ВИННИЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

Конатэ Карим

Разработка и исследование алгоритмов и устройств скоростной Фибоначчиевой машинной арифметики

Специальность: 05.13.08 - вычислительные машины, системы и сети, элементы и устройства вычислительной техники и систем управления

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

Винница - 1996

Диссертация является рукописью

Работа выполнена на кафедре вычислительной техники Винницкого государственного технического университета

Научный руководитель - доктор технических наук, профессор, СТАХОВ Алексей Петрович

Научный консультант - доктор технических наук, доцент, АЗАРОВ Алексей Дмитриевич

Официальные оппоненты - доктор технических наук, профессор ТАРАСЕНКО Владимир Петрович;
кандидат технических наук, старший научный сотрудник, ГАМАЮН Владимир Петрович

Ведущее предприятие: Акционерное общество " Инфракон " (г. Винница)

Защита состоится "05" 07 1996 г. в "12" на заседании специализированного ученого совета Д 10.01.03 в Винницком государственном техническом университете по адресу: 286021, Винница, ул. Хмельницкое шоссе, 95, ГУК.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ВГТУ.

Автореферат разослан "04" 06 1996 г.

Ученый секретарь
специализированного совета КОЛОДНЫЙ В. В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Развитие средств вычислительной техники сопровождается ростом производительности машин, усложнением их конструкции и расширением областей применения. Это обусловливает постоянный интерес к проблеме повышения надежности и скорости работы машин. Решение данной проблемы практически всегда предполагает использование избыточности. Среди многообразия форм введения избыточности все больший интерес приобретают методы помехоустойчивого кодирования информации, позволяющие обнаруживать и исправлять ошибки при ее хранении, передаче и обработке.

Повышение скорости и надёжности функционирования вычислительных систем предполагает решение многочисленных задач на технологическом, схемотехническом, кодовом, алгоритмическом, структурном и программном уровнях.

Использование систем счисления с иррациональным основанием (или "Фибоначчиевых") является одним из возможных путей комплексного решения проблем, возникающих в информационно-вычислительных и регистрирующих системах при хранении, передаче и записи информации на магнитных носителях, выполнении арифметических операций, аналого-цифровом и цифроаналоговом преобразовании. Ряд работ посвящено этой тематике и получено много положительных результатов, подтверждающих целесообразность использования рассматриваемых систем счислений.

Один из основных недостатков "Фибоначчиевых" систем счисления (ФСС) - низкое быстродействие. Поэтому они используются в совокупности с обычной двоичной системой счисления. Это снижает эффективность применения ФСС в указанных системах. Повышение показателя эффективности систем в целом предполагает наличие скоростной арифметики Фибоначчи.

Цель и задачи работы. Целью диссертационной работы является разработка и исследование машинной арифметики Фибоначчи на основе многозначного представления чисел, а также инженерных рекомендаций по проектированию соответствующих операционных устройств и вычислительных преобразователей на перспективной элементной базе.

Методы исследования. При решении поставленных задач был использован математический аппарат теории информации и кодирования, а также элементы теории цифровых автоматов, и теории систем счисления и высокоскоростных вычислений. Для подтверждения основных теоретических результатов применялись методы имитационного моделирования цифровых устройств.

Научная новизна. 1. Разработаны элементы теории скоростной "Фибоначчиевой" арифметики;

2. Предложен принцип повышения скорости выполнения сложения в многозначных ФСС, основывающийся на управлении генерацией и распространением переносов с целью ограничения их влияния на соседние разряды;

3. Разработан метод ускорения процесса умножения в тернарном коде Фибоначчи (ТКФ), основанный на использовании операции сдвига с тем, чтобы уменьшить количество сложений;

4. Предложен метод перевода чисел из бинарного и знакоразрядного кодов Фибоначчи (БКФ и ЗКФ) в ТКФ, основанный на использовании суммирования с ограниченной длиной межразрядных переносов и позволяющий избегать многочисленных итераций в данной операции.

5. Проведены сравнительные оценки быстродействия предложенных устройств сложения и сумматоров в классических "Фибоначчиевых" и двоичных СС, подтверждающие целесообразность применения рассмотренных СС.

