

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО

**Директор физтех-школы
радиотехники и компьютерных
технологий**

Д.А. Гаврилов

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Основы микроархитектуры компьютеров
по направлению:	Информатика и вычислительная техника
профиль подготовки:	Компьютерные технологии и вычислительная техника Физтех-школа Радиотехники и Компьютерных Технологий кафедра микропроцессорных технологий в интеллектуальных системах управления
курс:	4
квалификация:	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 8 (весенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 15 час.

семинары: 15 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 30 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Программу составил: И.В. Петушков, ассистент

Программа обсуждена на заседании кафедры микропроцессорных технологий в интеллектуальных системах
управления 30.03.2023

Аннотация

В курсе рассматриваются основные современные подходы к проектированию цифровых последовательностных микросхем и разработки различных простых типовых микроархитектур процессоров на примере архитектуры RISC-V. Курс вертикально интегрирован и включает темы от разработки простых логических элементов до сложнофункциональных блоков. Логически курс состоит из двух частей, первая рассказывает про общие принципы проектирования микросхем. Вторая часть фокусируется на частном случае микросхем – процессорах и подсистеме памяти компьютера. Особое внимание уделяется получению практических навыков разработки, оптимизации, моделирования и верификации простых микропроцессоров.

Отдельные лекции посвящены изучению булевой алгебры, языка Верилог, сложнофункциональных блоков. Практические задачи выполняются на примере архитектуры RISC-V.

Для успешного освоения курса слушателю необходимо владеть языком ассемблера и ЯВУ Си/Си++, уметь применять основные алгоритмы, знать основы архитектуры и микроархитектуры ЭВМ.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- представление теоретических принципов и практических подходов разработки микропроцессоров ЭВМ.

Задачи дисциплины

- Знание архитектуры и микроархитектуры процессора и их взаимосвязи
- Умение проектировать типовые модели процессоров на языке Верилог
- Базовые принципы оптимизация микросхем (площадь, стоимость, энергопотребление, производительность)

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.2 Находит, критически анализирует и выбирает информацию, необходимую для решения поставленной задачи
ОПК-2 Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности	ОПК-2.1 Способен применять современные вычислительную технику и сервисы сети Интернет в области (сфере) профессиональной деятельности
ОПК-3 Способен составлять и оформлять научные и (или) технические (технологические, инновационные) отчеты (публикации, проекты)	ОПК-3.3 Владеет методами визуального и графического представления результатов научной (научно-технической, инновационной технологической) деятельности в виде отчетов, научных публикаций
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты

ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого коллектива организовывать и проводить научные исследования и их апробацию	ПК-2.1 Знает принципы построения научной работы, методы сбора и анализа полученного материала, способы аргументации
	ПК-2.2 Способен планировать и проводить научные исследования самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого научного коллектива
	ПК-2.3 Способен проводить апробацию результатов научно-исследовательской работы посредством публикации научных статей и участия в конференциях

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные методы проектирования, применяемые при разработке сложных микропроцессоров;
- основные сложнофункциональные блоки применяемые при разработке микросхем.

уметь:

- моделировать работу микросхем описанных на языке Верилог с помощью программных средств моделирования;
- работать с документацией архитектуры системы команд, уметь извлекать из неё информацию необходимую для реализации микроархитектуры процессора;
- разрабатывать дизайн и реализацию простых видов микроархитектур (однотактные, многотактные, конвейерные с последовательным исполнением) для заданной архитектуры.

владеть:

- пониманием основных принципов функционирования микросхем и процессоров;
- навыками освоения большого объема информации;
- навыками самостоятельной работы и использования информации из баз знаний в Интернет;
- культурой постановки и проектирования задач при разработке микросхем.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Принципы проектирования микроэлектроники, логические элементы, энергопотребление	2			2
2	Комбинационная логика	1	1		2
3	Синхронные последовательностные схемы	2	2		4
4	Язык описания аппаратуры Верилог	2	4		6
5	Цифровые функциональные блоки	2			2
6	Система команд RISC-V		2		2
7	Однотактная, многотактная и конвейерная микроархитектуры ЦП	4	4		8
8	Подсистема памяти	1	1		2
9	Микроархитектура ЦП с внеочередным исполнением инструкций	1	1		2
Итого часов		15	15		30
Подготовка к экзамену		30 час.			

Общая трудоёмкость	90 час., 2 зач.ед.
--------------------	--------------------

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 8 (Весенний)

1. Принципы проектирования микроэлектроники, логические элементы, энергопотребление

Основные принципы проектирования микроэлектроники, цифровая абстракция, логические уровни, логические элементы на КМОП транзисторах, энергопотребление КМОП-микросхем.

2. Комбинационная логика

Булевы выражения и их оптимизация, булева алгебра, многоуровневая комбинационная логика, незначащие состояния и состояния с высоким импедансом, карты Карно, основные комбинационные блоки, временные характеристики комбинационных микросхем.

3. Синхронные последовательностные схемы

Защелки и триггеры, проектирование синхронных логических схем, конечные автоматы, синхронизация последовательностных схем, параллелизм

4. Язык описания аппаратуры Верилог

Описание комбинационной и последовательностной, структурное моделирование, описание конечных автоматов, параметризованные модули, верификация микросхем и среда тестирования

5. Цифровые функциональные блоки

Арифметические схемы, дополнительный код, последовательностные функциональные блоки, матрицы памяти и логических элементов

6. Система команд RISC-V

Введение в архитектуру RISC-V и базовую систему команд RV32I. Язык ассемблера и машинный язык. Структура ELF-файла.

