

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ**  
**УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»**  
**(РУТ (МИИТ))**



Рабочая программа дисциплины (модуля),  
как компонент образовательной программы  
высшего образования - программы бакалавриата  
по направлению подготовки  
02.03.02 Фундаментальная информатика и  
информационные технологии,  
утвержденной первым проректором РУТ (МИИТ)  
Тимониным В.С.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Архитектуры квантовых компьютеров**

Направление подготовки: 02.03.02 Фундаментальная информатика и  
информационные технологии

Направленность (профиль): Квантовые вычислительные системы и сети

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины (модуля) в виде  
электронного документа выгружена из единой  
корпоративной информационной системы управления  
университетом и соответствует оригиналу

Простая электронная подпись, выданная РУТ (МИИТ)  
ID подписи: 4196  
Подписал: заведующий кафедрой Желенков Борис  
Владимирович  
Дата: 24.10.2024

## 1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Целями освоения дисциплины «Архитектуры квантовых компьютеров» является изучение основ организации и функционирования современных ЭВМ и квантовых схем для задач безопасной передачи информации по квантовым каналам и разработки алгоритмов для квантовых компьютеров .

Основными задачами дисциплины являются:

Изучение основных физических принципов функционирования устройств квантовой информатики – квантовых компьютеров и устройств квантовой коммуникации. Приобретение навыков анализа и использования квантовых схем для проведения демонстрационных квантовых вычислений булевых функций, разработки простейших квантовых алгоритмов и протоколов квантовой коммуникации.

Дисциплина формирует компетенции выпускника в области вычислительных машин и систем в соответствии с типами задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский, производственно-технологической.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю).

Перечень формируемых результатов освоения образовательной программы (компетенций) в результате обучения по дисциплине (модулю):

**ОПК-4** - Способен участвовать в разработке технической документации программных продуктов и комплексов с использованием стандартов, норм и правил, а также в управлении проектами создания информационных систем на стадиях жизненного цикла;

**ПК-4** - Способность управлять планово-профилактическими работами и проводить техническое обслуживание на оборудовании компьютерной сети и участка сети квантовых коммуникаций.

Обучение по дисциплине (модулю) предполагает, что по его результатам обучающийся будет:

### **Знать:**

- физические основы и принципы функционирования классических и квантовых компьютеров и устройств безопасной передачи информации по квантовым каналам;

- основные методы научно-исследовательской деятельности.

### **Уметь:**

- анализировать и создавать простейшие базовые квантовые схемы

прототипных устройств квантовой информатики(квантового компьютера и устройств безопасной передачи информации по квантовому каналу);

- выделять и систематизировать основные идеи в научных текстах; критически оценивать любую поступающую информацию, вне зависимости от источника; избегать автоматического применения стандартных формул и приемов при решении задач.

**Владеть:**

- навыками проводить сравнительные вычисления булевых функций на квантовом процессоре в классическом и квантовом режимах его работы;

- навыками сбора, обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования; навыками выбора методов и средств решения задач исследования.

3. Объем дисциплины (модуля).

3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 4 з.е. (144 академических часа(ов)).

3.2. Объем дисциплины (модуля) в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении учебных занятий:

Тип учебных занятий	Количество часов	
	Всего	Семестр №6
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	80	80
В том числе:		
Занятия лекционного типа	48	48
Занятия семинарского типа	32	32

3.3. Объем дисциплины (модуля) в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации составляет 64 академических часа (ов).

3.4. При обучении по индивидуальному учебному плану, в том числе при ускоренном обучении, объем дисциплины (модуля) может быть реализован полностью в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или)

лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации.

#### 4. Содержание дисциплины (модуля).

##### 4.1. Занятия лекционного типа.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
1	Принципы организации ВМ Рассматриваемые вопросы: -Базовые понятия; -Обзор элементной базы вычислительной техники, современная элементная база; -Модели вычислительных машин.
2	Принципы организации и функционирования ЭВМ классической архитектуры Рассматриваемые вопросы: - Принцип программного управления и его реализация; - Принцип хранимой в памяти программы и его реализация.
3	Структурная организация ЭВМ Рассматриваемые вопросы: -Основные устройства ЭВМ и их характеристики; -ЭВМ с единым интерфейсом; -ЭВМ с множеством интерфейсов.
4	Принципы организации и функционирования аппаратных, программных и программно-аппаратных средств вычислительных машин и систем Рассматриваемые вопросы: -Уровни представления ЭВМ, понятие архитектуры ЭВМ; -Организация программных средств (software); -Аппаратные средства интерпретации программ (hardware, firmware)
5	Эволюция развития средств ВТ Рассматриваемые вопросы: -Поколения средств ВТ; -Механические и электромеханические ВМ, проект аналитической машины Ч. Бэббидж; -Классы и поколения ЭВМ.
6	Принципы организации и функционирования процессора Рассматриваемые вопросы: -Способы исполнения команд в процессоре; -Машинный цикл процессора.
7	Организации прерываний Рассматриваемые вопросы: -Основные этапы прерывания; -Организация и характеристики систем прерываний; -Аппаратно-программные средства систем прерываний и способы их применения.
8	Кодирование команд Рассматриваемые вопросы: -Форматы и кодирование команд; -Команды VLIW и EPIC архитектур;

