} \| \dots \| a_n)$ и $B_{\text{СОК}} = (b_1 \| b_2 \| \dots$ $\dots \| b_{i-1} \| b_i \| b_{i+1} \| \dots \| b_n)$, в СОК зависит от местоположения интервалов

$[j_1 m_i, (j_1+1)m_i)$ и $[j_2 m_i, (j_2+1)m_i)$ нахождения этих чисел на числовой оси $0 \div M$, т.е. от номеров j_1 и j_2 величин этих интервалов. Если $j_1 \neq j_2$, точность W_{m_i} сравнения двух чисел $A_{\text{СОК}}$ и $B_{\text{СОК}}$ зависит только от местоположения нахождения интервалов $[j_1 m_i, (j_1+1)m_i)$ и $[j_2 m_i, (j_2+1)m_i)$ на числовой оси $0 \div M$. При этом процесс сравнения двух чисел $A_{\text{СОК}}$ и $B_{\text{СОК}}$ залючается в следующем. Если $j_1 > j_2$, то $A_{\text{СОК}} > B_{\text{СОК}}$, а если $j_1 < j_2$, то $A_{\text{СОК}} < B_{\text{СОК}}$. Если $j_1 = j_2$, тогда $A_{\text{СОК}} = B_{\text{СОК}}$. Для данного случая точность W_{m_i} сравнения зависит только от величины интервала $[jm_i, (j+1)m_i)$ нахождения чисел $A_{\text{СОК}}$ и $B_{\text{СОК}}$, т.е. от значения m_i модуля СОК. Исходя из вышеизложенного, а также из геометрической интерпретации процесса сравнения очевидно, что для вышеприведенного случая точность W_{m_i} сравнения в СОК можно оценивать посредством соотношения

$$W_{m_i} = 1 / m_i. \tag{1}$$

Отметим, что для произвольного значения m_i модуля СОК количество N_{m_i} оборудования устройства сравнения двух чисел $A_{\text{СОК}}$ и $B_{\text{СОК}}$, зависящее в основном от количества оборудования входящих в него двух групп сумматоров, реализующих операции $A_{m_i} - K_A \cdot m_i = Z_{K_A}^{(A_{\text{СОК}})}$ и $B_{m_i} - K_B \cdot m_i = Z_{K_B}^{(B_{\text{СОК}})}$, определяется как

$$N_{m_i} = \prod_{\substack{k=1;\\ k \neq i.}}^{n-1} m_k. \tag{2}$$

Для больших величин разрядных сеток КСОЦД величина $N_{m_i} = \prod_{\substack{k=1;\\ k \neq i.}}^{n-1} m_k$ может быть довольно значительной.

Рассмотрим процесс сравнения в случае, когда числа $A_{\text{СОК}} = (a_1 \| a_2 \| \ldots \| a_{i-1} \| a_i \| a_{i+1} \| \ldots \| a_n)$ и $B_{\text{СОК}} = (b_1 \| b_2 \| \ldots \| b_{i-1} \| b_i \| b_{i+1} \| \ldots \| b_n)$ находятся в одном интервале $[jm_i, (j+1)m_i)$, т.е. $j_1 = j_2 = j$ $(A_{m_i} = B_{m_i} = j \cdot m_i)$. Исходя из вышеизложенного, для данного случая сравнения числа $A_{\text{СОК}}$ и $B_{\text{СОК}}$ всегда будут равны, что в большинстве случаев не соответствует действительности. Для получения достоверного результата сравнения необходимо дополнительно организовать процедуру сравнения чисел $A_{\text{СОК}}$ и $B_{\text{СОК}}$ внутри самого числового интервала $[jm_i, (j+1)m_i)$ их нахождения. Для решения этой задачи (с учетом зависимости от величины используемого модуля m_i) рассмотрим варианты арифметического сравнения чисел в СОК, заданной упорядоченной совокупностью $\{m_i\}$ $(i = \overline{1, n})$ оснований.

