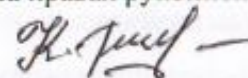


Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный
технический университет»

На правах рукописи



Родионова Ксения Николаевна

Математические модели волновых процессоров

Направление 01.04.02 «Прикладная математика и информатика»
Профиль «Математическое моделирование»

АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ
на соискание академической степени магистра

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре
государственный технический университет»

Научный руководитель:

доктор физико-математических наук,
профессор Хусаинов Ахмет Аксанович

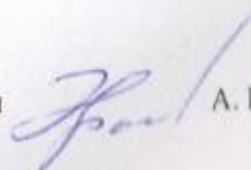
Рецензент:

кандидат физико-математических наук,
доцент Дегтяренко Валентина
Альбертовна, проректор по учебной работе
ФГБОУ ВО «Амурский гуманитарно-
педагогический государственный
университет»

Защита состоится « 29 » июня 2016 года в __ часов __ мин. на заседании
государственной экзаменационной комиссии по направлению 01.04.02
«Прикладная математика и информатика» в Комсомольском-на-Амуре
государственном техническом университете по адресу: 681013, г. Комсомольск-
на-Амуре, пр. Ленина, 27, ауд. 323/3

Автореферат разослан 23 июня 2016 г.

Руководитель магистерской программы

 А. И. Хромов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Применение новых методов компьютерного моделирования, главным отличием от существующих аналогов является метод построения вычислительных процессоров с помощью волновых систем.

На сегодняшний день существуют два основных подхода для повышения производительности вычислений на ЭВМ – это параллелизм и конвейеризация. Параллелизм обеспечивает высокое быстродействие, воспроизводя многократно некоторую функцию и подавая на вход каждой из функций по одному блоку входных данных. Для конвейеризации используется та же самая функция, которая разбивается на множество автономных, но взаимосвязанных между собой подфункций. Обобщением конвейеров являются волновые системы, которые предназначены для распараллеливания серийных вычислений арифметических выражений. Определение вычислительных волновых систем дано в книге Александра Игоревича Водяхо «Высокопроизводительные системы обработки данных». В литературе рассмотрены методы повышения производительности арифметических операций для конвейеров. Данная работа посвящена математическому моделированию волновых процессоров, что позволит ускорить выполнение арифметических операций.

После анализа научной литературы по этой теме, были сформулированы три основные задачи, решению которых посвящена данная работа:

- 1 Используя сети Петри, построены математические модели волновых процессоров для распараллеливания операций сложения и умножения чисел с плавающей точкой;
- 2 Разработать компьютерные модели для расчета производительности волновых процессоров, выполняющих операции сложения и умножения вещественных чисел;

3 Сравнить волновые процессоры, выполняющие операции сложения и умножения чисел с соответствующими вычислительными конвейерами.

Цель исследования. Разработать математические и компьютерные модели волновых процессоров для ускорения выполнения арифметических операций.

Задачи исследования. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1 Проанализировать предметную область;
- 2 Проанализировать существующие математические модели волновых процессоров и вычислительных конвейеров для выполнения арифметических операций (сложение и умножение);
- 3 Построить и обосновать математические модели волновых процессоров и вычислительных конвейеров для арифметических операций (сложение и умножение);
- 4 Разработать и протестировать программное обеспечение;

Объектом исследования являются волновые процессоры и конвейеры.

Предметом исследования являются математические и компьютерные модели волновых процессоров.

Для решения поставленных задач использовались следующие методы исследования: теоретические (сравнение, анализ) и эмпирические (тестирование, изучение литературы и результатов деятельности).

Методы исследования. В магистерской диссертации используются методы математического и компьютерного моделирования. Применяется теория сетей Петри.