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	-Предикаты, префиксы и другие способы настройки команд.
9	<p>Адресные пространства процессора</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Адресация регистровой памяти</li> <li>- Метод регистровых окон</li> <li>- Динамическое переименование регистров.</li> </ul>
10	<p>Адресные пространства процессора</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Адресация оперативной памяти;</li> <li>-Принципы размещения информации в ОП;</li> <li>-Способы адресации ОП;</li> <li>-Адресация периферийных устройств</li> </ul>
11	<p>Система команд и машинный язык процессора</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Состав системы команд процессора;</li> <li>-Проблема семантического разрыва;</li> <li>-Варианты CISC и RISC процессоров.</li> </ul>
12	<p>Примеры организации процессоров</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Системы команд и регистровые модели процессоров разных моделей.</li> </ul>
13	<p>Принципы многоуровневой организации и функционирования памяти ЭВМ</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Основные уровни памяти и их характеристики;</li> <li>-Классификация запоминающих устройств.</li> </ul>
14	<p>Организация ЗУ с разными способами размещения и поиска информации</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-ЗУ адресного и безадресного типа;</li> <li>-ЗУ ассоциативного типа.</li> </ul>
15	<p>Принципы организации и функционирования оперативной памяти ЭВМ</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Многоблочное и многоабонентное исполнение памяти;</li> <li>-Организация параллельных обращений в память;</li> <li>-Способы распределения адресного пространства.</li> </ul>
16	<p>Принципы организации и функционирования КЭШ памяти</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Классификация способов повышения быстродействия основной памяти;</li> <li>-Принципы организации и функционирования КЭШ памяти;</li> <li>-Классификация КЭШ памяти по способу записи информации.</li> </ul>
17	<p>Структурная организация КЭШ – памяти</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-КЭШ – память с полностью ассоциативным распределением, прямым отображением и частично ассоциативным распределением ;</li> <li>-Организация многоуровневой КЭШ – памяти;</li> <li>-Поддержка когерентности КЭШ – памяти, инклюзивная организация КЭШ.</li> </ul>
18	<p>Виртуализация памяти</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Анализ требований к объему основной памяти современной ЭВМ</li> </ul>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	-Способы расширения адресного пространства основной памяти -Принцип виртуализации памяти.
19	Динамическое преобразование адреса Рассматриваемые вопросы: -Страничная и сегментно-страничная организация памяти; -Способы преобразования виртуальных адресов в физические; -Защита памяти.
20	Квантовая физика классического компьютера Рассматриваемые вопросы: -Дифракция электронов. Статистический? смысл волновой функции. -Принцип суперпозиции. -Принцип суперпозиции. Соотношение неопределенностей.
21	Корпускулярно-волновой дуализм Рассматриваемые вопросы: -Операторы физических величин. Уравнение Шредингера. -Движение частицы в прямоугольной потенциальной яме. Туннелирование через барьер. Ток вероятности. -Уравнение Шредингера для атома водорода и его решение. -Приближение двухуровневого атома.
22	Матричная квантовая механика. Квантовые вычисления Рассматриваемые вопросы: -Операторы момента импульса и орбитального магнитного момента. Спин. Матричная формулировка квантовой механики; -Операторы спина. Кубит и его представление на сфере Блоха. Управление кубитом при помощи электромагнитных полей; -Матрица плотности. Декогеренция кубита. Квантовые измерения.
23	Матричная квантовая механика. Квантовые вычисления Рассматриваемые вопросы: -Уравнения эволюции двухуровневой системы.; -Учет взаимодействия кубита с окружающей средой. Матрица плотности декогеренция кубита; -Квантовые измерения; -Квантовые логические операторы и квантовые схемы. -Квантовые логические операторы и квантовые схемы. -Квантовый параллелизм.
24	Классы квантовых алгоритмов. Экспериментальная реализация квантового компьютера Рассматриваемые вопросы: -Квантовые алгоритмы; -Дополнительные приложения квантовой информации. -Лазерная генерация и нестационарные когерентные атомные процессы в системе двухуровневых атомов, взаимодействующих с электромагнитным полем. -Компьютер на квантовых точках. - Аналоговый квантовый компьютер на сверхпроводниках.