Достоверность научных результатов диссертации подтверждается машинным моделированием, в ходе которого установлено совпадение основных теоретических положений с выводами, полученными при исследовании разработанных узлов.

Практическая ценность.

- разработан метод повышения быстродействия сумматоров и преобразователей числовых данных на основе ФСС;

- выработаны рекомендации по проектированию быстродействующих операционных устройств на основе многозначных ФСС, обеспечивающих возможность увеличения эффективности функционирования информационно-измерительных и регистрирующих систем;

- разработано программное обеспечение, позволяющее на этапе проектирования оценить путем моделирования правильность функционирования разрабатываемых устройств.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Принцип повышения скорости выполнения сложения в многозначных ФСС, основывающийся на управлении генерацией и

распространением переносов с целью ограничения их влияния на соседние разряды.

2. Метод ускорения процесса умножения в ТКФ, заключающийся в использовании операции сдвига с тем, чтобы уменьшить количество сложений.

3. Метод выполнения перевода чисел из БКФ и ЗКФ в ТКФ, основанный на использовании суммирования с ограниченной длиной межразрядных переносов и позволяющий избегать итераций в данной операции.

4. Рекомендации по проектированию быстродействующих операционных устройств на основе многозначных ФСС, обеспечивающих возможность увеличения эффективности функционирования информационно-измерительных и регистрирующих систем.

Реализация результатов работы. Основные положения, рекомендации и выводы используются в учебном процессе при чтении спецкурса "Фибоначчи компьютеры", а также применяются при выполнении практических занятий, курсового и дипломного проектирования студентами факультета информационных технологий и компьютерной инженерии в Винницком государственном техническом университете.

Связь работы с плановыми исследованиями.

Работа выполнялась в соответствии со следующими постановлениями и программами:

1. Постановление Президиума АН Украины от 14.06.89 "Коды и компьютеры Фибоначчи. Новый подход к созданию измерительных, вычислительных и управляющих систем новых поколений".

2. Приказ Минвуза Украины УССР N 78 от 21.03.91 г. Тема Д-8. "Развитие теории чисел Фибоначчи и создание новых информационных арифметических и схемотехнических основ самоконтролирующихся и отказоустойчивых, высоконадежных вычислительных, измерительных, информационно-регистрирующих систем, систем передачи и отображения информации".

3. Программа Минмашпрома Украины N 48 "Создание конкурентно-способных средств обработки информации и технологии их производства".

Апробация работы. Положения диссертации и результаты исследований докладывались и обсуждались на:

- научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава Винницкого государственного технического университета, 29-30 Марта, 1996.

Публикации. Основные результаты работы отражены в 3 публикациях.

Объем и структура работы. Материал основной части диссертации изложен на 141 стр. машинописного текста, иллюстрирован 22 рисунками и таблицами. Диссертационная работа состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка литературы и приложения.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность проблемы, сформулированы цели и задачи исследований, описаны основные положения, выносимые автором на защиту.

В первой главе проведен краткий обзор состояния развития теории нетрадиционных систем счислений. Указаны основные достоинства и недостатки каждой из них при использовании в вычислительных устройствах и системах. Отмечена тенденция развития в данной области, которая заключается в объединении лучших свойств двух или более СС для решения конкретных задач.

Выполнен обзор используемых методов повышения скорости арифметических операций как схемотехническим, так и алгоритмическим путем. Проведен анализ состояния практического применения основных результатов теории кодов Фибоначчи и некоторых аспектов, задерживающих развитие Фибоначчи-процессоров. Указаны основные задачи, решаемые в диссертационной работе.

Вторая глава посвящена разработке и исследованию алгоритмов выполнения основных арифметических операций в знакоразрядном коде Фибоначчи и устройств, их реализующих. Рассматриваются теоретико-числовые свойства ЗКФ, позволяющие ускорить выполнение арифметических операций и осуществить контроль над ними.