Научная новизна. К новым научным результатам, полученным и представленным автором к защите, относятся следующие:

- 1 Применение новых методов компьютерного моделирования, главным отличием от существующих аналогов является метод построения вычислительных процессоров с помощью волновых систем;
- 2 Используя сети Петри, построены математические модели волновых процессоров для распараллеливания операций сложения и умножения чисел с

плавающей точкой;

Достоверность и обоснованность результатов магистерской диссертации достигается путем проведения компьютерного эксперимента.

Практическая значимость. Работа имеет теоретическое значение. Тем не менее, ее результаты могут применяться на практике для расчета производительности вычислительных конвейеров и волновых процессоров для нахождения времени выполнения заданного количества арифметических операций (сложение, умножение) двух вещественных чисел.

В основу диссертационной работы положены результаты исследований:

- 1 Исследование математических моделей параллельных вычислительных процессоров и их применение для построения многопоточных приложений на системах;
- 2 Исследование моделей параллельных систем и их применение для трассировки и расчета времени выполнения параллельных вычислительных процессоров;

Личный вклад автора состоит в постановке задач исследования, построении математических и компьютерных моделей волновых процессоров, разработке и тестировании программного обеспечения.

Основные положения работы, выносимые на защиту:

- 1 Построены математические модели волновых процессоров для распараллеливания операций сложения и умножения чисел с плавающей запятой.
- 2 Разработаны компьютерные модели для расчета производительности волновых процессоров, выполняющих операции сложения и умножения. Разработано и протестировано программное обеспечение.
- 3 Проведен компьютерный эксперимент, в котором сравнивались волновые процессоры, выполняющие арифметические операции, с соответствующими вычислительными конвейерами.

Апробация результатов. Основные результаты работы докладывались и обсуждались на следующих научных конференциях:

- Певзнеровские чтения: материалы II Региональной научно-методической конференции – Комсомольского-на-Амуре Амурского гуманитарно-педагогического государственного университета, 2014.

- 45-я научно-техническая конференция аспирантов и студентов Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета (г. Комсомольск-на-Амуре, 2015).

- 46-я научно-техническая конференция аспирантов и студентов Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета (г. Комсомольск-на-Амуре, 2016).

Публикации. Результаты диссертационного исследования опубликованы в 3 научных работах.

Структура и объем работы. Магистерская диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, трех глав, заключения, списка использованных источников и приложения. Объем диссертации составляет 75 страниц. Текст работы содержит 2 таблицы и 20 рисунков. Список литературы включает 25 источников.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обозначены цели и задачи работы, обоснована актуальность, новизна и теоретическая значимость работы, сформулированы основные результаты исследования.

В общей характеристике работы определяются: цель исследования; задачи исследования; объект и предмет исследования; методы исследования; новизна полученных результатов; достоверность и обоснованность результатов исследования; практическая значимость и ценность работы; личный вклад автора; основные положения работы, выносимые на защиту; апробация результатов работы; публикации; структура и объем магистерской диссертации.

Первая глава посвящена изучению предметной области и обзору аналогичных работ. Даны основные определения, связанные с моделями

волновых систем и вычислительными конвейерами, которые необходимы для дальнейшей работы над проектом. В процессе работы, в качестве ознакомления были изучены работы похожей направленности, в некоторых изучаются математические модели конвейеров для ускорения выполнения арифметических операций, в других работах рассматриваются волновые системы, для которых создаются математические и компьютерные модели, которые позволяют имитировать работу многопроцессорной системы на одноядерном компьютере.

Вычислительным конвейером называется такой способ организации вычислений, при котором вычисляемая инструкция представляется в виде более мелких независимых инструкций с целью увеличения числа операций, выполняемых в единицу времени.

Обобщением конвейера являются волновые системы, которые предназначены для распараллеливания серийных вычислений арифметических выражений. Вычислительная волновая система или волновой процессор - это асинхронный систолический процессор, который состоит из функциональных устройств, и каналов передачи данных между этими устройствами.

В процессе изучения аналогов было предложено применение новых методов компьютерного моделирования, главным отличием от существующих аналогов является метод построения вычислительных процессоров с помощью волновых систем.