7. Однотактная, многотактная и конвейерная микроархитектуры ЦП

Анализ производительности, Однотактный процессор, Многотактный процессор, конвейерный процессор с последовательным исполнением инструкций, добавление новых стадий в конвейерную микроархитектуру, улучшение микроархитектуры

8. Подсистема памяти

Анализ производительности систем памяти, кэш-память, виртуальная память и её реализация в RISC-V, отображение работы с устройствами ввода-вывода в память.

9. Микроархитектура ЦП с внеочередным исполнением инструкций

Микроархитектура ЦП с внеочередным исполнением инструкций и основные причины её появления. Преимущества и недостатки. Аналитическая модель производительности такой микроархитектуры. Оптимизация.

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

Для проведения занятий требуется учебная аудитория, оснащенная мультимедийным оборудованием (проектором).

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Дэвид Хэррис, Сара Хэррис. Цифровая схемотехника и архитектура компьютера. ДМК Пресс. ISBN 978-5-97060-450-2
2. Эндрю Таненбаум. Архитектура компьютера. // 5-е изд. СПб.: «Питер», 2006.

Дополнительная литература

1. Джон Л. Хеннесси, Дэвид А. Паттерсон. Компьютерная архитектура. Количественный подход. М: Техносфера. ISBN: 978-5-94836-413-1

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. The Sniper Multi-Core Simulator, https://snipersim.org/w/The_Sniper_Multi-Core_Simulator
2. The RISC-V Instruction Set Manual, Volume I: Unprivileged ISA.
<https://riscv.org/technical/specifications/>

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

На лекционных занятиях используются мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Успешное освоение курса требует посещение лекций и самостоятельная работа с литературой. Самостоятельная работа включает в себя: чтение и конспектирование рекомендованной литературы, просмотр интернет-ресурсов по тематике курса, подготовку к экзамену.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Информатика и вычислительная техника
профиль подготовки:	Компьютерные технологии и вычислительная техника Физтех-школа Радиотехники и Компьютерных Технологий кафедра микропроцессорных технологий в интеллектуальных системах управления
курс:	4
квалификация:	бакалавр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 8 (весенний) - Экзамен	
Разработчик:	И.В. Петушков, ассистент

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.2 Находит, критически анализирует и выбирает информацию, необходимую для решения поставленной задачи
ОПК-2 Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности	ОПК-2.1 Способен применять современные вычислительную технику и сервисы сети Интернет в области (сфере) профессиональной деятельности
ОПК-3 Способен составлять и оформлять научные и (или) технические (технологические, инновационные) отчеты (публикации, проекты)	ОПК-3.3 Владеет методами визуального и графического представления результатов научной (научно-технической, инновационной технологической) деятельности в виде отчетов, научных публикаций
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты
ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого коллектива организовывать и проводить научные исследования и их апробацию	ПК-2.1 Знает принципы построения научной работы, методы сбора и анализа полученного материала, способы аргументации
	ПК-2.2 Способен планировать и проводить научные исследования самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого научного коллектива
	ПК-2.3 Способен проводить апробацию результатов научно-исследовательской работы посредством публикации научных статей и участия в конференциях

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Основы микроархитектуры компьютеров» обучающийся должен:

знать:

- основные методы проектирования, применяемые при разработке сложных микропроцессоров;
- основные сложнофункциональные блоки применяемые при разработке микросхем.

уметь:

- моделировать работу микросхем описанных на языке Верилог с помощью программных средств моделирования;
- работать с документацией архитектуры системы команд, уметь извлекать из неё информацию необходимую для реализации микроархитектуры процессора;
- разрабатывать дизайн и реализацию простых видов микроархитектур (однотактные, многотактные, конвейерные с последовательным исполнением) для заданной архитектуры.

владеть:

- пониманием основных принципов функционирования микросхем и процессоров;
- навыками освоения большого объема информации;
- навыками самостоятельной работы и использования информации из баз знаний в Интернет;
- культурой постановки и проектирования задач при разработке микросхем.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

С целью контроля освоения обучающимися учебного материала проводится устный опрос в начале занятия по теме прошлой лекции или в конце занятия по пройденной теме.

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Перечень контрольных вопросов для сдачи экзамена:

1. Принцип работы и временные характеристики D-триггера. Синхронизация последовательностных схем.
2. Основные подходы оптимизации комбинационной логики.
3. Цифровая абстракция, логические уровни, логические элементы на КМОП транзисторах, энергопотребление КМОП-микросхем.
4. Сравнение основных характеристик одноктактного, многотактного и конвейерного процессоров.
5. Многотактный процессор. Построение оптимального конечного автомата управления.
6. Конвейерный процессор. Сходства и различия с одноктактным процессором. Модели разрешения конфликтов.
7. Микропроцессор с внеочередным исполнением команд и его аналитическая модель. Оптимизация.
8. Анализ производительности систем памяти, кэш-память.
9. Виртуальная память в RISC-V.
10. Цифровые функциональные блоки и их основные характеристики
11. Язык ассемблера и машинный язык RISC-V. Структура ELF-файла.

Примеры билетов к экзамену

Билет №1

1. Принцип работы и временные характеристики D-триггера. Синхронизация последовательностных схем.
2. Цифровые функциональные блоки и их основные характеристики

Билет № 2

1. Основные подходы оптимизации комбинационной логики.
2. Язык ассемблера и машинный язык RISC-V. Структура ELF-файла.

Критерии оценивания

Оценка отлично (10) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично (9) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично (8) выставляется студенту, показавшему систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо (7) выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо (6) выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо (5) выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно (4) выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно (3) выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно (2) выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно (1) выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Экзамен проводится в устной форме.

При проведении устного экзамена обучающемуся предоставляется 1 час на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном экзамене не должен превышать двух астрономических часов.

Во время проведения экзамен обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины.