

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине

Квантовые вычисления

Направление подготовки

01.03.02 - Прикладная математика и информатика

Профиль подготовки

**Компьютерные технологии: программирование и искусственный
интеллект**

Квалификация выпускника

бакалавр

Ставрополь, 2026

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания по выполнению лабораторных работ
по дисциплине

Квантовые вычисления

для студентов направления подготовки
01.03.02 Прикладная математика и информатика

Содержание

		Стр.
1.	Введение	
2.	Лабораторная работа №1 «Классическая вычислительная модель»	
3.	Лабораторная работа №2 «Квантовые системы»	
4.	Лабораторная работа №3 «Квантовые регистры и квантовые вентили»	
5.	Лабораторная работа №4 «Квантовые алгоритмы»	
6.	Литература	
7.	Приложение 1. Оборудование, материалы и программное обеспечение, используемые для организации и проведения лабораторных работ	
8.	Приложение 2. Содержимое отчета по лабораторной работе	
9.	Приложение 3. Правила поведения в компьютерном классе (аудитории, лаборатории)	

Введение

Целью освоения дисциплины «Квантовые вычисления» является овладение каждым студентом набором профессиональных и общекультурных компетенций в области квантовых вычислений.

Основными задачами изучения дисциплины являются:

1. Изучение основных концепций квантовых вычислений.
2. Изучение методов реализации квантовых вычислений на обычной ЭВМ.
3. Изучение свойств квантовых регистров и квантовых вентилях.
4. Изучение основных квантовых алгоритмов.

Формы отчетности: экзамен - 7 семестр.

Содержание дисциплины: Труднорешаемые вычислительные задачи, Классическая вычислительная модель, Классическая реализация вентилях «не», «буфер», «и», «или», «исключающее или», «и-не», «или-не», Реализация схемы сложения двоичных чисел, Реализация схемы вычитания двоичных чисел, Реализация мультиплексора из базовых логических вентилях, Реализация демультиплексора из базовых логических вентилях, Реализация шифратора и дешифратора из базовых логических вентилях, Синтез универсальных комбинационных схем на основе мультиплексоров, Синтез универсальных комбинационных схем на основе шифраторов и дешифраторов, Реализация схемы сравнения двоичных чисел, Алгебраические матрицы и основные операции над ними, Комплексные числа и основные алгебраические операции над ними, Эрмитова (самосопряженная) матрица и ее свойства, Понятие состояния квантовой системы, Понятие квантового бита (кубита), Матричная форма записи состояний квантовых систем, «Бра-кет»-ная форма записи состояний квантовых систем, Слабое квантовое измерение, Понятие квантового вентиля, Понятие квантового регистра, Кронекерово произведение матриц и его применение для расчета многокубитовых вентилях, Однокубитовые вентилях, Двухкубитовые вентилях, Трехкубитовые вентилях, Квантовая реализация вентилях «не», «буфер», «и», «или», «исключающее или», «и-не», «или-не», Квантовый алгоритм Дойча-Йожи, Квантовый алгоритм Гровера, Квантовый алгоритм Шора, Квантовый алгоритм Залки-Визнера.

Реализуемые компетенции:

ПК-3. Способность собирать, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные, необходимые для проектной деятельности в области информационных технологий

ПК-5. Способен разрабатывать программное и информационное обеспечение компьютерных систем, сервисов, вычислительных комплексов, баз данных

Результаты освоения дисциплины.

Код компетенции ПК-1

Знать: современные методы решения NP-полных задач, физически реализуемые преобразования матриц плотности, основные квантовые алгоритмы

Уметь: Разрабатывать простые квантовые алгоритмы, использовать средства языков программирования и прикладных программ для реализации алгоритмов решения задач, проводить анализ полученного результата.

Владеть: способностью собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям;

Рекомендуемое программное обеспечение:

1. Операционная система (Windows или Linux)
2. Язык программирования C/C++ (реализация GCC/CLANG)
3. Интегрированная среда для разработки компьютерных программ на языке Си.
4. Интегрированная среда для разработки программ Lazarus (1.4.4, 1.6)

5. Текстовый процессор для оформления отчетов (Open/LibreOffice.org)

Рекомендуемое материально-техническое обеспечение: компьютерный класс (лаборатория, аудитория) с числом исправных ЭВМ по числу студентов группы плюс рабочее место преподавателя и производительностью, достаточной для освоения дисциплины. На всех ЭВМ класса (лаборатории, аудитории) программное обеспечение, выход в интернет для изучения интернет-источников дисциплины (со скоростью доступа, достаточной для комфортной работы).

Лабораторная работа №1

Тема: Классическая вычислительная модель

Цель работы: «Закрепление знаний по теоретическим основам классической вычислительной модели».

Формируемые компетенции (формируется часть компетенций):

ПК-3. Способность собирать, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные, необходимые для проектной деятельности в области информационных технологий

ПК-5. Способен разрабатывать программное и информационное обеспечение компьютерных систем, сервисов, вычислительных комплексов, баз данных

Ход работы

1. Орг. момент (регистрация в лаборатории, повтор правил техники безопасности при работе на ЭВМ, подготовка рабочего места, запуск среды программирования)
2. Ознакомление с основной, дополнительной, методической литературой, интернет источниками, необходимыми для выполнения лабораторной работы.
3. Выбор варианта задания по практической работе, регистрация выбранного варианта у преподавателя.
4. Работа над заданием.