Вторая глава посвящена описанию математических моделей. Для написания работы были рассмотрены три математические модели: моноиды трасс, частичные графы и сети Петри. Для каждой модели дается подробное описание, проводится теоретический анализ и делается выбор подходящей математической модели для написания магистерской диссертации. В данной работе были выбраны сети Петри с дополнительными свойствами.

Сетью Петри (рисунок 1) называется пятерка $(P, T, pre, post, M_0)$, где

P – конечное множество мест;

T – конечное множество переходов;

M_0 – начальная маркировка;

Под начальной маркировкой будем понимать такое состояние волновой системы, при которой все данные находятся на местах, не имеющих входных стрелок. Под состоянием волновой системы будем понимать такую маркировку системы в определенный момент времени.

Маршрутом называется последовательность блоков, состоящих из одновременных срабатываний переходов волновой системы, переводящая начальную маркировку в заданную.

Любые два маршрута, соединяющие заданные маркировки, состоят из одинаковых букв.

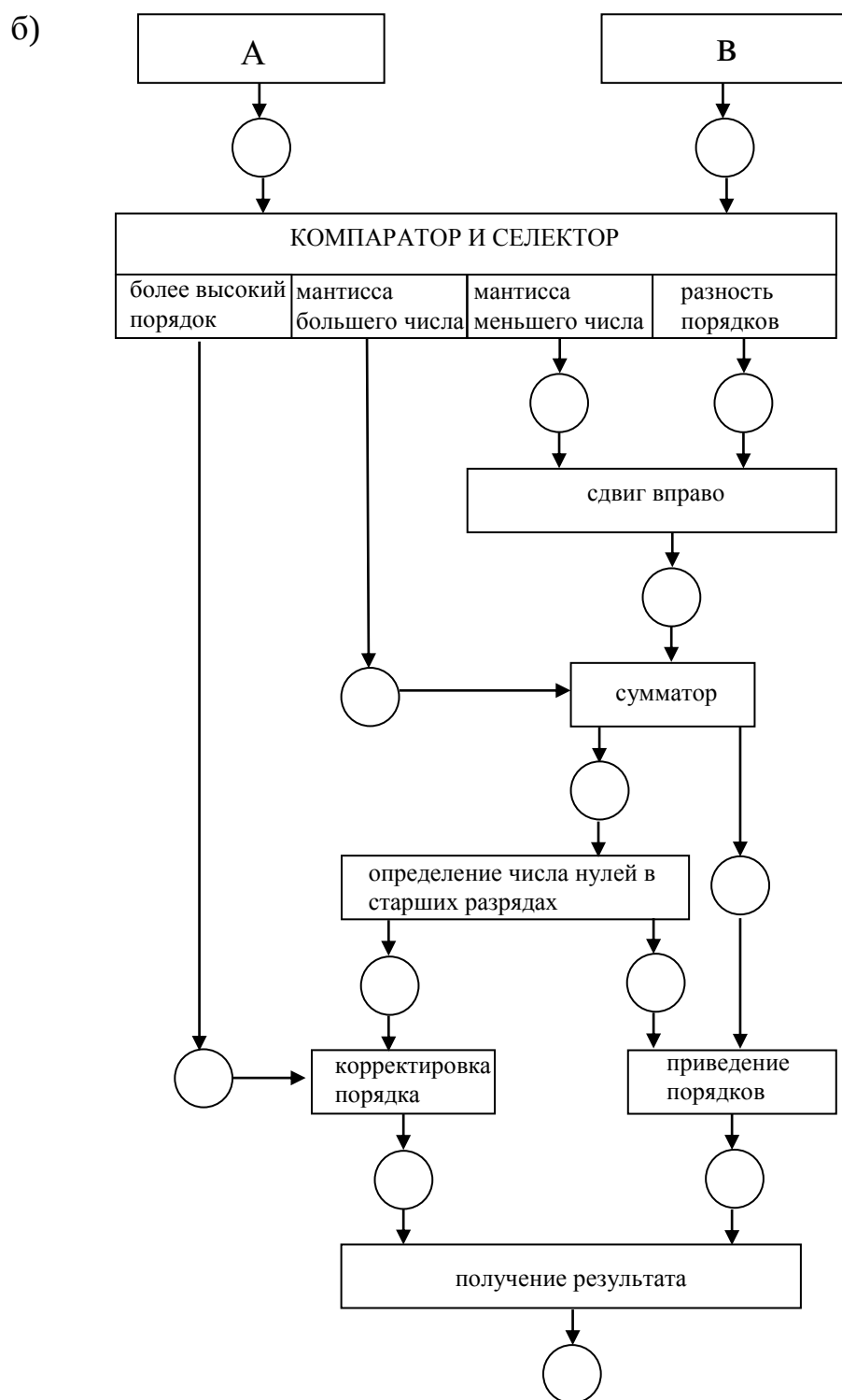
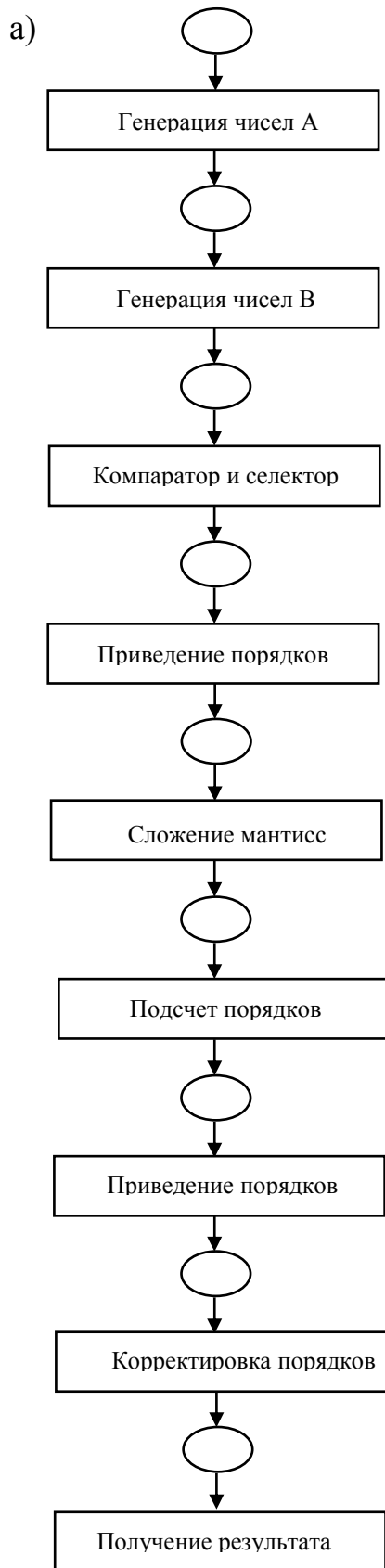
Маршрут волновой системы, состоящий из блоков наибольших срабатываний, будет иметь наименьшее количество блоков.

Тупиком называется достижимая маркировка M , при которой не существует M' допускающей срабатывание $M \xrightarrow{t} M'$. Так же следует отметить, что волновая система не имеет тупиков, исключением может стать конечная маркировка сети.

Математической моделью волнового процессора является ациклическая сеть Петри, которая состоит из мест и переходов. Для каждого места существует не более одного входящего и одного исходящего перехода.

Ациклической сетью Петри называется такая сеть, которая не содержит направленных замкнутых путей, составленных из стрелок. Если существует только одна входящая стрелка – такое место называется начальным, если существует только одна выходящая стрелка – конечным.