Вариант 1. Пусть $m_i = m_n = \max$. Для этого случая точность W_{m_n} сравнения в СОК определяется величиной m_n длины интервала $[jm_n, (j+1)m_n)$, которая и будет минимальной (см. (1)). В этом случае количество N_{m_n} оборудования устройства для сравнения двух чисел $A_{\text{СОК}}$ минимально и определяется следующим выражением:

$$N_{m_n} = \prod_{k=1}^{n-1} m_k. \tag{3}$$

Вариант 2. Пусть $m_i = m_1 = \min$. В любой СОК имеем минимально возможное значение модуля $m_i = m_1 = 2$. При этом обеспечивается максимальная точность $W_{m_1} = 1/2$ сравнения в СОК, которая определяется минимальной величиной $m_1 = 2$ длины интервала $[jm_1, (j+1)\, m_1)$. Для этого варианта количество оборудования устройства для арифметического сравнения двух чисел $A_{\text{СОК}}$ и $B_{\text{СОК}}$ в СОК максимально: $N_{m_1} = \prod_{k=2}^{n} m_k$.

Поскольку для СОК минимальное значение модуля определяется как $m_i = m_1 = 2$, то очевидно, что как для первого, так и для второго вариантов сравнения не удается достичь максимальной $W_{\max} = 1$ точности сравнения двух чисел $A_{\text{СОК}}$ и $B_{\text{СОК}}$. Поэтому необходимо разработать такой метод арифметического сравнения, результат которого определялся бы с максимальной $W_{\max} = 1$ точностью и при этом по возможности обеспечивалось бы минимальное количество $N_{\min}$ оборудования сравнивающего устройства, т.е. необходимо обеспечить реализацию функционала $F_{\text{opt}} = W_{\max}(N_{\min})$. Для данного метода арифметического сравнения двух чисел в СОК, обеспечивающего реализацию функционала F_{opt}, необходимо выполнение двух условий (требований). Первое (основное) условие — обеспечение максимальной точности сравнения. В этом случае количество оборудования устройства для сравнения двух чисел ($A_{\text{СОК}}$ и $B_{\text{СОК}}$) будет максимальным (см. (2)). Второе (второстепенное) условие — по возможности обеспечить минимальное количество $N_{\min}$ оборудования сравнивающего устройства.

В предлагаемом новом методе арифметического сравнения данных перечисленные выше требования реализуются следующим образом. Во-первых, реализация проводится выбором максимального $m_i = m_n = \max$ значения основания СОК. При этом числовой интервал $[0, M)$ содержит минимальное количество равных числовых отрезков $[jm_n, (j+1)m_n)$ (см. рис. 1), тем самым обеспечивая выполнение условия минимального количества $N_{m_n} = \prod_{k=1}^{n-1} m_k = \min$ оборудования устройства сравнения. Во-вторых, метод сравнения двух чисел $A_{\text{СОК}} = (a_1 \| a_2 \| \ldots \| a_{i-1} \| a_i \| a_{i+1} \| \ldots \| a_n)$ и $B_{\text{СОК}} = (b_1 \| b_2 \| \ldots \| b_{i-1} \| b_i \| b_{i+1} \| \ldots \| b_n)$ в СОК в случае нахождения их в одном числовом интервале $[jm_n, (j+1)m_n)$ должен содержать дополнительную процедуру сравнения остатков a_n и b_n этих чисел по максимальному $m_i = m_n = \max$ модулю СОК. В этом случае достигается максимальная точность $W_{\max} = 1$ сравнения — до единицы длины интервала и функционал F_{opt} достигает своего оптимума ($W_{\max} = 1$ и $N_{\min} = \prod_{k=1}^{n-1} m_k$). При этом сравнения остатков a_n и b_n проводятся параллельно во времени с процессом формирования СК.