Разработать и реализовать в виде программы для ЭВМ алгоритм вычисления значения функции до уровня детализации отдельных логических вентилей (И, ИЛИ, НЕ, И-НЕ, ИЛИ-НЕ). Использовать классическую модель вычислений. (Рекомендуется использовать язык программирования Pascal (среда Lazarus) или Си/Си++)

5. Оформить отчет по практической работе.
6. Защита работы.

7. Окончание работы (корректное завершение работы использованных программ для ЭВМ, приведение в порядок рабочего места)

Задания репродуктивного уровня.

Вар.	Формула	Вар.	Формула
1	$c = (a + b)^5 + (b - a)^5 + a^5$	16	$c = (a + b)^3 + (b - a)^3 + a^3$
2	$c = (a + b)^3 + (b - a)^3 + b^3$	17	$c = (a + b)^3 + (a - b)^3 + b^3$
3	$c = (6 * a * b) + (6 * a * b)^2$	18	$c = (6 * a * b)^2 + (6 * a * b)^3$
4	$c = (a - b * 4) + (a - b * 4)^2$	19	$c = (a - b * 3) + (a - b * 3)^2$
5	$c = (a + 2 * b)^2 - 3 * (a + 2 * b)$	20	$c = (3 * a + 2 * b)^2 - 3 * (3 * a + 2 * b)$
6	$c = (a - 2 * b)^2 + 7 * (a - 2 * b)$	21	$c = (a - 2 * b)^2 + 7 * (a - 2 * b)^3$
7	$c = (a^2 - b^2)^2 + 9 * (a^2 - b^2)$	22	$c = (a^2 - b^2)^2 + 9 * (a^2 - b^2)^3$
8	$c = ((a + b) * (a - b))^3 + ((a + b) * (a - b))^2$	23	$c = ((a + b) * (a - b))^2 + (a + b) * (a - b)$
9	$c = (a - b)^4 + a^4 - b^4$	24	$c = (a - b)^5 + a^5 - b^5$
10	$c = b^3 + (a * b)^3 - a^3$	25	$c = (a - b)^3 + (a - b)^3 - a^3$
11	$c = (7 * a + b) - (7 * a + b)^2$	26	$c = (7 * a + b) + (7 * a + b)^2 - (7 * a + b)^3$
12	$c = (2 * a + b)^2 - 3 * (2 * a + b)$	27	$c = (4 * a + b)^2 - 2 * (4 * a + b)$

13	$c = (2 * a + b)^2 + 4 * (2 * a + b)$	28	$c = (2 * a - b)^2 + 4 * (2 * a - b)^4$
14	$c = 4 * (2 * a - b) + (2 * a - b)^2$	29	$c = 15 * (2 * a + b) + 16 * (2 * a + b)^2$
15	$c = 11 * (a^2 + b^2) - (a^2 + b^2)^2$	30	$c = 15 * (a^2 + b^2) - 3 * (a^2 + b^2)^2$

Задание реконструктивного уровня

Создать компьютерную программу, оформить отчет, возможно пропустив некоторые пункты.

Задание творческого уровня

Создать компьютерную программу, полностью оформить и защитить отчет.

Контрольные вопросы

1. Труднорешаемые вычислительные задачи
2. Классическая вычислительная модель
3. Классическая реализация вентилей «не», «буфер», «и», «или», «исключающее или», «и-не», «или-не»
4. Реализация схемы сложения двоичных чисел
5. Реализация схемы вычитания двоичных чисел
6. Реализация мультиплексора из базовых логических вентилей
7. Реализация демультимплексора из базовых логических вентилей
8. Реализация шифратора и дешифратора из базовых логических вентилей
9. Синтез универсальных комбинационных схем на основе мультиплексоров
10. Синтез универсальных комбинационных схем на основе шифраторов и дешифраторов
11. Реализация схемы сравнения двоичных чисел

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме

Основная литература

1. Шень А. Х., Вялый М. Н.. Классические и квантовые вычисления: курс [Электронный ресурс] / Москва:Интернет-Университет Информационных Технологий,2007. -236с. –

<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=234673>

2. Хренников А. Ю.. Введение в квантовую теорию информации [Электронный ресурс] / Москва:Физматлит,2008. -141с. - 978-5-9221-0951-2
<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=69478>

3. Основы теории эволюционных вычислений: монография [Электронный ресурс] / Ростов:Издательство Южного федерального университета,2010. -223с. - 978-5-9275-0799-3
<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=241143>

Дополнительная литература

1. Гэри М., Джонсон Д. Вычислительные машины и труднорешаемые задачи. - М.: Мир, 1982.
2. Китаев А., Шень А., Вялый М. Классические и квантовые вычисления. – М.: МЦНМО, ЧеРо, 1999.
3. Пенроуз Р. Новый ум короля. – М.: Едиториал, 2003.
4. Прескилл Дж. Квантовая информация и квантовые вычисления. — Ижевск: РХД, 2008-2011
5. Федотов И.Е. Модели параллельного программирования. - М.: Солон-Пресс, 2012.