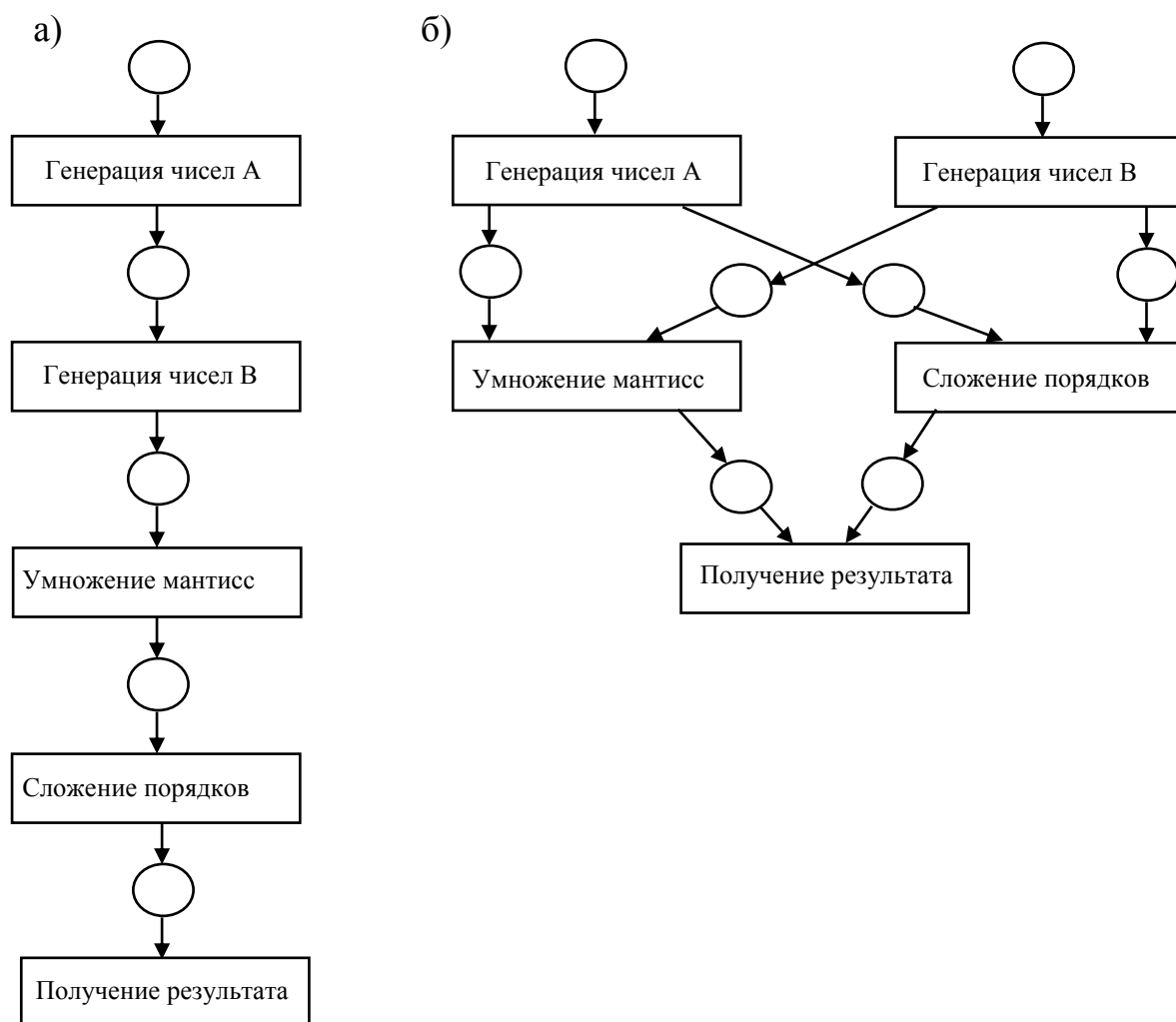
В данной работе предложены четыре математические модели, которые описывают процесс сложения и умножения чисел с плавающей точкой на компьютере, двумя методами – конвейером и волновой системой. На рисунке 1 изображены математические модели, которые описывают процесс сложения двух вещественных чисел, с левой стороны – с помощью конвейера, с правой стороны – с помощью волнового процессора.



