

УДК 681.3

В.И. Барсов<sup>1</sup>, В.О. Жадан<sup>2</sup>, В.А. Краснобаев<sup>2</sup>, Е.А. Сотник<sup>1</sup><sup>1</sup> Украинская инженерно-педагогическая академия, Харьков<sup>2</sup> Полтавский национальный технический университет им. Юрия Кондратюка, Полтава

## УСТРОЙСТВА ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ В МОДУЛЯРНОЙ СИСТЕМЕ СЧИСЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА УНИТАРНОГО КОДИРОВАНИЯ

*Рассмотрена возможность применения метода унитарного кодирования, основанного на использовании принципа кольцевого сдвига, в устройствах обработки информации функционирующих в модулярной системе счисления.*

**Ключевые слова:** модулярная система счисления, кольцевой сдвигающий регистр, принцип кольцевого сдвига, устройство обработки информации.

### Введение

**Постановка задачи.** Многочисленные публикации последних лет свидетельствуют о том, что использование модулярной системы счисления (МСС) открывает широкие перспективы создания систем обработки информации и управления (СОИУ) реального времени, обладающих высокой надёжностью и производительностью. Одним из перспективных принципов технической реализации устройств обработки информации (УОИ) является принцип кольцевого сдвига (ПКС), который основан на использовании кольцевых регистров сдвига (КРС). ПКС был предложен сравнительно недавно, поэтому для его широкого использования необходимо решить ряд научно-технических задач, связанных с выбором рациональной структуры УОИ, что в свою очередь непосредственно связано с разработкой и применением методов и алгоритмов обработки информации в МСС на основе ПКС.

**Цель данной статьи.** Целью статьи является разработка и дальнейшее совершенствование методов эффективной реализации арифметических операций в МСС, позволяющих создавать эффективные устройства обработки информации на основе применения – принципа кольцевого сдвига.

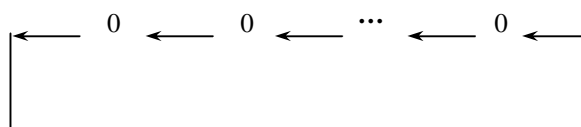
### Основная часть

Один из возможных подходов к решению задач, связанных с повышением эффективности реализации арифметических операций в МСС, заключается в разработке методов реализации арифметических операций, основанных на использовании ПКС. Пусть имеется некоторая информационная структура  $P_{исх}^{(m_i)}$  произвольного модуля  $m_i$  МСС, которая представляется в виде унитарного  $(m - 1)$  – разрядного кода

$$P_{исх}^{(m_i)} = P(\alpha_{i-1}) \| P(\alpha_{i-2}) \| \dots \| P(1) \| P(0), \quad (1)$$

где  $P(\alpha_i)$  – двоичный разряд цифровой структуры (1), единичное состояние которого соответствует значению операнда  $a_i = \alpha_j$ , представленного унитарным кодом  $(\alpha_i = 0, m_i - 1)$ .

В этом случае исходное состояние КРС состоит всего из  $m_i - 1$  двоичных разрядов и схематически может быть представлено так:



При этом первый операнд  $a_i = \alpha_j$ , отображаемый унитарным кодом по произвольному модулю  $m_i$  МСС, заносится в  $j$ -й разряд КРС, т.е. переводит  $j$ -й двоичный разряд в единичное состояние. Второй операнд  $\beta_i$  указывает на количество сдвигов  $z$  содержимого КРС, определяя тем самым время реализации арифметических операций по модулю  $m_i$  МСС, т.е.

$$t_{слож} = \beta_i \tau. \quad (2)$$

Время реализации арифметической операции  $A \pm B$  в МСС будет определяться временем выполнения операции для максимального значения  $\beta_{\max i}$  ( $i = \overline{1, n}$ ) остатка из совокупности  $\{\beta_i\}$  для данного операнда  $B = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n)$ , т.е.

$$t_{слож} = \beta_{\max i} \tau. \quad (3)$$

Здесь необходимо отметить, что для случая применения метода двоичного кодирования, при построении УОИ, время реализации модульного сложения двух операндов  $A = (a_1, a_2, \dots, a_n)$  и  $B = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n)$  в МСС определяется выражением

$$t_{слож} = K \beta_{\max i} \tau, \quad (4)$$

где  $\tau$  – время сдвига одного бита информации (одного двоичного разряда), где  $\beta_{\max i} = \max \{ \beta_i \} \in B$  для  $i = \overline{1, n}$ .