6. Валиев К.А. Квантовые компьютеры и квантовые вычисления. //Успехи физических наук, Том 175, №1.: 2005.
7. Ожигов Ю.И. Квантовые вычисления. - М.: МГУ, 2003.
8. Кулик С.Д., Берков А.В., Яковлев В.П. Введение в теорию квантовых вычислений (методы квантовой механики в кибернетике): учебное пособие.– В 2 кн.– Кн. 2.– М.: МИФИ, 2008.

Лабораторная работа №2

Тема: Квантовые системы

Цель работы: «Закрепление знаний по теоретическим основам квантовых систем».

Формируемые компетенции (формируется часть компетенций):

ПК-3. Способность собирать, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные, необходимые для проектной деятельности в области информационных технологий

ПК-5. Способен разрабатывать программное и информационное обеспечение компьютерных систем, сервисов, вычислительных комплексов, баз данных

Ход работы

1. Орг. момент (регистрация в лаборатории, повтор правил техники безопасности при работе на ЭВМ, подготовка рабочего места, запуск среды программирования)
2. Ознакомление с основной, дополнительной, методической литературой, интернет источниками, необходимыми для выполнения лабораторной работы.
3. Выбор варианта задания по практической работе, регистрация выбранного варианта у преподавателя.
4. Работа над заданием.
Разработать и реализовать в виде программы для ЭВМ на основе готового шаблона обратимый алгоритм вычисления значения функции. (Рекомендуется использовать язык программирования Pascal (среда Lazarus) или Си/Си++)
5. Оформить отчет по практической работе.
6. Защита работы.
7. Окончание работы (корректное завершение работы использованных программ для ЭВМ, приведение в порядок рабочего места)

Задания репродуктивного уровня.

Вар.	Формула	Вар.	Формула
1	$c = (a + b)^5 + (b - a)^5 + a^5$	16	$c = (a + b)^3 + (b - a)^3 + a^3$
2	$c = (a + b)^3 + (b - a)^3 + b^3$	17	$c = (a + b)^3 + (a - b)^3 + b^3$
3	$c = (6 * a * b) + (6 * a * b)^2$	18	$c = (6 * a * b)^2 + (6 * a * b)^3$
4	$c = (a - b * 4) + (a - b * 4)^2$	19	$c = (a - b * 3) + (a - b * 3)^2$
5	$c = (a + 2 * b)^2 - 3 * (a + 2 * b)$	20	$c = (3 * a + 2 * b)^2 - 3 * (3 * a + 2 * b)$
6	$c = (a - 2 * b)^2 + 7 * (a - 2 * b)$	21	$c = (a - 2 * b)^2 + 7 * (a - 2 * b)^3$
7	$c = (a^2 - b^2)^2 + 9 * (a^2 - b^2)$	22	$c = (a^2 - b^2)^2 + 9 * (a^2 - b^2)^3$
8	$c = ((a + b) * (a - b))^3 + ((a + b) * (a - b))^2$	23	$c = ((a + b) * (a - b))^2 + (a + b) * (a - b)$
9	$c = (a - b)^4 + a^4 - b^4$	24	$c = (a - b)^5 + a^5 - b^5$

10	$c = b^3 + (a * b)^3 - a^3$	25	$c = (a - b)^3 + (a - b)^3 - a^3$
11	$c = (7 * a + b) - (7 * a + b)^2$	26	$c = (7 * a + b) + (7 * a + b)^2 - (7 * a + b)^3$
12	$c = (2 * a + b)^2 - 3 * (2 * a + b)$	27	$c = (4 * a + b)^2 - 2 * (4 * a + b)$
13	$c = (2 * a + b)^2 + 4 * (2 * a + b)$	28	$c = (2 * a - b)^2 + 4 * (2 * a - b)^4$
14	$c = 4 * (2 * a - b) + (2 * a - b)^2$	29	$c = 15 * (2 * a + b) + 16 * (2 * a + b)^2$
15	$c = 11 * (a^2 + b^2) - (a^2 + b^2)^2$	30	$c = 15 * (a^2 + b^2) - 3 * (a^2 + b^2)^2$

Задание реконструктивного уровня

Создать компьютерную программу, оформить отчет, возможно пропустив некоторые пункты.

Задание творческого уровня

Создать компьютерную программу, полностью оформить и защитить отчет.