#### 4.2. Занятия семинарского типа.

##### Лабораторные работы

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
1	<p>Принципы организации микроконтроллеров.</p> <p>В результате выполнения лабораторной работы студент получает знания принципов организации и функционирования аппаратных, программных и программно-аппаратных средств вычислительных машин и систем</p>
2	<p>Принципы организации микроконтроллеров.</p> <p>В результате выполнения лабораторной работы студент получает знания принципов организации и функционирования аппаратных, программных и программно-аппаратных средств вычислительных машин и систем</p>
3	<p>Интегрированная среда разработки Keil <math>\mu</math>Vision. Изучение программных средств для создания и отладки программ в микроконтроллерах.</p> <p>В результате выполнения лабораторной работы студент отрабатывает умения осуществлять выбор, настройку и обслуживание программных и программно-аппаратных средств вычислительных машин и систем</p>
4	<p>Интегрированная среда разработки Keil <math>\mu</math>Vision. Установка пакета Keil MDK на ПЭВМ лабораторного стенда и его запуск.</p> <p>В результате выполнения лабораторной работы студент получает навыки инсталляции отечественного и иностранного программного обеспечения</p>
5	<p>Изучение способов исходного задания программ для отладки в интегрированной среде разработки Keil <math>\mu</math>Vision. Язык ассемблера для программирования микроконтроллеров с архитектурой ARM.</p> <p>В результате выполнения лабораторной работы студент получает знания принципов организации и функционирования аппаратных, программных и программно-аппаратных средств вычислительных машин и систем.</p>
6	<p>Создание и запуск проекта в среде Keil <math>\mu</math>Vision в режиме симулятора. Загрузка и отладка учебной программы.</p> <p>В результате выполнения лабораторной работы студент отрабатывает умения осуществлять выбор, настройку и обслуживание программных и программно-аппаратных средств вычислительных машин и систем</p>
7	<p>Изучение способов выполнения арифметических операций. Форматы арифметических команд. Разработка программы выполнения операций над 32-разрядными беззнаковыми кодами.</p> <p>В результате выполнения лабораторной работы студент получает знания принципов организации и функционирования аппаратных, программных и программно-аппаратных средств вычислительных машин и систем.</p>
8	<p>Изучение способов выполнения арифметических операций. Загрузка и отладка программы выполнения операций над 32-разрядными беззнаковыми кодами.</p> <p>В результате выполнения лабораторной работы студент получает навыки разработки архитектур и прототипов информационных систем.</p>
9	<p>Изучение способов хранения и обработки многобайтных чисел. Разработка программы обработки многобайтных чисел по заданному варианту.</p> <p>В результате выполнения лабораторной работы студент получает знания принципов организации и функционирования аппаратных, программных и программно-аппаратных средств вычислительных машин и систем.</p>
10	<p>Изучение способов хранения и обработки многобайтных чисел. Загрузка и отладка программы обработки многобайтных чисел.</p> <p>В результате выполнения лабораторной работы студент получает навыки разработки архитектур и прототипов информационных систем.</p>

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
11	Логические операции над битами многоразрядных слов. Разработка и отладка операторных программ вычисления булевых функций. В результате выполнения лабораторной работы студент получает навыки разработки архитектур и прототипов информационных систем.
12	Квантовые эффекты. Квантовые гейты. Квантовые схемы В результате выполнения лабораторной работы студент получает навыки преобразования контролируемое -НЕ (CNOT), Тоффли и Фредкина. Универсальный набор операции?. Физические ограничения вычислительных возможностей?
13	Простейшие квантовые алгоритмы. Квантовая криптография В результате выполнения лабораторной работы студент изучит: Алгоритм Дойча. Квантовый параллелизм. Структура полупроводникового зарядового кубита. Проведение основных операции? Гамильтониан полупроводникового зарядового кубита. Инициализация. Измерение. Проведение фазового вращения. Проведение амплитудного вращения. Выполнение двухкубитовой операции.
14	Квантовое исправление ошибок В результате выполнения лабораторной работы студент изучит: полиномиальный алгоритм подавления межкубитового взаимодействия. Источники квантовых ошибок. Необходимость борьбы с декогерентностью. Мера декогерентности. Классический шум. Фазовые ошибки. Межкубитовое взаимодействие. Потеря когерентности квантового состояния. Понятие меры декогерентности.
15	Квантовые и классические классы сложности. Квантовый конечный автомат В результате выполнения лабораторной работы студент отрабатывает умения ограничения вычислительных возможностей квантовых компьютеров. Вытекающие из квантовой механики природы вычислительных элементов.
16	Квантовая коммуникационная модель вычисления? В результате выполнения лабораторной работы студент получает навыки построения квантовых схем. Квантовая схема квантовой телепортации неизвестного состояния кубита с помощью ЭПР пары и классического канала связи.

