

Куницкая С. Ю.,  
Бабенко В. Г.,  
Пивень О. Б.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ СИНТЕЗА МОДЕЛЕЙ ПОЗИЦИОННЫХ ИЗБЫТОЧНЫХ СИСТЕМ СЧИСЛЕНИЯ

*В статье рассмотрены вопросы повышения быстродействия арифметических устройств и надежности вычислительной техники на основе введения избыточности за счет уменьшения их сложности. Сделан анализ двоично-троичной и двоично-шестиричной позиционных систем счисления. Определены модули программного обеспечения, на основе которых определены ряд требований к вводимой информационной избыточности.*

**Ключевые слова:** быстродействие, надежность, позиционные системы счисления, модули программного обеспечения, информационная избыточность.

### 1. Введение

В основе современной электронной вычислительной техники лежат числа и системы счисления, которые эти числа порождают. От эффективности последних зависят параметры вычислительных систем и устройств, в первую очередь показатели быстродействия и надежности. Среди систем счисления наибольшее распространение в вычислительной технике нашла двоичная система счисления. Нужно использовать системы счисления с внутренне присущей им естественной избыточностью информации, которые способны обнаруживать и исправлять ошибки в своей работе. То есть такие системы счисления изначально, по своей природе, обладают свойствами помехоустойчивости и самоконтроля [1–3].

Проблема повышения эффективности устройств вычислительной техники всегда была и будет актуальной. Поэтому дальнейшее развитие методов синтеза и анализа арифметических устройств на основе введения информационной избыточности путем расчета характеристик системы счисления по моделям позиционных систем счисления позволило получить такие системы счисления, которые обеспечат повышение быстродействия при уменьшении сложности аппаратной реализации.

### 2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

Первые попытки согласовать избыточность с быстродействием были предприняты А. П. Стаховым и Е. И. Брюховичем [4]. Разработано главное научное направление, которое состоит во введении избыточности на этапе синтеза первичной системы счисления, при этом исключается реальное выражение контрольных компонент. Применение такой избыточности имеет менее негативные последствия и позволяет повышать эффективность автоматического контроля, а также способна осуществить контроль при построении естественно-надежных автоматов [5]. Значительный вклад в развитие арифметических основ функционирования высокоскоростных специализирован-

ных процессоров, использующих системы счисления на основе рекуррентных последовательностей внес В. А. Лу-жецкий [6].

Вопросу построения теории синтеза быстродействия отказоустойчивых информационных систем уделялось много внимания со стороны таких ученых как Дж. фон Нейман и К. Е. Шеннон, однако вопросу комплексного исследования избыточных двоичных позиционных систем счисления и синтезу на основе быстродействующих арифметических устройств не уделялось достойного внимания, хотя этот вопрос есть важным для повышения быстродействия и надежности функционирования дискретных устройств.

### 3. Объект, цель и задачи исследования

*Объектом исследования* есть процесс повышения быстродействия арифметических устройств и надежности вычислительной техники.

*Целью статьи* является синтез дискретных устройств на основе информационной избыточности позиционных систем счисления.

Для целенаправленного проведения исследований рассмотрены два направления, которые необходимы для дальнейшего вычислительного эксперимента на основе модулей программного обеспечения.

### 4. Создание оптимально-избыточных устройств переработки информации

Определим основные направления исследований [7]:  
— повышение надежности арифметических устройств вычислительной техники за счет уменьшения их сложности на основе введения избыточности (1)–(4);  
— повышение быстродействия арифметических устройств на основе введения избыточности (5), (6).  
Влияние информационной избыточности на избыточность аппаратных средств [8]:

$$K_a = K_a^* \cdot K_n, \quad (1)$$

где  $K_n = n/k$ , значение  $k$  и  $n$  вычисляются соответственно с выражением  $M_k \approx 2^n$  при представлении максимально допустимого числа  $M$  избыточным  $k$ -разрядным кодом с мощностью  $M$ .

Расчет весовых коэффициентов исследуемой двоично-троичной системы счисления проводится на основе выражения (2) является избыточной, следовательно, введенная информационная избыточность может быть использована для обнаружения ошибок:

$$\begin{cases} b_0 = 1; \\ b_1 = 2; \\ b_2 = 2; \\ \dots \dots \dots \dots \\ b_{2n} = 3 \cdot b_{2n-1}; \\ b_{3n+1} = b_{2n}. \end{cases} \quad (2)$$

Математическая модель устройства контроля ошибок будет описана логическим выражением:

$$F = F_1 \cup F_2 \cup F_3 \cup \dots \cup F_k \cup \dots \cup F_m, \quad (3)$$

где  $F_k = F_{2p+1} = x_{2p+1} \cup \bar{x}_{2p}$ ;  $m = n/2$ ;  $F$  — функция контроля ошибки в коде числа;  $F_k$  — функция контроля ошибки в  $k$ -ой двухразрядной группе кода числа;  $x_i$  — значение  $i$ -го разряда кода числа, что поступил.