Контрольные вопросы

1. Реализация схемы сложения двоичных чисел
2. Реализация схемы вычитания двоичных чисел
3. Реализация мультиплексора из базовых логических вентилей
4. Реализация демультиплексора из базовых логических вентилей
5. Реализация шифратора и дешифратора из базовых логических вентилей
6. Синтез универсальных комбинационных схем на основе мультиплексоров
7. Синтез универсальных комбинационных схем на основе шифраторов и дешифраторов
8. Реализация схемы сравнения двоичных чисел
9. Алгебраические матрицы и основные операции над ними
10. Комплексные числа и основные алгебраические операции над ними
11. Эрмитова (самосопряженная) матрица и ее свойства

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме

Основная литература

1. Шень А. Х., Вялый М. Н.. Классические и квантовые вычисления: курс [Электронный ресурс] / Москва:Интернет-Университет Информационных Технологий,2007. -236с. –

<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=234673>

2. Хренников А. Ю.. Введение в квантовую теорию информации [Электронный ресурс] / Москва:Физматлит,2008. -141с. - 978-5-9221-0951-2
<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=69478>

3. Основы теории эволюционных вычислений: монография [Электронный ресурс] / Ростов:Издательство Южного федерального университета,2010. -223с. - 978-5-9275-0799-3
<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=241143>

Дополнительная литература

1. Гэри М., Джонсон Д. Вычислительные машины и труднорешаемые задачи. - М.: Мир, 1982.

2. Китаев А., Шень А., Вялый М. Классические и квантовые вычисления. – М.: МЦНМО, ЧеРо, 1999.
3. Пенроуз Р. Новый ум короля. – М.: Едиториал, 2003.
4. Прескилл Дж. Квантовая информация и квантовые вычисления. — Ижевск: РХД, 2008-2011
5. Федотов И.Е. Модели параллельного программирования. - М.: Солон-Пресс, 2012.
6. Валиев К.А. Квантовые компьютеры и квантовые вычисления. //Успехи физических наук, Том 175, №1.: 2005.
7. Ожигов Ю.И. Квантовые вычисления. - М.: МГУ, 2003.
8. Кулик С.Д., Берков А.В., Яковлев В.П. Введение в теорию квантовых вычислений (методы квантовой механики в кибернетике): учебное пособие.– В 2 кн.– Кн. 2.– М.: МИФИ, 2008.

Лабораторная работа №3

Тема: Квантовые регистры и квантовые вентили

Цель работы: «Закрепление знаний по теоретическим основам функционирования квантовых регистров и квантовых вентилях».

Формируемые компетенции (формируется часть компетенций):

ПК-3. Способность собирать, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные, необходимые для проектной деятельности в области информационных технологий

ПК-5. Способен разрабатывать программное и информационное обеспечение компьютерных систем, сервисов, вычислительных комплексов, баз данных

Ход работы

1. Орг. момент (регистрация в лаборатории, повтор правил техники безопасности при работе на ЭВМ, подготовка рабочего места, запуск среды программирования)
2. Ознакомление с основной, дополнительной, методической литературой, интернет источниками, необходимыми для выполнения лабораторной работы.
3. Выбор варианта задания по практической работе, регистрация выбранного варианта у преподавателя.
4. Работа над заданием.
Разработать и реализовать на основе готового шаблона библиотеки подпрограмм эмуляции квантовой вычислительной системы и квантовой модели вычислений алгоритм вычисления значения функции. (Рекомендуется использовать язык программирования Pascal (среда Lazarus) или Си/Си++)
5. Оформить отчет по практической работе.
6. Защита работы.
7. Окончание работы (корректное завершение работы использованных программ для ЭВМ, приведение в порядок рабочего места)

Задания репродуктивного уровня.

Вар.	Формула	Вар.	Формула
1	$c = (a + b)^5 + (b - a)^5 + a^5$	16	$c = (a + b)^3 + (b - a)^3 + a^3$
2	$c = (a + b)^3 + (b - a)^3 + b^3$	17	$c = (a + b)^3 + (a - b)^3 + b^3$
3	$c = (6 * a * b) + (6 * a * b)^2$	18	$c = (6 * a * b)^2 + (6 * a * b)^3$
4	$c = (a - b * 4) + (a - b * 4)^2$	19	$c = (a - b * 3) + (a - b * 3)^2$

5	$c = (a + 2 * b)^2 - 3 * (a + 2 * b)$	20	$c = (3 * a + 2 * b)^2 - 3 * (3 * a + 2 * b)$
6	$c = (a - 2 * b)^2 + 7 * (a - 2 * b)$	21	$c = (a - 2 * b)^2 + 7 * (a - 2 * b)^3$
7	$c = (a^2 - b^2)^2 + 9 * (a^2 - b^2)$	22	$c = (a^2 - b^2)^2 + 9 * (a^2 - b^2)^3$
8	$c = ((a + b) * (a - b))^3 + ((a + b) * (a - b))^2$	23	$c = ((a + b) * (a - b))^2 + (a + b) * (a - b)$
9	$c = (a - b)^4 + a^4 - b^4$	24	$c = (a - b)^5 + a^5 - b^5$
10	$c = b^3 + (a * b)^3 - a^3$	25	$c = (a - b)^3 + (a - b)^3 - a^3$
11	$c = (7 * a + b) - (7 * a + b)^2$	26	$c = (7 * a + b) + (7 * a + b)^2 - (7 * a + b)^3$
12	$c = (2 * a + b)^2 - 3 * (2 * a + b)$	27	$c = (4 * a + b)^2 - 2 * (4 * a + b)$
13	$c = (2 * a + b)^2 + 4 * (2 * a + b)$	28	$c = (2 * a - b)^2 + 4 * (2 * a - b)^4$
14	$c = 4 * (2 * a - b) + (2 * a - b)^2$	29	$c = 15 * (2 * a + b) + 16 * (2 * a + b)^2$
15	$c = 11 * (a^2 + b^2) - (a^2 + b^2)^2$	30	$c = 15 * (a^2 + b^2) - 3 * (a^2 + b^2)^2$

Задание реконструктивного уровня

Создать компьютерную программу, оформить отчет, возможно пропустив некоторые пункты.