АЛГОРИТМ ТОЧНОГО АРИФМЕТИЧЕСКОГО СРАВНЕНИЯ ДВУХ ЧИСЕЛ В СОК

Зная величины a_n, b_n, n_A и n_B, а также процедуру сравнения двух чисел $A_{\text{СОК}} = (a_1 \| a_2 \| \ldots \| a_{i-1} \| a_i \| a_{i+1} \| \ldots \| a_n)$ и $B_{\text{СОК}} = (b_1 \| b_2 \| \ldots \| b_{i-1} \| \times$ $\times b_i \| b_{i+1} \| \ldots \| b_n)$, алгоритм точного арифметического сравнения двух чисел в СОК можно представить в виде аналитических соотношений:

$$A_{\text{СОК}} = B_{\text{СОК}}, \text{ если } [(n_A = n_B) \wedge (a_n = b_n)]; \tag{4}$$

$$A_{\text{СОК}} > B_{\text{СОК}}, \text{ если } \{(n_A > n_B) \vee [(n_A = n_B) \wedge (a_n > b_n)]\}; \tag{5}$$

$$A_{\text{СОК}} < B_{\text{СОК}}, \text{ если } \{(n_A < n_B) \vee [(n_A = n_B) \wedge (a_n < b_n)]\}. \tag{6}$$

Алгоритм точного арифметического сравнения чисел (4)–(6) используется в методе точного арифметического сравнения двух чисел ($A_{\text{СОК}}$ и $B_{\text{СОК}}$) в СОК. Суть метода состоит в следующем.

1. Представить сравниваемые в СОК числа $A_{\text{СОК}} = (a_1 \| a_2 \| \ldots \| a_{i-1} \| \times$ $\times a_i \| a_{i+1} \| \ldots \| a_n)$ и $B_{\text{СОК}} = (b_1 \| b_2 \| \ldots \| b_{i-1} \| b_i \| b_{i+1} \| \ldots \| b_n)$.

2. Выбрать по значениям a_n и b_n константы нулевизации вида $KH_{m_n}^{(A_{\text{СОК}})} = (a'_1 \| a'_2 \| \ldots \| a'_{i-1} \| a'_i \| a'_{i+1} \| \ldots \| a_n)$ и $KH_{m_n}^{(B_{\text{СОК}})} = (b'_1 \| b'_2 \| \ldots \| b'_{i-1} \| \times$

$\times b_i' \| b_{i+1}' \| \ldots \| b_n)$. Одновременно провести сравнение значений остатков a_n и b_n чисел $A_{\text{СОК}}$ и $B_{\text{СОК}}$.

3. Определить величины A_{m_n} и B_{m_n}, кратные значению модуля m_n СОК:

$$A_{m_n} = A_{\text{СОК}} - KH_{m_n}^{(A_{\text{СОК}})} =$$

$$= (a_1 \| a_2 \| \ldots \| a_{i-1} \| a_i \| a_{i+1} \| \ldots \| a_n) - (a_1' \| a_2' \| \ldots \| a_{i-1}' \| a_i' \| a_{i+1}' \| \ldots \| a_n) =$$

$$= [a_1^{(1)} \| a_2^{(1)} \| \ldots \| a_{i-1}^{(1)} \| a_i^{(1)} \| a_{i+1}^{(1)} \| \ldots \| 0];$$

$$B_{m_n} = B_{\text{СОК}} - KH_{m_n}^{(B_{\text{СОК}})} = (b_1 \| b_2 \| \ldots \| b_{i-1} \| b_i \| b_{i+1} \| \ldots \| b_n) -$$

$$- (b_1' \| b_2' \| \ldots \| b_{i-1}' \| b_i' \| b_{i+1}' \| \ldots \| b_n) = [b_1^{(1)} \| b_2^{(1)} \| \ldots \| b_{i-1}^{(1)} \| b_i^{(1)} \| b_{i+1}^{(1)} \| \ldots \| 0].$$

4. Посредством сумматоров с использованием совокупности констант 0, m_n,... ..., $(N-1) \cdot m_n$ по формулам $A_{m_n} - K_A \cdot m_n = Z_{K_A}^{(A_{\text{СОК}})}$ и $B_{m_n} - K_B \cdot m_n = Z_{K_B}^{(B_{\text{СОК}})}$ определить компоненты $Z_i^{(A_{\text{СОК}})}$ и $Z_j^{(B_{\text{СОК}})}$ СК, которые представляются в виде $K_{N_{m_n}}^{(n_A)} = \{Z_{N_{m_n}-1}^{(A_{\text{СОК}})} \; Z_{N_{m_n}-2}^{(A_{\text{СОК}})} \ldots Z_2^{(A_{\text{СОК}})} Z_1^{(A_{\text{СОК}})} \; Z_0^{(A_{\text{СОК}})}\}$ и $K_{N_{m_n}}^{(n_B)} = \{Z_{N_{m_n}-1}^{(B_{\text{СОК}})} \; Z_{N_{m_n}-2}^{(B_{\text{СОК}})} \ldots$ $\ldots Z_2^{(B_{\text{СОК}})} \; Z_1^{(B_{\text{СОК}})} \; Z_0^{(B_{\text{СОК}})}\}$.

5. По полученным значениям СК $K_{N_{m_n}}^{(n_A)} = \{Z_{N_{m_n}-1}^{(A_{\text{СОК}})} \; Z_{N_{m_n}-2}^{(A_{\text{СОК}})} \ldots Z_2^{(A_{\text{СОК}})} \times$ $\times Z_1^{(A_{\text{СОК}})} \; Z_0^{(A_{\text{СОК}})}\}$ и $K_{N_{m_n}}^{(n_B)} = \{Z_{N_{m_n}-1}^{(B_{\text{СОК}})} \; Z_{N_{m_n}-2}^{(B_{\text{СОК}})} \ldots Z_2^{(B_{\text{СОК}})} \; Z_1^{(B_{\text{СОК}})} \; Z_0^{(B_{\text{СОК}})}\}$ определить значения двоичных разрядов СК, для которых выполняются условия $Z_{n_A}^{(A_{\text{СОК}})} = 0$ и $Z_{n_B}^{(B_{\text{СОК}})} = 0$. Определяются количественные значения n_A и n_B ППНК.

6. Определить конечный результат арифметического сравнения чисел $A_{\text{СОК}}$ и $B_{\text{СОК}}$ в соответствии с соотношениями (4)–(6).

На основании представленного метода разработано устройство для реализации процесса сравнения в СОК, на которое получен патент Украины [6]. Данный факт подтверждает практическую значимость результатов настоящей статьи.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе разработан метод точного арифметического сравнения данных, представленных в СОК. Метод основан на получении и использовании ППНК и обеспечивает максимальную достоверность результата сравнения чисел в СОК. Он рекомендован к использованию при аппаратной реализации операции арифметического сравнения данных в КСОЦД, функционирующей в СОК.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акушский И.Я., Юдицкий Д.И. Машинная арифметика в остаточных классах. — М.: Сов. радио, 1968. — 440 с.
2. Барсов В.И., Сорока Л.С., Краснобаев В.А. Методология параллельной обработки информации в модулярной системе счисления. — Харьков: МОН, УИПА, 2009. — 285с.
3. Полисский Ю.Д. Сравнение чисел в системе остаточных классов / 50 лет модулярной арифметике: Сб. тр. Юбил. междунар. науч.-техн. конф. — М.: ОАО «Ангстрем» МИЭТ, 2005. — С. 274–290.
4. Краснобаев В.А., Загуменная Е.В., Маврина М.А., Курчанов В.Н. Методы сравнения чисел, представленных в классе вычетов // Системи обробки інформації. — 2013. — Вип. 1 (108). — С. 171–175.
5. Краснобаев В.А., Кошман С.А., Маврина М.А. Метод повышения достоверности контроля данных, представленных в системе остаточных классов // Кибернетика и системный анализ. — 2014. — **50**, № 6. — С. 167–175.
6. ДП на корисну модель № 79587 України, МПК (2006.01) G 06F 7/04 / В.А. Краснобаєв, М.О. Маврiна, С.О. Кошман, О.I. Тиртишнiков, Ю.В. Уткiн. Пристрiй для порiвняннi даних, що представленi у непозицiйнiй системi числення класу лишкiв, № u 2012 12654. Заявл. 05.11.2012. Опубл. 25.04.2013, Бюл. № 8.

Поступила 11.12.2014