Анализ выражений (3) и (4) показывает, что предлагаемый метод унитарного представления уменьшает время выполнения арифметических операций по сравнению с методом двоичного кодирования в  $K = [\log_2(m_i - 1)] + 1$  раз.

Для уяснения алгоритма реализации арифметических операций в классе вычетов на основании разработанного метода рассмотрим пример конкретной реализации операции сложения  $A + B$  для МСС, заданной основаниями  $m_1 = 2, m_2 = 3, m_3 = 5$ . Пусть  $A = (0, 10, 100)$  и  $B = (1, 01, 010)$  (табл. 1). Так как  $\beta_{\max i} = \beta_3 = 010$ , то в соответствии с выражением (3) время реализации операции сложения в МСС для данных операндов равно  $t_{\text{слож}} = \beta_3 \tau$ , и в этом случае алгоритм реализации операции сложения полностью определяется алгоритмом реализации операции модульного сложения  $(a_3 + \beta_3) \bmod 3$  по наибольшему модулю МСС. Исходное содержимое КРС определяется в виде

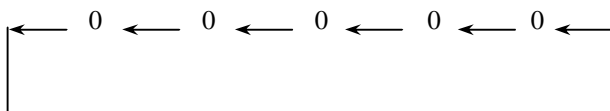
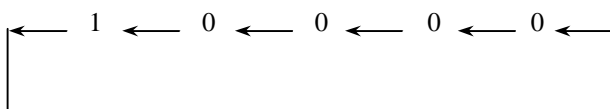


Таблица 1

Пример реализации операции сложения

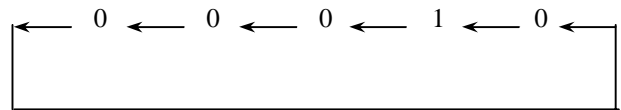
A	A в МСС			A	A в МСС		
	$m_1=2$	$m_2=3$	$m_3=5$		$m_1=2$	$m_2=3$	$m_3=5$
0	0	00	000	15	1	00	000
1	1	01	001	16	0	01	001
2	0	10	010	17	1	10	010
3	1	00	011	18	0	00	011
4	0	01	100	19	1	01	100
5	1	10	001	20	0	10	000
6	0	00	001	21	1	00	001
7	1	01	010	22	0	01	010
8	0	10	011	23	1	10	011
9	1	00	100	24	0	00	100
10	0	01	000	25	1	01	000
11	1	10	001	26	0	10	001
12	0	00	010	27	1	00	010
13	1	01	011	28	0	01	011
14	0	10	100	29	1	10	100



Первый операнд  $a_3 = 100$  дешифрируется и значение  $a_3 = 4$  в унитарном коде заносится в четвертый разряд КРС.

Второй операнд  $\beta_3 = 010$  также дешифрируется и полученное значение  $\beta_3 = 2$  определяет количество  $z$

сдвигов в положительном (против часовой стрелки) направлении содержимого КРС. В итоге содержимое КРС представляется так:



В соответствии с данными значений кодов (табл. 2), с помощью шифратора по значению 00010 однозначно определяется результат операции

$$(a_3 + \beta_3) = 1 \pmod{5}.$$

Аналогично производятся операции модульного сложения остатков по основаниям  $m_1$  и  $m_2$ .

Таблица 2

Значения кодов

Вход шифратора	Выход шифратора
0 0 0 0 1	0 0 0
0 0 0 1 0	0 0 1
0 0 1 0 0	0 1 0
0 1 0 0 0	0 1 1
1 0 0 0 0	1 0 0

Проведем общую сравнительную оценку времени реализации арифметических операций в ПСС и метода двоичного кодирования МСС при использовании ПКС. Известно, что возможное максимальное время реализации соответствующих арифметических операций для ПКС при применении метода двоичного представления будет равно

$$t_{\text{слож}}^{(1)} = (m_n - 1)K\tau, \tag{5}$$

$$t_{\text{умн}}^{(1)} = (m_n - 1) m_n K\tau / 2. \tag{6}$$

Видно, что максимально возможное время реализации арифметических операций в классе вычетов при использовании метода унитарного кодирования для операции сложения равно