Задание творческого уровня

Создать компьютерную программу, полностью оформить и защитить отчет.

Контрольные вопросы

1. Реализация схемы сложения двоичных чисел
2. Реализация схемы вычитания двоичных чисел
3. Реализация мультиплексора из базовых логических вентилей
4. Реализация демultipлексора из базовых логических вентилей
5. Реализация шифратора и дешифратора из базовых логических вентилей
6. Синтез универсальных комбинационных схем на основе мультиплексоров
7. Синтез универсальных комбинационных схем на основе шифраторов и дешифраторов
8. Реализация схемы сравнения двоичных чисел
9. Алгебраические матрицы и основные операции над ними
10. Комплексные числа и основные алгебраические операции над ними
11. Эрмитова (самосопряженная) матрица и ее свойства
12. Понятие состояния квантовой системы
13. Понятие квантового бита (кубита)
14. Матричная форма записи состояний квантовых систем
15. «Бра-кет»-ная форма записи состояний квантовых систем
16. Слабое квантовое измерение
17. Понятие квантового вентиля
18. Понятие квантового регистра
19. Кронекерово произведение матриц и его применение для расчета многокубитовых вентилей
20. Однокубитовые вентили
21. Двухкубитовые вентили
22. Трехкубитовые вентили

23. Квантовая реализация вентилей «не», «буфер», «и», «или», «исключающее или», «и-не», «или-не»

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме
Основная литература

1. Шень А. Х., Вялый М. Н.. Классические и квантовые вычисления: курс [Электронный ресурс] / Москва:Интернет-Университет Информационных Технологий,2007. -236с. –

<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=234673>

2. Хренников А. Ю.. Введение в квантовую теорию информации [Электронный ресурс] / Москва:Физматлит,2008. -141с. - 978-5-9221-0951-2
<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=69478>

3. Основы теории эволюционных вычислений: монография [Электронный ресурс] / Ростов:Издательство Южного федерального университета,2010. -223с. - 978-5-9275-0799-3
<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=241143>

Дополнительная литература

1. Гэри М., Джонсон Д. Вычислительные машины и труднорешаемые задачи. - М.: Мир, 1982.
2. Китаев А., Шень А., Вялый М. Классические и квантовые вычисления. – М.: МЦНМО, ЧеРо, 1999.
3. Пенроуз Р. Новый ум короля. – М.: Едиториал, 2003.
4. Прескилл Дж. Квантовая информация и квантовые вычисления. — Ижевск: РХД, 2008-2011
5. Федотов И.Е. Модели параллельного программирования. - М.: Солон-Пресс, 2012.
6. Валиев К.А. Квантовые компьютеры и квантовые вычисления. //Успехи физических наук, Том 175, №1.: 2005.
7. Ожигов Ю.И. Квантовые вычисления. - М.: МГУ, 2003.
8. Кулик С.Д., Берков А.В., Яковлев В.П. Введение в теорию квантовых вычислений (методы квантовой механики в кибернетике): учебное пособие.— В 2 кн.— Кн. 2.— М.: МИФИ, 2008.

Лабораторная работа №4

Тема:Квантовые алгоритмы

Цель работы: «Закрепление знаний по теоретическим основам функционирования квантовых систем».

Формируемые компетенции (формируется часть компетенций):

ПК-3. Способность собирать, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные, необходимые для проектной деятельности в области информационных технологий

ПК-5. Способен разрабатывать программное и информационное обеспечение компьютерных систем, сервисов, вычислительных комплексов, баз данных

Ход работы

1. Орг. момент (регистрация в лаборатории, повтор правил техники безопасности при работе на ЭВМ, подготовка рабочего места, запуск среды программирования)
2. Ознакомление с основной, дополнительной, методической литературой, интернет источниками, необходимыми для выполнения лабораторной работы.

3. Выбор варианта задания по практической работе, регистрация выбранного варианта у преподавателя.
4. Работа над заданием.
Разработать и реализовать на основе готового шаблона симулятора квантового компьютера и квантовой модели вычислений квантовый (обратимый) алгоритм вычисления значения функции. (Рекомендуется использовать язык программирования Pascal (среда Lazarus) или Си/Си++)
5. Оформить отчет по практической работе.
6. Защита работы.
7. Окончание работы (корректное завершение работы использованных программ для ЭВМ, приведение в порядок рабочего места)

Задания репродуктивного уровня.

Вар.	Формула	Вар.	Формула
1	$c = (a + b)^5 + (b - a)^5 + a^5$	16	$c = (a + b)^3 + (b - a)^3 + a^3$
2	$c = (a + b)^3 + (b - a)^3 + b^3$	17	$c = (a + b)^3 + (a - b)^3 + b^3$
3	$c = (6 * a * b) + (6 * a * b)^2$	18	$c = (6 * a * b)^2 + (6 * a * b)^3$
4	$c = (a - b * 4) + (a - b * 4)^2$	19	$c = (a - b * 3) + (a - b * 3)^2$
5	$c = (a + 2 * b)^2 - 3 * (a + 2 * b)$	20	$c = (3 * a + 2 * b)^2 - 3 * (3 * a + 2 * b)$
6	$c = (a - 2 * b)^2 + 7 * (a - 2 * b)$	21	$c = (a - 2 * b)^2 + 7 * (a - 2 * b)^3$
7	$c = (a^2 - b^2)^2 + 9 * (a^2 - b^2)$	22	$c = (a^2 - b^2)^2 + 9 * (a^2 - b^2)^3$
8	$c = ((a + b) * (a - b))^3 + ((a + b) * (a - b))^2$	23	$c = ((a + b) * (a - b))^2 + (a + b) * (a - b)$
9	$c = (a - b)^4 + a^4 - b^4$	24	$c = (a - b)^5 + a^5 - b^5$
10	$c = b^3 + (a * b)^3 - a^3$	25	$c = (a - b)^3 + (a - b)^3 - a^3$
11	$c = (7 * a + b) - (7 * a + b)^2$	26	$c = (7 * a + b) + (7 * a + b)^2 - (7 * a + b)^3$
12	$c = (2 * a + b)^2 - 3 * (2 * a + b)$	27	$c = (4 * a + b)^2 - 2 * (4 * a + b)$
13	$c = (2 * a + b)^2 + 4 * (2 * a + b)$	28	$c = (2 * a - b)^2 + 4 * (2 * a - b)^4$
14	$c = 4 * (2 * a - b) + (2 * a - b)^2$	29	$c = 15 * (2 * a + b) + 16 * (2 * a + b)^2$
15	$c = 11 * (a^2 + b^2) - (a^2 + b^2)^2$	30	$c = 15 * (a^2 + b^2) - 3 * (a^2 + b^2)^2$

Задание реконструктивного уровня

Создать компьютерную программу, полностью оформить и защитить отчет.

Задание творческого уровня

1. Реализовать в виде компьютерной программы с графическим пользовательским интерфейсом квантовый алгоритм Дойча-Йожи
2. Реализовать в виде компьютерной программы с графическим пользовательским интерфейсом квантовый алгоритм Гровера,
3. Реализовать в виде компьютерной программы с графическим пользовательским интерфейсом квантовый алгоритм Шора,

4. Реализовать в виде компьютерной программы с графическим пользовательским интерфейсом квантовый алгоритм Залки-Визнера.

Контрольные вопросы

1. Реализация схемы сложения двоичных чисел
2. Реализация схемы вычитания двоичных чисел
3. Реализация мультиплексора из базовых логических вентилях
4. Реализация демультимплексора из базовых логических вентилях
5. Реализация шифратора и дешифратора из базовых логических вентилях
6. Синтез универсальных комбинационных схем на основе мультиплексоров
7. Синтез универсальных комбинационных схем на основе шифраторов и дешифраторов
8. Реализация схемы сравнения двоичных чисел
9. Алгебраические матрицы и основные операции над ними
10. Комплексные числа и основные алгебраические операции над ними
11. Эрмитова (самосопряженная) матрица и ее свойства
12. Понятие состояния квантовой системы
13. Понятие квантового бита (кубита)
14. Матричная форма записи состояний квантовых систем
15. «Бра-кет»-ная форма записи состояний квантовых систем
16. Слабое квантовое измерение
17. Понятие квантового вентиля
18. Понятие квантового регистра
19. Кронекерово произведение матриц и его применение для расчета многокубитовых вентилях
20. Однокубитовые вентиля
21. Двухкубитовые вентиля
22. Трехкубитовые вентиля
23. Квантовая реализация вентилях «не», «буфер», «и», «или», «исключающее или», «и-не», «или-не»
24. Квантовый алгоритм Дойча-Йожи
25. Квантовый алгоритм Гровера
26. Квантовый алгоритм Шора
27. Квантовый алгоритм Залки-Визнера

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме

Основная литература

1. Шень А. Х., Вялый М. Н.. Классические и квантовые вычисления: курс [Электронный ресурс] / Москва:Интернет-Университет Информационных Технологий,2007. -236с. –

<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=234673>

2. Хренников А. Ю.. Введение в квантовую теорию информации [Электронный ресурс] / Москва:Физматлит,2008. -141с. - 978-5-9221-0951-2
<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=69478>

3. Основы теории эволюционных вычислений: монография [Электронный ресурс] / Ростов:Издательство Южного федерального университета,2010. -223с. - 978-5-9275-0799-3
<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=241143>

Дополнительная литература

1. Гэри М., Джонсон Д. Вычислительные машины и труднорешаемые задачи. - М.: Мир, 1982.
2. Китаев А., Шень А., Вялый М. Классические и квантовые вычисления. – М.: МЦНМО, ЧеРо, 1999.
3. Пенроуз Р. Новый ум короля. – М.: Едиториал, 2003.
4. Прескилл Дж. Квантовая информация и квантовые вычисления. — Ижевск: РХД, 2008-2011
5. Федотов И.Е. Модели параллельного программирования. - М.: Солон-Пресс, 2012.
6. Валиев К.А. Квантовые компьютеры и квантовые вычисления. //Успехи физических наук, Том 175, №1.: 2005.
7. Ожигов Ю.И. Квантовые вычисления. - М.: МГУ, 2003.
8. Кулик С.Д., Берков А.В., Яковлев В.П. Введение в теорию квантовых вычислений (методы квантовой механики в кибернетике): учебное пособие.— В 2 кн.— Кн. 2.— М.: МИФИ, 2008.

Литература

Основная литература

1. Шень А. Х., Вялый М. Н. Классические и квантовые вычисления: курс [Электронный ресурс] / Москва:Интернет-Университет Информационных Технологий,2007. -236с. –<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=234673>
2. Хренников А. Ю.. Введение в квантовую теорию информации [Электронный ресурс] / Москва:Физматлит,2008. -141с. - 978-5-9221-0951-2
<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=69478>
3. Основы теории эволюционных вычислений: монография [Электронный ресурс] / Ростов:Издательство Южного федерального университета,2010. -223с. - 978-5-9275-0799-3
<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=241143>

Дополнительная литература

1. Гэри М., Джонсон Д. Вычислительные машины и труднорешаемые задачи. - М.: Мир, 1982.
2. Китаев А., Шень А., Вялый М. Классические и квантовые вычисления. – М.: МЦНМО, ЧеРо, 1999.
3. Пенроуз Р. Новый ум короля. – М.: Едиториал, 2003.
4. Прескилл Дж. Квантовая информация и квантовые вычисления. — Ижевск: РХД, 2008-2011
5. Федотов И.Е. Модели параллельного программирования. - М.: Солон-Пресс, 2012.
6. Валиев К.А. Квантовые компьютеры и квантовые вычисления. //Успехи физических наук, Том 175, №1.: 2005.
7. Ожигов Ю.И. Квантовые вычисления. - М.: МГУ, 2003.
8. Кулик С.Д., Берков А.В., Яковлев В.П. Введение в теорию квантовых вычислений (методы квантовой механики в кибернетике): учебное пособие.– В 2 кн.– Кн. 2.– М.: МИФИ, 2008.

Методическая литература

1. Ожигов Ю.И. Квантовые вычисления (учебно-методическое пособие). – М.: МГУ, ВМиК, 2003.
2. Кулик С.Д., Берков А.В., Яковлев В.П. Введение в теорию квантовых вычислений (методы квантовой механики в кибернетике): учебное пособие.– В 2 кн.– Кн. 2.– М.: МИФИ, 2008

Интернет-ресурсы

1. Журнал «Квантовые компьютеры и квантовые вычисления» .- М.: МГУ, [Электронный ресурс] - http://ics.org.ru/rus?menu=mi_publish&publish=3&it=archive
2. Квантовый компьютер [электронный ресурс] - http://ru.wikipedia.org/wiki/Квантовый_компьютер
3. Qiprper – язык программирования квантовых вычислений (квантовых компьютеров) [электронный ресурс] - <http://arxiv.org/pdf/1304.3390v1>

Оборудование, материалы и программное обеспечение, используемые для организации и проведения лабораторных работ

Оборудование:

Компьютерный класс (лаборатория, аудитория) с числом исправных ЭВМ по числу студентов группы плюс рабочее место преподавателя и производительностью, достаточной для освоения дисциплины.

Программное обеспечение:

1. Операционная система (Windows (версия не ниже 7) или Linux (версия Mint не ниже 19.3))
2. Язык программирования C/C++ (реализация GCC/CLANG)
3. Интегрированная среда для разработки компьютерных программ на языке Си.
4. Интегрированная среда для разработки программ Lazarus (версия не ниже 1.8)
5. Текстовый процессор для оформления отчетов (Open/LibreOffice.org)

Содержимое отчета по лабораторной работе

Лабораторная работа считается выполненной студентом и засчитывается преподавателем (с зачислением баллов пропорционально выполненным пунктам отчета, т. е. необязательно, чтобы отчет содержал все пункты) при предоставлении в электронном виде к защите (бумажная распечатка не требуется!!!) аккуратно оформленного файла-отчета в формате .odt (OpenOffice, LibreOffice) или .doc (Microsoft Office), именованный по шаблону (при несоответствии работа не допускается к защите):

QC_4PMI_LR(номер работы)_V(номер варианта)_(фамилия).odt

Файл-отчет должен иметь следующие элементы в указанном порядке (с сохранением их номера в случае пропуска некоторых пунктов):

0. Отметка об ознакомлении с техникой безопасности (правилами поведения в компьютерном классе (аудитории, лаборатории)).

В данном пункте необходимо наличие записи «С правилами техники безопасности при выполнении лабораторной работы и поведения в компьютерном классе (аудитории, лаборатории) ознакомлен, обязуюсь выполнять _____ (ФИО), _____ дата».

1. Постановка задачи (полное условие в соответствии с выбранным вариантом).

2. Подробная математическая (совокупность формул и поясняющего формулы текста) или информационной (словесное описание алгоритма) модели решения задачи. В данном пункте допустимо наличие экранных снимков расчетов в системах компьютерной алгебры (SciLab, Octave, Maxima и т.п.). Использование проприетарных (коммерческих) систем компьютерной алгебры (MathCad, MatLab и т.п.) не рекомендуется.

3. Тестовые наборы исходных данных и соответствующих им правильных результатов для проверки работоспособности программы (в данном пункте **должно быть ручное решение задач с промежуточными выкладками**). В данном пункте допустимо наличие экранных снимков расчетов в системах компьютерной алгебры (SciLab, Octave, Maxima и т.п.). Использование проприетарных (коммерческих) систем компьютерной алгебры (MathCad, MatLab и т.п.) не рекомендуется.

4. Указание имен, типов и назначения всех переменных и сигналов, входящих в математическую или информационную модель.

5. Основной и вспомогательные (если есть) алгоритмы решения задачи (допустимо описание алгоритма на алгоритмическом языке, например, Pascal).

6. Запись полных имен файлов, образующих проект с указанием назначения каждого файла (минимум указать имена и содержимое файлов с расширением .c, .cpp, .h, .pas и т.д. (какие процедуры и функции содержат, что делают).

7. Полные исходные тексты компьютерных программ (в каждом файле обязательно наличие информации о разработчике — ФИО, курс, группа, специальность, университет).

8. Экранный снимок или распечатка результата работы компьютерной программы при введенных тестовых данных из пункта 3 отчета. Конкретно в данном пункте необходимо сравнить полученные результаты с эталонным тестовым решением и написать «результат совпадает с эталонным решением».

9. Исследование проекта.

В данном пункте требуется записать несколько наборов входных данных (определить самостоятельно) и соответствующих им результатов. Оценить примерное число шагов и время работы алгоритма решения задачи в общем случае.

10. Выводы о проделанной работе.

Указать возможности, достоинства и недостатки, привести примеры использования

Правила поведения в компьютерном классе (аудитории, лаборатории)

1. К работе в компьютерном классе допускаются лица, ознакомленные с инструкцией по технике безопасности и охране труда, с правилами поведения и размещения информационных ресурсов.
2. Работа студентов в компьютерном классе разрешается только в присутствии преподавателя (инженера, лаборанта).
3. Во время групповых занятий посторонние лица могут находиться в классе только с разрешения преподавателя.
4. **Перед началом работы необходимо:**
 - убедиться в отсутствии видимых повреждений на рабочем месте;
 - разместить на столе тетради, учебные пособия так, чтобы они не мешали работе на компьютере;
 - принять правильную рабочую позу;
 - если сеанс работы предыдущего пользователя не был завершен, завершить его;
 - ввести регистрационную информацию (при необходимости).
5. **При работе в компьютерном классе категорически запрещается:**
 - находиться в классе в верхней одежде;
 - размещать одежду и сумки на рабочих местах;
 - находиться в классе с едой и напитками;
 - класть книги, тетради и т.п. на клавиатуру;
 - располагаться сбоку или сзади от включенного монитора;
 - присоединять или отсоединять кабели, трогать разъемы, провода и розетки;
 - передвигать компьютеры;
 - открывать системный блок;
 - пытаться самостоятельно устранять неисправности в работе аппаратуры;
 - перекрывать вентиляционные отверстия на системном блоке и мониторе;
 - ударять по клавиатуре, нажимать бесцельно на клавиши;
 - удалять или перемещать чужие файлы;
 - устанавливать и запускать компьютерные игры;
 - использовать Интернет-ресурсы неучебного назначения.
6. **Находясь в компьютерном классе, необходимо:**
 - соблюдать тишину и порядок, выключать мобильные телефоны от громкой связи;
 - выполнять все требования преподавателя, инженера и лаборанта;
 - работать только под своим именем и паролем;
 - соблюдать режим работы (продолжительность непрерывной работы за компьютером не более двух часов с обязательным 10-минутным перерывом и гимнастикой для глаз; продолжительность интенсивной работы с клавиатурой не более 30 минут с последующей гимнастикой для рук; общая продолжительность работы не более 4 часов в день);
 - при появлении рези в глазах, резком ухудшении видимости, невозможности сфокусировать взгляд или навести его на резкость, появлении боли в пальцах и кистях рук, усилении сердцебиения немедленно покинуть рабочее место, сообщить о происшедшем преподавателю и обратиться к врачу;

- после окончания работы завершить все активные программы и корректно завершить сеанс;
 - оставить рабочее место чистым.
7. **Работая за компьютером, необходимо соблюдать правильную позу:**
- расстояние от экрана до глаз 70-80 см (расстояние вытянутой руки);
 - вертикально прямая спина;
 - плечи опущены и расслаблены;
 - ноги на полу и не скрещены;
 - локти, запястья и кисти рук на одном уровне;
 - локтевые, тазобедренные, коленные, голеностопные суставы под прямым углом.
8. При появлении программных ошибок или сбоях оборудования студент обязан немедленно обратиться к преподавателю (инженеру, лаборанту).
9. В случае порчи или выхода из строя оборудования компьютерного класса по вине пользователя ремонт или замена оборудования производится за счет пользователя.