

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Беспалов Владимир Александрович

Должность: Ректор МИЭТ

Дата подписания: 05.02.2025 12:05:22

Уникальный программный ключ:

ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f736d76c8f8bea882b8d602

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«Национальный исследовательский университет

«Московский институт электронной техники»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

А.Г. Балашов

«05» февраля 2024 г.

М.П.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Процессорные микроархитектуры и системы на кристалле»

Направление подготовки – 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника»

Направленность (профиль) – «Вычислительные системы и электронная компонентная база»

Программа разработана в Передовой инженерной школе

«Средства проектирования и производства электронной компонентной базы»

Москва 2024 г.

## 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Компетенция **ПК-1** Способен разрабатывать RTL описания сложно функциональных блоков СнК, модернизировать существующие и создавать новые архитектурные решения для микропроцессорной техники и систем на кристалле, сформулирована на основе профессионального стандарта 40.016 «Инженер в области проектирования и сопровождения интегральных схем и систем на кристалле»

**Обобщенная трудовая функция А (7)** Разработка функционального описания и технического задания на систему на кристалле (СнК)

**Трудовая функция А/05.7** Разработка архитектуры всей СнК на основе сложнофункциональных блоков

| Подкомпетенции, формируемые в дисциплине                                                                             | Задачи профессиональной деятельности                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Индикаторы достижения подкомпетенций                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ПК-1.ПМиСнК</b><br>Способен разрабатывать RTL описания и микроархитектуру процессорных ядер и систем на кристалле | Проектирование интегральных схем и систем на кристалле на системном, функциональном, логическом и физическом уровнях описания; обеспечение качества и соответствия моделей всех уровней абстракции СнК заявленным спецификациям и характеристикам, подтверждение заявленных функциональных и электрических параметров изготовленных ИС | <b>Знания:</b> видов современных архитектур вычислительных систем, методов проектирования и моделирования систем на кристалле основе программируемых логических интегральных схем с использованием систем автоматизированного проектирования.<br><b>Умения:</b> применять знания о современных микропроцессорных архитектурах при проектировании систем на кристалле, а также создавать аппаратные вычислительные структуры с применением языка описания аппаратуры SystemVerilog.<br><b>Опыт</b> в разработке систем на кристалле. |

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы.

Входные требования к дисциплине – необходимы компетенции в областях: цифровой схемотехники, HDL-языков (SystemVerilog), цифровой арифметики, симуляторов цифровых схем, программирования

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

| Курс | Семестр | Общая трудоёмкость<br>(ЗЕ) | Общая трудоёмкость<br>(часы) | Контактная работа |                            |                             | Самостоятельная<br>работа (часы) | Промежуточная<br>аттестация |
|------|---------|----------------------------|------------------------------|-------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
|      |         |                            |                              | Лекции (часы)     | Лабораторные работы (часы) | Практические занятия (часы) |                                  |                             |
| 1    | 1       | 3                          | 108                          | 16                | 16                         | -                           | 76                               | ЗаО                         |

### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| № и наименование модуля                                           | Контактная работа |                            |                             | Самостоятельная работа | Формы текущего контроля                                                  |
|-------------------------------------------------------------------|-------------------|----------------------------|-----------------------------|------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
|                                                                   | Лекции (часы)     | Лабораторные работы (часы) | Практические занятия (часы) |                        |                                                                          |
| Модуль 1.<br>Процессорные микроархитектуры и системы на кристалле | 16                | 16                         | -                           | 76                     | Тестирование<br>Защита ЛР<br>Проверка выполнения индивидуального задания |

#### 4.1. Лекционные занятия

| № модуля дисциплины | № лекции | Объем занятий (часы) | Краткое содержание                                                                                                                                                                                                             |
|---------------------|----------|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                   | 1        | 2                    | Разработка полупроводниковых чипов. Введение в маршрут проектирования от спецификации до топологии.<br>Архитектура RISC-V                                                                                                      |
|                     | 2.       | 2                    | Управление сложностью.<br>Архитектуры микропроцессоров, архитектура RISC-V <ul style="list-style-type: none"> <li>Иерархия представления вычислительной системы</li> <li>Классификация построения архитектур RISC-V</li> </ul> |

| № модуля дисциплины | № лекции | Объем занятий (часы) | Краткое содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------|----------|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                     | 3        | 2                    | <p>Организация и реализация операционных устройств</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Целочисленное АЛУ</li> <li>• Аппаратная реализация сдвигов</li> <li>• Умножение / Деление</li> <li>• Числа с плавающей точкой</li> </ul> <p>Умножение / Деление чисел с плавающей точкой</p> <p>Виды, реализация и сравнение микроархитектур</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Однотактная микроархитектура</li> <li>• Многотактная микроархитектура</li> </ul> <p>Сравнение их производительности</p>                |
|                     | 4        | 2                    | <p>Конвейер</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Блок устранения конфликтов (Hazard unit)</li> </ul> <p>Предсказание переходов (Branch prediction unit)</p> <p>Методы повышения производительности</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Суперскалярность</li> <li>• Внеочередное исполнение команд (OoO, register renaming)</li> </ul> <p>Планирование (Instructionscheduling)</p> <p>УМУ / Прерывания</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Виды УМУ и их применение в CISC</li> </ul> <p>Прерывания</p> |
| 2                   | 5        | 2                    | <p>Иерархия памяти</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• SRAM / DRAM</li> </ul> <p>Кэш-память</p> <p>Виртуальная память</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Организация виртуальной памяти</li> <li>• Поддержка операционных систем</li> </ul> <p>Гипервизор</p>                                                                                                                                                                                                                                                 |
|                     | 6        | 2                    | <p>Многопроцессорность</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Организация взаимодействия в многопроцессорной системе</li> </ul> <p>Когерентность кэш</p> <p>Системные шины</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Системные шины</li> <li>• Сети на кристалле</li> </ul> <p>Когерентные интерконнекты</p>                                                                                                                                                                                                            |
|                     | 7        | 2                    | <p>Интерфейсы ввода\вывода</p> <p>Примеры больших и малых интерфейсов</p> <p>Параллельные системы (про само GPU только упоминание)</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|                     | 8        | 2                    | Системы на кристалле.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

#### 4.2. Практические занятия

*Не предусмотрены*

#### 4.3. Лабораторные работы

| № модуля<br>дисциплины | № лабораторной<br>работы | Объем занятий<br>(часы) | Наименование работы                                                                      |
|------------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                      | 1                        | 4                       | Способы решения конфликтов по данным в конвейерных процессорах с архитектурой RISC-V     |
|                        | 2                        | 4                       | Оптимизация команд обращения в память в конвейерных процессорах с архитектурой RISC-V    |
|                        | 3                        | 4                       | Способы решения конфликтов по управлению в конвейерных процессорах с архитектурой RISC-V |
|                        | 4                        | 4                       | Интеграция кэш-памяти в конвейерные процессоры с архитектурой RISC-V                     |

#### 4.4. Самостоятельная работа студентов

| № модуля<br>дисциплины | Объем занятий<br>(часы) | Вид СРС                                                                                                        |
|------------------------|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                      | 20                      | Самостоятельное изучение дополнительной литературы и электронных ресурсов на темы лекций и лабораторных работ. |
|                        | 24                      | Подготовка к защите ЛР                                                                                         |
|                        | 22                      | Выполнение индивидуального задания                                                                             |
|                        | 10                      | Подготовка к тестированию                                                                                      |

#### 4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

*Не предусмотрены*

### 5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы студентов в составе УМК дисциплины (ОРИОКС// URL: , <http://orioks.miet.ru/>):

- Сценарий по дисциплине
- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ
- Методические рекомендации по индивидуальному заданию
- Ссылки на литературу по всей дисциплине
- Варианты заданий для дифференцированного зачета.

## 6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### Литература

1. Микропроцессорные средства и системы : Курс лекций / Д.Н. Беклемишев, А.Н. Орлов, А.Л. Переверзев [и др.]; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ"; Под ред. Ю.В. Савченко. - М. : МИЭТ, 2013. - 288 с. - ISBN 978-5-7256-0723-9
2. Угрюмов Е.П. Цифровая схемотехника : Учеб. пособие / Е.П. Угрюмов. - 2-е изд., перераб. и доп. - СПб. : БХВ-Петербург, 2007. - 788 с. - ISBN 978-5-94157-397-4
3. Моделирование микропроцессорных систем на базе программируемых логических интегральных схем с использованием Verilog HDL и САПР Quartus II : Учеб. пособие по курсу "Микропроцессорные средства и системы" / Д.Н. Беклемишев, А.Н. Орлов, М.Г. Попов, А.А. Кудров; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ"; Под ред. А.Л. Переверзева. - М. : МИЭТ, 2014. - 100 с. - Имеется электронная версия издания. - ISBN 978-5- 7256-0760-4

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. IEEE/IEE Electronic Library (IEL) [Электронный ресурс] = IEEE Xplore : Электронная библиотека. - USA ; UK, 1998-. - URL: <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp> (дата обращения : 10.01.2024). - Режим доступа: из локальной сети НИУ МИЭТ в рамках проекта «Национальная подписка»
2. Лань : Электронно-библиотечная система Издательства Лань. - СПб., 2011-. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 10.01.2024). - Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ
3. Юрайт : Электронно-библиотечная система : образовательная платформа. - Москва, 2013 - . - URL: <https://urait.ru/> (дата обращения : 10.01.2024); Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ.
4. eLIBRARY.RU : Научная электронная библиотека: сайт. - Москва, 2000 -. - URL: <https://www.elibrary.ru/defaultx.asp> (дата обращения: 10.01.2024). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей

## 8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе реализации дисциплины используется **смешанное обучение**, в основе которого лежит интеграция технологий традиционного и электронного освоения компетенций, в частности за счет использования онлайн тестирования, взаимодействие со студентами в электронной образовательной среде.

Освоение образовательной программы обеспечивается ресурсами электронной информационно-образовательной среды ОРИОКС.

Для взаимодействия студентов с преподавателем используются сервисы обратной связи: раздел ОРИОКС «Домашние задания», электронная почта, сервисы видеоконференцсвязи, социальные сети.

В процессе обучения при проведении занятий и для самостоятельной работы используются **внутренние электронные ресурсы** в формах тестирования в ОРИОКС и MOODLe.

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы | Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы                                                                            | Перечень программного обеспечения                                                                                              |
|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Учебная аудитория                                                     | Компьютер с мультимедийным оборудованием                                                                                                         | Win pro от 7,<br>Microsoft Office Professional Plus или Open Office,<br>браузер (Firefox, Google Chrome);<br>Acrobat reader DC |
| Лаборатория распределенных и параллельных вычислений                  | Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ. | Win pro от 7;<br>Git for Windows,<br>MinGW<br>QuestaSim<br>Vivado                                                              |
| Помещение для самостоятельной работы                                  | Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ  | Операционная система Microsoft Windows<br>Microsoft Office<br>браузер<br>Acrobat reader DC                                     |

## 10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ

ФОС по подкомпетенции **ПК-1.ПМиСНК** «Способен разрабатывать RTL описания и микроархитектуру процессорных ядер и систем на кристалле»

Фонд оценочных средств представлен отдельным документом и размещен в составе УМК дисциплины электронной информационной образовательной среды ОРИОКС// URL: [HTTP://ORIOKS.MIET.RU/](http://ORIOKS.MIET.RU/).

## 11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

### 11.1. Особенности организации процесса обучения

Материал представлен одним модулем, в котором рассматривается микроархитектура процессорных ядер и систем на кристалле.

Выполнение лабораторной работы состоит из следующих составляющих:

1. подготовка к лабораторной работе, изучение методических материалов;
2. выполнение лабораторной работы
3. проверка спроектированного RTL-описания посредством запуска моделирования

4. защита лабораторной работы.
5. выполнение индивидуального задания

Защита лабораторной работы проходит в свободное время на текущей лабораторной работе или ближайшей к ней консультации. Защита состоит из демонстрации полученных в ходе выполнения лабораторной работы результатов, рассказа о ходе её выполнения, после чего ведется беседа с преподавателем, в процессе которой могут задаваться вопросы, связанные как с материалами защищаемой работы, так и лекционными материалами, для закрепления теоретических знаний. Преподаватель может предложить выполнить какую-то часть задания с измененными вводными: модифицировать или доработать отдельные элементы верификационного окружения. При неудовлетворительной подготовке студента, защита лабораторной работы откладывается на другой день. «Доучивание» и повторная защита отложенной работы на текущем занятии не допускается. Выполнение индивидуального задания включает в себя использование практических навыков при расчете данных, полученных в ходе решения задач, но без помощи преподавателя и выполняются каждым студентом индивидуально.

Полученные знания на лекциях, а также на лабораторных работах, используются студентами при выполнении индивидуального задания, а также написании выпускных квалификационных работ. Опыт, полученный студентами при выполнении лабораторных работ, несомненно, пригодится при работе по специальности.

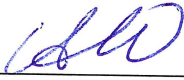
#### **11.2. Система контроля и оценивания**

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется накопительная балльная система.

Баллами оцениваются: выполнение каждого контрольного мероприятия в семестре (в сумме 75 баллов) и сдача дифференцированного зачета (25 баллов).

По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету. Структура и график контрольных мероприятий доступен в ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>.

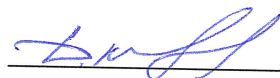
#### **РАЗРАБОТЧИКИ:**

Старший преподаватель Института МПСУ  /А.М. Силантьев/



Рабочая программа дисциплины «Процессорные микроархитектуры и системы на кристалле» по направлению подготовки 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника», направленность (профиль) «Вычислительные системы и электронная компонентная база» разработана в Институте МПСУ и утверждена на заседании Ученого совета Института МПСУ «30» августа 2024 года, протокол № 13

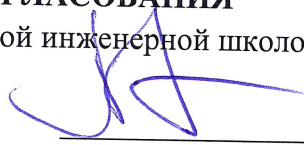
Зам. директора Института МПСУ

 /Д.В. Калеев /

### ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа согласована с Передовой инженерной школой

Директор ПИШ

 /А.Л. Переверзев /

Рабочая программа согласована с Центром подготовки к аккредитации и независимой оценки качества

Начальник АНОК

 /И.М. Никулина /

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

 Директор библиотеки

 /Т.П. Филиппова/