Вероятность обнаружения ошибки определяется:

$$P_B = \frac{K_{BK}}{K_K}, \quad (4)$$

где  $P_B$  — вероятность обнаружения ошибки;  $K_K$  — количество комбинаций в коде;  $K_{BK}$  — количество комбинаций обнаруживающих ошибку.

Для анализа повышения быстродействия арифметических устройств на основе введенной избыточности рассмотрим выражение (2), где появляется возможность сформулировать правила выполнения операции сложения в двоично-троичной системе счисления [9]:

$$\begin{aligned} b_{2m} + 0 &= 0 + b_{2m} = b_{2m}; \\ b_{2m+1} + 0 &= 0 + b_{2m+1} = b_{2m+1}; \\ b_{2m} + b_{2m} &= b_{2m} + b_{2m+1}; \\ b_{2m+1} + b_{2m+1} &= b_{2m} + b_{2(m+1)}; \\ b_{2m+1} + b_{2m} &= b_{2(m+1)}. \end{aligned} \quad (5)$$

Проведем исследование двоично-шестеричной позиционной системы счисления с весовыми коэффициентами разрядов, которые заданы последовательностью: 1, 2, 2, 6, 6, 18, 18, 54, 54, 162, 162, 486, ... по выражениям (1)–(4) и определим правила выполнения операции сложения [10]. Введенная информационная избыточность позволяет обнаруживать ошибки при нарушении ограничения на синтез позиционной системы счисления, а математическая модель устройства контроля ошибок будет описана логическим выражением (3).

Наряду с двоично-троичной системой счисления исследована и двоично-шестеричная позиционная система счисления, которая дает возможность получить быстродействие работы сумматора на 15–20 % за счет исследования и увеличения аппаратной избыточности в 1,7–1,8 раза.

Полученные результаты исследования на основе определения (1) позволяют сделать вывод о том, что двоично-троичная и двоично-шестеричная позиционные системы счисления есть оптимальными. То есть введенная информационная избыточность позволяет уменьшить сложность реализации сумматора при обеспечении требуемого быстродействия [10].

Получить обобщенные данные про модели позиционных избыточных систем счисления можно только на основе вычислительного эксперимента.

Количество предполагаемых вариантов моделей позиционных систем счисления (форм представления информации) определяется выражением:

$$K = \sum_{p=p_{\min}}^{2^k} \left( \frac{2^k!}{(2^k - p)!} \right), \quad (6)$$

где  $K$  — количество предполагаемых вариантов моделей позиционных систем счисления (форм представления информации);  $p$  — количество кодируемых цифр,  $p_{\min}$  — минимальное количество кодируемых цифр в модели позиционной системы счисления;  $k$  — количество разрядов модели.

Программный комплекс включает модули: для формирования кодов цифр безизбыточной системы счисления заданной разрядности, для реализации метода перебора как кодов цифр безизбыточной системы счисления, так и множества значений каждого весового коэффициента, для определения пригодных к исследованию моделей по наличию весовых коэффициентов, для определения зависимости расчета весовых коэффициентов, для определения набора правил минимальной сложности, для управления режимами работы программной системы, для ввода необходимой модели позиционной системы счисления, а также разрядности кодов цифр с последующей проверкой синтезированных правил выполнения операции сложения.

По результатам вычислительного эксперимента определены модели позиционных избыточных систем счисления наиболее перспективные для создания оптимально-избыточных устройств переработки информации, и, следовательно, обозначим ряд требований к вводимой информационной избыточности, которая должна обеспечить:

- возможность выполнения арифметических операций любой степени сложности с точки зрения реализации;
- выполнение логических операций и их логическую взаимосвязь с традиционными логическими операциями булевой алгебры;
- высокую скорость выполнения арифметико-логических операций за счет уменьшения количества переносов между группами разрядов и низкой сложностью устройств;
- простоту синтеза кодовых комбинаций, а также прямое и обратное преобразования безизбыточного кода в избыточный;

— простоту алгоритмов обнаружения и коррекции ошибок при низкой сложности устройств их реализации, высокой скорости контроля и коррекции;  
— условия для уменьшения вероятности возникновения ошибок за счет повышения помехозащищенности.

## 5. Выводы

Для повышения надежности арифметических устройств вычислительной техники за счет уменьшения их сложности и повышения быстродействия арифметических устройств на основе введения избыточности были исследованы двоично-троичная и двоично-шестиричная позиционные системы счисления.

Определены основные критерии повышения быстродействия работы сумматора и увеличения аппаратной избыточности.