Определение 1: Под знакоразрядным кодом Фибоначчи понимается следующая форма записи целых чисел:

$$N = \sum_{i=1}^{1} N_i . F(i),$$

где: $N_i \varepsilon \{-1, 0, 1\}$; $i = 1, 2, 3, \ldots$, номер числа; $F(i)$ - числа Фибоначчи, или веса разрядов, вычисляемые по формуле

$$F(i) = F(i-1) + F(i-2),\ F(0)=0,\ F(1)=1\ . \qquad (1)$$

В работе сформулировано и доказано ряд утверждений, позволяющих установить основные свойства ЗКФ. Показано, что если представить целые числа в ЗКФ1, то диапазон чисел лежит в пределах -M и M; где M = F(i+2) - 1.

В работе получено численное значение относительной избыточности R при знакоразрядном представлении в виде

$$R = \lim_{i \to \infty} \frac{2i}{\log_2(((\alpha^{2+1})/k1)-2) + 1} - 1 = 1,88 .$$

Показано, что поскольку F(i) - F(i-1) - F(i-2) = 0, а F(i) - F(i-1) можно заменить на F(i), то число "нуль" имеет неоднозначное представление. Это усложняет операции определения знака и сравнения чисел. Анализ математических свойств ЗКФ позволил выявить существование минимальной формы (МФ) представления числовой информации и доказать следующую теорему.

Теорема : В коде числа, представленного в минимальной форме ЗКФ, между двумя соседними единицами встречаются по крайней мере два нуля.

В работе показано, что существование МФ в ЗКФ можно использовать для обнаружения ошибок. При этом коэффициент обнаружения равен

$$S_{обн} = 1 - \frac{\sum_{i=0}^{k} N_i}{3^{m+2}} ,$$

где N_i - число кодовых комбинаций, удовлетворяющих условию минимальности и имеющих строго i единиц.

Установлено также, что для контроля можно использовать существующую связь между разрядной цифрой и переносами при сложении, а именно $S_i = L_i = -P_i$. При этом коэффициент обнаружения ошибок для одного разряда равен

$$S_{обн} = 1 - \frac{7}{27} .$$

Если ошибки независимы, то для n разрядов

$$S_{обн} = 1 - (7/27)^n \approx 1 - (1/4)^n.$$

В результате исследования теоретико-числовых свойств ЗКФ разработаны правила сложения, в рамках которых достигается ограничение длины распространения переносов. Правила основываются на следующем.

Сложение выполняется в двух этапах по схеме

$$S = A + B = (A + B+) + B- = C + B- \qquad (2)$$

с применением следующих соотношений

$$2F(i) = F(i+1) + F(i) - F(i-1),$$

$$F(i) = F(i+1) + 0.F(i) - F(i-1). \qquad (3)$$

Тогда при сложении одноименных разрядов генерируются переносы влево L_i и вправо P_i вместе с разрядной суммы S_i. Поэтому

$$A_i + B_i = L_i + S_i + P_i.$$

Выражение (3) позволяет представлять результат сложения типа 1+0 или -1 + 0 двумя способами: с генерацией переносов (правая часть выражения) или без генерации переносов (левая часть выражения). Предлагается управлять генерацией переносов в зависимости от значения цифр соседних разрядов, что отражается на следующих правилах сложения на первом этапе:

$$0 + 1 = \begin{cases} 1 \quad 0 \quad -1, \text{ если } A_{i-1} + B_{i-1} \geq 1 \text{ или } A_{i+1} + B_{i+1} = -1; \\ 0 \quad 1 \quad 0, \text{ во всех остальных случаях.} \end{cases}$$

Если переносы отличены от нуля, то необходимо их учитывать на соседних (i+1)-м и (i-1)-м разрядах. Следовательно в каждом i-м разряде формируется сумма в общем случае в виде

$$S'_i = P_{i+1} + S_i + L_{i-1} = L'_i + S'_i + P'_i.$$

Поскольку S_i, L_{i-1} и P_{i+1} принадлежат множеству {-1, 0, 1}, то сумма $\Sigma'_i \in \{-3, -2, -1, 0, 1, 2, 3\}$. Вычисление Σ_i осуществляется по аналогичным правилам. При этом нужно добавить к правилам сложения следующую строку:

$$-1 + (-1) = -1 \ -1 \ 1 .$$

Эта процедура будет продолжаться до тех пор, пока все переносы не станут нулевыми. В работе доказываются, что при использовании данного подхода имеет место следующая теорема:

Теорема : При сложении двух чисел, представленных в ЗКФ, переносы из i-го разряда не распространяются дальше, чем на три разряда.