#### 4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
1	Изучение дополнительной литературы
2	Подготовка к лабораторным работам.
3	Подготовка к промежуточной аттестации.
4	Подготовка к текущему контролю.

#### 5. Перечень изданий, которые рекомендуется использовать при освоении дисциплины (модуля).

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
1	Отладка микропроцессорных систем на однокристалльных микро-ЭВМ семейства MCS-51 с использованием внутрисхемного эмулятора: Метод. указ. к лабор. работам по	<a href="https://library.mii.ru/bookscatalog/metod/00-36066.pdf">https://library.mii.ru/bookscatalog/metod/00-36066.pdf</a>



	дисциплинам цикла Микропроцессор и микропроцессорные системы / А.Е. Мамченко, М.И. Шамров, В.В. Чеботарев; МИИТ. Каф. электронных вычислительных машин. - М.: , 2001. - 36 с.	
2	Организация, схемотехника и микропрограммирование процессоров ЭВМ: метод. указ. к курсовому проектированию по дисц. Организация ЭВМ и систем для студ., обуч. по напр. Информатика и вычислительная техника / А.Е. Мамченко, М.И. Шамров; МИИТ. Каф. Вычислительные системы и сети. - М.: МИИТ, 2012. - 66 с.	<a href="https://library.miit.ru/bookscatalog/metod/03-41523.pdf">https://library.miit.ru/bookscatalog/metod/03-41523.pdf</a>
3	Организация устройств на базе процессоров малой разрядности для информационных систем на железнодорожном транспорте: Учеб. пособие для студ. спец. Информатика и выч. техника / М.И. Шамров, Г.Г. Тельнов; МИИТ. Каф. Вычислительные системы и сети. - М.: МИИТ, 2007. - 160 с.	<a href="https://library.miit.ru/miitpublishing/04-35145.pdf">https://library.miit.ru/miitpublishing/04-35145.pdf</a>
4	Маршрутизация в глобальных сетях. Протокол BGP: учеб. пособие по дисц. Сети ЭВМ и телекоммуникации для студ. 4 курса спец. Вычислительные машины, комплексы, системы и сети, напр. Информатика и вычислительная техника / Б.В. Желенков; МИИТ. Каф. Вычислительные системы и сети. - М.: МИИТ, 2011. - 183 с.	<a href="https://library.miit.ru/miitpublishing/12-1780.pdf">https://library.miit.ru/miitpublishing/12-1780.pdf</a>

6. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, которые могут использоваться при освоении дисциплины (модуля).

- Электронно-библиотечная система Научно-технической библиотеки РУТ (МИИТ): <http://library.miit.ru>

- Национальный открытый университет «ИНТУИТ»  
<https://intuit.ru/studies/courses/2192/31/info>

- Форум специалистов по информационным технологиям  
<http://citforum.ru/>

7. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, необходимого для освоения дисциплины (модуля).

- Microsoft Windows
- Microsoft Office
- Интернет-браузер (Yandex и др.)

8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю).

Учебная аудитория для проведения учебных занятий (занятий лекционного типа, лабораторных работ):

- компьютер преподавателя, рабочие станции студентов, мультимедийное оборудование, доска.

Аудитория подключена к сети «Интернет».

9. Форма промежуточной аттестации:

Экзамен в 6 семестре.

10. Оценочные материалы.

Оценочные материалы, применяемые при проведении промежуточной аттестации, разрабатываются в соответствии с локальным нормативным актом РУТ (МИИТ).

Авторы:

доцент, доцент, к.н. кафедры  
«Вычислительные системы, сети и  
информационная безопасность»

М.И. Шамров

Согласовано:

Заведующий кафедрой ВССиИБ

Б.В. Желенков

Председатель учебно-методической  
комиссии

Н.А. Андриянова