В результате проведения вычислительного эксперимента на основе использования разработанного программного комплекса были получены модели позиционных избыточных систем счисления.

## Литература

1. Stakhov, A. Introduction into Fibonacci Coding and Cryptography [Text] / A. Stakhov, V. Massingue, A. Sluchenkova. — Kharkiv: Osnova, 1999. — 234 p.
2. Стахов, А. П. Кодирование данных в информационно-регистрирующих системах [Текст] / А. П. Стахов, Б. Я. Лихтиндер, Ю. П. Орлович, Ю. А. Старожил. — Киев: Техника, 1985. — 127 с.
3. Стахов, А. П. Алгоритмическая теория измерения [Текст] / А. П. Стахов. — М.: Знание, 1979. — 240 с.
4. Брюхович, Е. Н. Экономическая стратегия разработки вычислительных систем: место и роль счислений [Текст] / Е. Н. Брюхович // Управляющие системы и машины. — 1990. — № 2(106). — С. 3–18.
5. Стахов, А. П. Коды золотой пропорции [Текст] / А. П. Стахов. — М.: Радио и связь, 1984. — 152 с.
6. Лужецкий, В. А. Арифметичні основи комп'ютерної техніки [Текст]: посібник / В. А. Лужецкий, Ю. Г. Лега. — Черкаси: ЧДТУ, 2008. — 219 с.
7. Рудницкий, В. Н. Методика оценки надежности функционирования цифровых устройств на основе структурно-блочных кодов [Текст] / В. Н. Рудницкий, Н. Н. Пантелева // Вісник Черкаського державного технологічного університету. — 2005. — № 1. — С. 10–16.
8. Куницкая, С. Ю. Повышение быстродействия дискретных устройств на основе введения информационной избыточности [Текст] / С. Ю. Куницкая // Збірник тез доповідей науково-технічного семінару «Проблеми інформатизації». — Ч.: ЧДТУ, 2011. — Вип. 1(6). — С. 36.
9. Рудницкий, В. Н. Об одной из проблем современной информатики [Текст] / В. Н. Рудницкий, Н. Ф. Григорьев // Материалы межвузовской НПК «Проблемы экономики и управления современности». Часть 2. «Управление». — Краснодар: Экоинвест, 1998. — С. 92–95.
10. Рудницкий, В. М. Синтез активно-надлишковой двійково-шестіркової системи числення [Текст]: зб. наук. пр. / В. М. Рудницкий, С. Ю. Кучеренко, О. Б. Півень // Системи управління, навігації та зв'язку. — К.: ДП «ЦНДІ НУ», 2009. — Вип. 4(12). — С. 175–178.

## ВИКОРИСТАННЯ СТРУКТУРИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ СИНТЕЗУ МОДЕЛЕЙ ПОЗИЦІЙНИХ НАДЛИШКОВИХ СИСТЕМ ЧИСЛЕННЯ

В статті розглянуті питання підвищення швидкодії арифметичних пристроїв та надійності обчислювальної техніки завдяки введенню надлишковості за рахунок зменшення їх складності. Зроблено аналіз двійково-трійкової та двійково-шестіркової позиційних систем числення. Визначено модулі програмного забезпечення для подальшого проведення обчислювального експерименту, за якими отримано вимоги до інформаційної надлишковості.

**Ключові слова:** швидкодія, надійність, позиційні системи числення, модулі програмного забезпечення, інформаційна надлишковість.

*Куницкая Светлана Юрьевна, кандидат технических наук, доцент, кафедра информационной безопасности и компьютерной инженерии, Черкасский государственный технологический университет, Украина, e-mail: kunitskaya33@gmail.com.*

*Бабенко Вера Григорьевна, кандидат технических наук, доцент, кафедра информационной безопасности и компьютерной инженерии, Черкасский государственный технологический университет, Украина.*

*Пивень Олег Борисович, кандидат физико-математических наук, доцент, кафедра информационной безопасности и компьютерной инженерии, Черкасский государственный технологический университет, Украина.*

*Куницка Світлана Юрїївна, кандидат технічних наук, доцент, кафедра інформаційної безпеки та комп'ютерної інженерії, Черкаський державний технологічний університет, Україна.*

*Бабенко Віра Григорівна, кандидат технічних наук, доцент, кафедра інформаційної безпеки та комп'ютерної інженерії, Черкаський державний технологічний університет, Україна.*

*Півень Олег Борисович, кандидат фізико-математичних наук, доцент, кафедра інформаційної безпеки та комп'ютерної інженерії, Черкаський державний технологічний університет, Україна.*

*Kunitskaya Svetlana, Cherkasy State Technological University, Ukraine, e-mail: kunitskaya33@gmail.com.*

*Babenko Vera, Cherkasy State Technological University, Ukraine.*

*Piven Oleg, Cherkasy State Technological University, Ukraine*