$$t_{\text{слож}}^{(2)} = (m_n - 1) \cdot \tau, \tag{7}$$

а для умножения

$$t_{\text{умн}}^{(2)} = (m_n - 1)(m_n - 2) \cdot \tau, \tag{8}$$

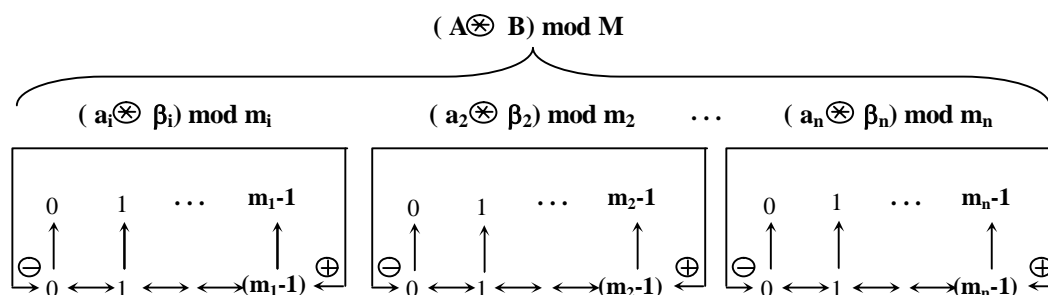
так как  $t_{\text{умн}}^{(2)} = a_i (\beta_i - 1) \cdot \tau$ , т.е. операнд в унитарном коде заносится в КРС, а затем последовательно производится сложение по схеме

$$\underbrace{a_i + a_i + a_i + \dots + a_i}_{\beta_i - 1}.$$

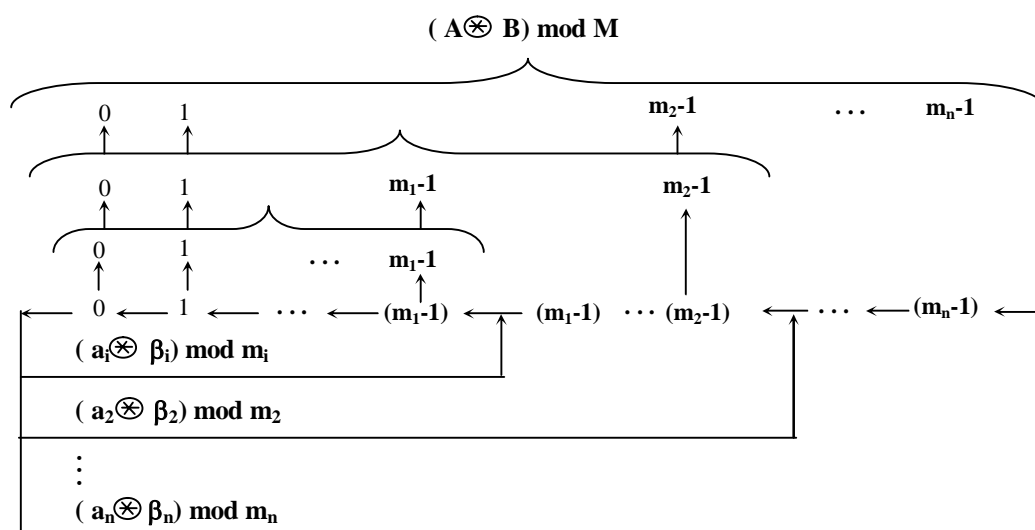
Проведенные расчеты (табл. 3) показали высокую эффективность метода унитарного кодирования, с точки зрения минимизации времени реализации арифметических операций в классе вычетов, по сравнению с методом двоичного кодирования в МСС и временем реализации таких же операций в ПСС.

Результаты расчетов

Разрядная сетка СОИУ $l(m_n)$	Основания МСС	$t [\tau]$					
		ПСС		МСС (ПКС)			
		сложение	умножение	двоичное представление		унитарное представление	
сложение	умножение			сложение	умножение		
$l = 1$ ( $m_n = 7$ )	$m_1 = 3, m_2 = 4, m_3 = 5,$ $m_4 = 7, (k = 3)$	17	128	18	63	6	30
$l = 2$ ( $m_n = 13$ )	$m_1 = 2, m_2 = 5, m_3 = 7,$ $m_4 = 9, m_5 = 11, m_6 = 13,$ ( $k = 4$ )	33	512	48	312	12	132
$l = 3$ ( $m_n = 19$ )	$m_1 = 3, m_2 = 4, m_3 = 5,$ $m_4 = 7, m_5 = 11, m_6 = 13,$ $m_7 = 17, m_8 = 19, (k = 5)$	49	1152	90	855	18	306
$l = 4$ ( $m_n = 29$ )	$m_1 = 2, m_2 = 3, m_3 = 5,$ $m_4 = 7, m_5 = 11, m_6 = 13,$ $m_7 = 17, m_8 = 19,$ $m_9 = 23, m_{10} = 29, (k = 5)$	65	2048	140	2030	28	756