а – с помощью конвейера; б – с помощью волнового процессора

Рисунок 1 – Алгоритм для суммирования вещественных чисел

Так же в работе предложены математические модели для арифметической операции умножение, на рисунке 2 изображены эти модели, которые реализованы с помощью конвейера – с левой стороны и волнового процессора – с правой стороны.



а – с помощью конвейера; б – с помощью волнового процессора

Рисунок 2 – Алгоритм для умножения вещественных чисел

В третьей главе рассматривается описание программы, ее логическая структура. Описывается подсистема программного обеспечения, которая разрабатывалась для изучения волновых процессоров с целью ускорения выполнения простых арифметических операций, сложения и умножения. Каждую

из задач в разработанном программном обеспечении призвана решать одна из подсистем программы подсистема конвейера или подсистема волновой системы.

Компьютерная модель имеет следующий вид. Каждому переходу сети соответствует поток, а для каждого места канал. Для сети Петри соответствуют взаимодействующие потоки, которые запускаются одновременно, ждут входные данные, обрабатываются и передают в выходные каналы.

Подсистема обработки событий формы и построения графиков необходима, для того чтобы обеспечить пользователю понятный графический интерфейс, который должен сочетать в себе возможность отображения графика производительности, соответствующего параметрам, изменяемым в процессе работы, с тем, чтобы оставаться понятным и обеспечивать удобное изменение входных параметров.

Подсистема передачи данных служит для простой и удобной передачи данных между функциональными блоками конвейера и волнового процессора, а также синхронизации передаваемых данных.

Программа состоит из шести классов: Program, MainForm, AdditionConveyor, AdditionWave, MultConveyor, MultWave и Channel. Каждый модуль написан на языке программирования C# с использованием среды разработки Visual Studio 2015.

Программа позволяет выполнять замеры производительности конвейерных и волновых систем при выполнении простых арифметических операций и отображать полученные данные с помощью графиков.

В работе описаны функции написанные разработчиком, функции потоков волновых и конвейерных систем, функции обработки событий среды интерфейса. Проведен анализ полученных результатов, представлено руководство пользователя и руководство программиста.

В заключении подводятся итоги исследования, формируются окончательные выводы по рассматриваемой теме.

В приложении приведен текст программы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные результаты работы:

1 Используя сети Петри, построены математические модели волновых процессоров для распараллеливания операций сложения и умножения чисел с плавающей точкой.

2 Разработаны компьютерные модели для расчета производительности волновых процессоров выполняющих операции сложения и умножения.

3 Проведен компьютерный эксперимент, в котором сравнивались волновые процессоры, выполняющие арифметические операции, с соответствующими вычислительными конвейерами. Все результаты наглядно представлены на графиках.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

1 Родионова К. Н. Представление волновых матричных процессоров при помощи сетей Петри / К. Н. Родионова // Певзнеровские чтения: материалы II Региональной научно-методической конференции «Певзнеровские чтения» (30-31 октября 2014г.). – Комсомольск-на-Амуре: АмГПУ, 2014. – 56-60 с.

2 Родионова, К. Н. Параллельные процессы вычислительных систем / К. Н. Родионова, А. А. Хусаинов // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов: материалы 45-й технической конференции аспирантов и студентов КнАГТУ (01-14 апреля 2015 г.) – Комсомольск-на-Амуре, 2015 г. – 445-446 с.

3 Родионова, К. Н. Математические модели волновых процессоров / К. Н. Родионова, А. А. Хусаинов // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов: материалы 46-й технической конференции аспирантов и студентов КнАГТУ (01-14 апреля 2016 г.) – Комсомольск-на-Амуре, 2016 г. (в печати).