Вычитание выполняется так же, как и сложение. Необходимо лишь поменять знаки цифр уменьшаемого и затем сложить его с вычитаемым. Общая структура сумматора состоит из n одинаковых ячеек одноразрядного сумматора. Последний состоит из пяти ступеней, функционирующих по разработанным правилам.

Исследование операции умножения выявило следующие результаты. Умножение выполняется по формуле :

$$A.B = \sum_{i=1}^{n} A_i F(i).B, \tag{4}$$

а $F(i)B = F(i-1)B + F(i-2)B.$ (5)

Это означает, что каждое частичное произведение $F(i).B$ получается путем сложения двух предыдущих. Выражения (4) и (5) остаются в силе и в ЗКФ, так как ВКФ является частным случаем ЗКФ.

В работе приведен алгоритм и структурная схема, реализованная с использованием сумматора в ЗКФ. Отмечается, что данный алгоритм не очень эффективен, когда сомножители не представлены в МФ, поскольку могут выполняться непроизводительные сложения, снижающие скорость выполнения умножения. Для повышения скорости выполнения умножения в ЗКФ рекомендуется представить код множителя в МФ.

В работе рассмотрены вопросы, связанные с делением в ЗКФ. Разработан алгоритм выполнения данной операции и предложена структурная схема, реализующая его. Отмечено, что если числа не представлены в МФ, то возникают определенные трудности, обусловленные сложностью операции определения знака числа и сравнения двух величин. С другой стороны, увеличивается количество операций, которые можно было бы не выполнять, если бы числа были представлены в МФ.

В работе рассмотрены также вопросы ускорения процесса преобразования из ЗКФ в ТКФ. Разработаны правила, которые дают возможность переходить от итеративной к однотактной процедуры преобразования с ограниченной длиной распространения переносов.

Для исключения четных (нечетных) разрядов применяется соотношение $F(i) = F(i-1) + F(i-2)$. Это можно рассматривать как процесс генерации переносов L_i вправо и P_i влево. В результате цифры на оставшихся разрядах принимают свои значения из множества $\{-3, -2, -1, 0, 1, 2, 3\}$. Для исключения нетернарных цифр применяются следующие соотношения

$$\begin{aligned} 2F(k) &= F(k+2) - F(k) + F(k-2); \\ 3F(k) &= F(k+2) + F(k-2); \qquad (6) \\ F(k) &= F(k+2) - 2F(k) + F(k-2). \end{aligned}$$

При этом в k-м разряде образуется новая сумма

$$S_k = P_{k+2} + A_k + L_{k-2} - L'_k + A'_k + P'_k$$

с генерацией новых переносов.

Предлагается выполнять преобразование в два этапа. На первом этапе обрабатываются положителные переносы по правилам (6) с учетом следующего условия:

$$1 - \begin{cases} 0 \quad 1 \quad 0, & \text{если } P_{k+2} = L_{k-2} = 0; \\ 1 \quad -2 \quad 1, & \text{если } P_{k+2} = 1 \text{ или } L_{k-2} = 1. \end{cases}$$

В результате этого этапа цифры A_k в коде числа принадлежат множеству {-3, -2, -1, 0, 1}. На втором этапе обрабатываются отрицательные переносы по аналогичным правилам. В результате этого этапа в коде числа будут одни тернарные цифры. Применение данного подхода позволило доказать следующую теорему:

Теорема : При преобразовании числа A из ЗКФ в тернарный код Фибоначчи, возникающий после исключения четных (нечетных) позиций, положительный перенос не распространяется дальше, чем на 3 разряда.

Поскольку длина распространения переносов ограничена, то отмечается возможность построения комбинационной схемы, выполняющей преобразование за время, не зависящее от длины кода, а только от задержек элементов схемы.

Третья глава посвящена разработке и исследованию правил выполнения арифметических операций в тернарном коде Фибоначчи (ТКФ). Вначале рассматриваются теоретико-числовые свойства ТКФ, позволяющие ускорить выполнение арифметических операций и осуществить контроль над ними.