а



б

Рис. 1. Схемы функционирования операционного устройства СОИУ в МСС для ПКС  
а – 1-й алгоритм; б – 2-й алгоритм

Применение предложенных алгоритмов позволит (в зависимости от величины модуля  $m$  и значения операнда  $\beta_1$ ) до 90% сократить максимальное время реализации арифметических операций в МСС. Модульность структуры вычислительного процесса в классе вычетов дает возможность эффективно применить ПКС для реализации основных арифметических операций. Использование ПКС позволит, как и при табличном принципе, устранить влияние межрядных связей между двоичными разрядами операндов  $A$  и  $B$  на результат вычислений при приемлемом количестве оборудования операционного устройства СОИУ [1 – 5].

На рис. 1, а, б представлены упрощенные варианты схем функционирования операционных устройств СОИУ в классе вычетов при использовании принципа кольцевого сдвига.

### Выводы

1. На основе сформулированного ПКС в статье предложено использовать для реализации арифметических операций в МСС метод унитарного кодирования.

2. Разработаны алгоритмы реализации данного метода, а также алгоритмы, позволяющие сократить время реализации арифметических операций в МСС. Проведенный расчет времени реализации арифметических операций в МСС, даже без учета влияний алгоритмов повышения быстродействия, показал высокую эффективность использования предложенного метода

3. Рассмотренные методы и алгоритмы могут быть рекомендованы к практическому использованию для устройств обработки информации СОИУ, функционирующих в реальном времени с повышенными требованиями по отказоустойчивости.

### Список литературы

1. Методы многоверсионной обработки информации в модулярной арифметике: моногр. / [Барсов В.И., Краснобаев В.А., Сиора А.А., Авдеев И.В.]. – Х.: МОН, УИПА, 2008. – 460 с.

2. Модели и методы повышения отказоустойчивости и производительности управляющих вычислительных комплексов специализированных систем управления реального времени на основе применения непозиционных кодовых структур модулярной арифметики: моногр. / [Барсов В.И., Сорока Л.С., Краснобаев В.А., Хери Али Абдуллах]. – Х.: МОН, УИПА, 2008. – 147 с.

3. Барсов В.И. Методология параллельной обработки информации в модулярной системе счисления: моногр. / В.И. Барсов, Л.С. Сорока, В.А. Краснобаев – Х.: МОН, УИПА, 2009. – 288 с.

4. Система обработки информации и управления АСУ ТП на основе применения кодов в модулярной арифметике: моногр. / [В.И. Барсов, В.А. Краснобаев, И.А. Фурман и др.]. – Х.: МОН, УИПА, 2009. – 159 с.

5. Модели и методы параллельной реализации логических операций в АСУ ТП: моногр. / [В.И. Барсов, В.А. Краснобаев, И.А. Фурман и др.]. – Х.: МОН, УИПА, 2009. – 138 с.

Поступила в редколлегию 29.11.2011

Рецензент: д-р техн. наук, проф. И.А. Фурман, Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. Петра Василенко, Харьков.

### ПРИСТРОЇ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ У МОДУЛЯРНІЙ СИСТЕМІ ЧИСЛЕННЯ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ УНІТАРНОГО КОДУВАННЯ

В.І. Барсов, В.О. Жадан, В.А. Краснобаєв, Є.О. Сотник

*Розглянуто можливість застосування методу унитарного кодування, заснованого на використанні принципу кільцевого зсуву, в пристроях обробки інформації, що функціонують у модулярній системі числення.*

**Ключові слова:** модулярна система числення, кільцевий зсувний регістр, принцип кільцевого зсуву, пристрій обробки інформації.

### INFORMATION-PROCESSING DEVICE IN THE MODULAR NUMBER SYSTEM BASED ON USING CODING METHOD OF UNITARY

V.I. Barsov, V.O. Zhadan, V.A. Krasnobayev, E.A. Sotnik

*The possibility of applying the unitary method of coding based on the use of the principle of circular shift in information processing devices operating in the modular system of notation.*

**Keywords:** modular numbering system, circular shift register, the principle of ring-shear device processing.