Определение 1: Под тернарным кодом Фибоначчи понимается следующая форма записи целых чисел:

$$N = \sum_{i=2}^{1} T_{2i}.F(2i) \qquad (7)$$

$$\text{или } N = \sum_{i=1}^{1} T_{2i-1}.F(2i-1) \qquad (8)$$

где T_{2i}, $T_{2i-1} \in \{-1, 0, 1\}$; i = 1, 2, 3,..., номер числа; F(2i) и F(2i-1) числа Фибоначчи или веса разряда, вычисляемые по формуле (1).

Выражение (7) дает представление по четным позициям последовательности Фибоначчи - ТКФч; а выражение (8) - представление по нечетным позициям - ТКФн.

В работе сформулированы и доказаны ряд утверждений, позволяющих установить основные свойства рассматриваемых ТКФ.

Утверждение : Если представить целые числа в ТКФч, то диапазон чисел лежит в пределах -M и M; где M = F(k+1) - 1, а в ТКФн - M = F(k+1).

Утверждение : При представлении в ТКФ знак числа совпадает со знаком значащей цифры старшего разряда кода числа.

Утверждение : В ТКФ число нуль имеет единственную форму записи, когда все разряды имеют нулевое значение.

Важной характеристикой кодов является относительная избыточность, которая используется при сравнительных оценках устройств по быстродействию и аппаратным затратам.

Относительная избыточность ТКФч определяется по формуле

$$Rч = \frac{n}{\log_2(2F(n+1)-1)} - 1,$$

а для ТКФн относительная избыточность вычисляется как

$$Rн = \frac{n}{\log_2(2F(n)+1)} - 1.$$

Находим предельные значения Re и Ro при $n \to \infty$.

$$\lim_{n \to \infty} Re = \lim_{n \to \infty} Ro = \frac{n}{\log_2(2.\alpha^{n+1}/k)} - 1 \approx 0{,}4475.$$

Исследование операции сложения позволило определить правила выполнения данной процедуры в ТКФ. Сложение одноименных разрядов чисел, представленных в ТКФ, осуществляется на основе следующих соотношений

$$2F(k) = F(k+2) - F(k) + F(k-2);$$

$$F(k) = F(k+2) - 2F(k) + F(k-2).$$

Здесь тоже осуществляется управление генерацией переносов в случае сложения типа 0 + 1 посредством следующего правила:

$$1 + 0 = \begin{cases} \begin{matrix} L_i & S_i & P_i \\ 1 & -2 & 1, \end{matrix} & \text{если } S_{i-2} \geq 1 \text{ или } S_{i+2} \geq 1; \\ \\ \begin{matrix} 0 & 1 & 0, \end{matrix} & \text{во всех остальных случаях.} \end{cases}$$

Здесь S_i - разрядная сумма; P_i, L_i - правый и левый переносы из i-го разряда в (i-2)-й и (i+2)-й соответственно.

Предлагается использовать избыточность представления результата сложения одноименных разрядов с тем, чтобы ограничить распространение переносов. С этой целью сложение чисел A и B осуществляется по схеме (2).

Поскольку в i-й разряд приходят перенос слева P_{i+2} и перенос справа L_{i-2}, то их необходимо складывать с полученным на первом шаге результатом S_i. Получим разрядную сумму

$$\Sigma'_i = P_{i+2} + S_i + L_{i-2}$$

и перенос $P'_i = L'_i$. Этот процесс будет повторяться до тех пор, пока все переносы не станут нулевыми. В работе доказана теорема:

Теорема : При сложении двух чисел, представленных в ТКФ, перенос из i-го разряда не распространяется дальше, чем на два разряда.

Поскольку действие переноса локализовано, то можно построить комбинационную схему, реализующую сложение за время, зависящее не от длины слагаемых, а только от задержек ее элементов.

Операция вычитания не требует специального устройства и выполняется с помощью сумматора. Причем вычитание A - B заменяется сложением с обратным значением вычитателя A + (-B).

В работе исследованы свойства ТКФ, позволяющие повысить скорость выполнения операции умножения. Умножение в ТКФ можно выполнять применяя алгоритм, который основан на соотношениях

$$A.B = \sum_{i=2}^{l} A_i F(i).B \quad \text{и} \quad F(i)B = F(i-1)B + F(i-2)B.$$ При этом

формулы для нахождения частичных произведений или умножения на число Фибоначчи примут вид:

$$F(2k).B = F(2k-1)B + F(2k-2)B$$

или $F(2k-1).B = F(2k-2)B + F(2k-3)B$.

Из этих выражений вытекает, что несмотря на то, что при представлении по четным позициям $F(2k-1)$ не используется, тем не менее необходимо вычислить $F(2k-1)B$ для получения $F(2k)B$. Соответственно для ТКФн требуется найти произведение $F(2k-2)B$ для получения $F(2k-1).B$, хотя $F(2k-2)$ не используется при представлении по нечетным позициям. Таким образом в обоих случаях нужно провести дополнительные сложения.

В работе разработан ускоренный алгоритм умножения в ТКФч, устраняющий указанные дополнительные сложения. Сокращение количества сложений базируется на использовании следующей формулы для умножения двух чисел Фибоначчи:

$$F(i)F(j)=\sum_{l=2}^{j/2}(F(i+j-2-4(m-1)) + F(r-2(m-1)), \qquad (9)$$

где $m=[t/2]$, $[x]$ - наименьшее натуральное число больше либо равно x; $t=\inf(i,j)$, $r=\sup(i,j)$; $\inf(i,j)$ - наименьшее из двух чисел i, j; $\sup(i,j)$ - наибольшее из двух чисел i, j.

Последовательное применение формулы (9) над всеми разрядами множимого и множителя позволяет в результате получить произведение двух чисел. Нужно будет лишь накапливать все частичные произведения и их просуммировать с помощью сумматора в ТКФ. Причём отмечается целесообразность представления обоих сомножителей по четным позициям.

При этом формула (9) примет вид

$$F(i)F(j)=\sum_{l=1}^{j/2}F(i+j-2-4(j/2-l)).$$

В работе доказано следующее утверждение.

Утверждение : Результат умножения $F(i)$ на $F(j)$ представляет собой сумму двух чисел: сдвинутого на одну позицию влево результата умножения $F(i)$ на предыдущее число Фибоначчи $F(i-2)$, и результата сдвига $F(i)$ на k_j-1 позиций вправо.

Исходя из того, что число A, представленное в ТКФ, является алгебраической суммой чисел Фибоначчи $F(i)$ в работе доказана следующая теорема:

Теорема : Если произведение $A.F(j-2)$ известно, то умножение A на число Фибоначчи $F(j)$ сводится к сдвигу произведения $A.F(j-2)$ на одну позицию влево, сдвигу A на k_j-1 позиций вправо и сложению полученных чисел.

В работе приведен алгоритм и структурная схема, реализованная с использованием сумматора в ТКФ и блока умножения на число Фибоначчи.

Операция деление чисел, представленных в ТКФ, выполняется на основе древнеегипетского алгоритма. Однако, учитывается специфика тернарного представления, заключающаяся в использовании только четных позиций последовательности Фибоначчи. В работе показано, что процесс деления ещё ускоряется за счёт простоты выполнения операций определения знака и сравнения чисел.

Четвертая глава посвящена разработке инженерных рекомендаций по проектированию операционных узлов на основе ЗКФ и ТКФ.

Рекомендуется выполнять операционные устройства с использованием двоичной элементной базы. Предложенные рекомендации позволили синтезировать сумматоры, время работы которых равняется

$t_c = m\, t_e = 20\, t_e$, для ЗКФ,

и $t_c = 2m\, t_e = 20\, t_e$, для ТКФ.

где, t_e обозначает задержку логического элемента; m - количество логических элементов по пути прохождения сигнала.

В работе получены показатели повышения скорости сложения относительно классического БКФ, выражаемые в виде

Гзкф = tBf / tSf = (9n/2)/ 20 = 9n/40;

Гткф = tBf / tTf = (9n/2)/ 20 = 9n/40,

Разработаны программные модели операционных устройств в соответствии с разработанными алгоритмами. Результаты моделирования подтвердили теоретические положения о повышении быстродействия с сохранением способности обнаружения ошибок.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Проведен обзор существующих методов ускорения основных арифметических операций и уровня развития теории нетрадиционных систем счисления.

2. Разработаны элементы теории многоуровневого представления Фибоначчи в рамках повышения скорости, а также осуществления контроля правильности выполнения арифметических операций.

3. Разработаны правила сложения в знакоразрядном и тернарном кодах Фибоначчи, позволяющие ограничить длину распространения переносов.

4. Выполнен анализ возможности повышения скорости выполнеия арифметических операций и получены численные оценки повышения быстродействия сумматоров в многоуровневых ФСС.

5. Разработаны правила перевода чисел из бинарного и знакоразрядного кодов в тернарное представление Фибоначчи, позволяющие ускорить процедуру вычислений.

6. Преложен алгоритм умножения в тернарном коде Фибоначчи, обеспечивающий ускорение данной операции.

7. Разработаны инженерные рекомендации по схемотехническому проектированию операционных устройств и программные средства моделирование их функционирования.

8. Выполнен анализ эффективности использования многоуровневых ФСС и показано, что их применение даёт выигрыш в быстродействии по сравнению с классическими "Фибоначчиевыми" и двоичными СС.

РАБОТЫ, ОПУБЛИКОВАННЫЕ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Сложение с ограниченным переносом в знакоразрядном коде Фибоначчи/ Конатэ Карим.- Винницкий политехнический ин-т. - Винница, 1991, 14 с.- Деп. в УкрНИИНТИ.

2. Алгоритм быстрого сложения-вычитания в тернарном коде Фибоначчи/ Конатэ Карим.- Винницкий политехнический ин-т. - Винница, 1991, 10 с.- Деп. в УкрНИИНТИ.

3. К. Конате, О.Д. Азаров Машинна арифметика Фібоначі на основі знакорозрядного та тернарного зображення чисел // Вісник Вінницького політехнічного інституту N 4, 1996, с. 22-27.

Личный вклад. Все результаты, которые составляют основной объем диссертационной работы, получены автором самостоятельно. В публикации, которая написана в соавторстве, диссертант выполнил: разработку элментов многоуровневого представления Фибоначчи и алгоритмов выполнения арифметических операций.

Konate K. Design and investigation of algorithms and devices for a high-speed Fibonacci computer arithmetic.

A Ph. D. dissertation in the speciality N 05.13.08 - Computers, Computing Systems and Networks, Elements and Devices of Computer Engineering and Control Systems, Vinnitsa State Technical University, Vinnitsa, 1996.

3 scientific works are defended, which contain theoretical and experimental investigations of some mathematic properties specific to multi-level Fibonacci representations, as well as arithmetic operations algorithms and devices for a Fibonacci computer. A new approach, based on carry-propagation limitation, is proposed, which allows to speed-up the addition of two integers. Multiplication and division algorithms have been developed, using the designed adders.

Конатэ К. Разработка и исследование алгоритмов и устройств скоростной Фибоначчиевой машинной арифметики.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.08 - Вычислительные машины, системы и сети, элементы и устройства вычислительной техники и систем управления, Винницкий государственный технический университет, Винница, 1996.

Защищаются 3 научных работы, которые содержат теоретические и экспериментальные исследования особых математических свойств многоуровневых представлений Фибоначчи, а также алгоритмов арифметических операций и устройств их выполняющих для Фибоначчи компьютера. Предлагается новый подход, основанный на ограничении распространении переноса, позволяющий ускорить сложение чисел. Разработаны алгоритмы умножения и деления на основе предложенных сумматоров.

Ключевые слова: многоуровневое представление, Фибоначчи компьютер, машинная арифметика, ограниченное распространение переноса.

Підписано до друку 31.05.1996 р.
Формат 60x84/16. Ум. друк. арк. 0,93.
Тираж 100 прим. Замовлення № 96-576.02.
Надруковано фірмою "КОНТИНЕНТ"
м. Вінниця, вул. Козицького, 13, т. 35-35-20.

436523