Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 17.09.2025 15:24:16
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет Урбанистики и городского хозяйства

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета урбанистики и
городского хозяйства
_____ /К.И. Лушин/
« 27 » февраля 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Программируемые логические интегральные схемы»

Направление подготовки
13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Профиль
«Интеллектуальные системы электрооборудования и промышленной электроники»

Квалификация
магистр

Формы обучения
очная

Москва, 2025 г.

Разработчик(и):
Преподаватель кафедры
«Электрооборудование и промышленная электроника»  /В. В. Кукса/

Согласовано:
Заведующий кафедрой
«Электрооборудование и промышленная электроника»
к.т.н., доцент  /А. Н. Шишков/

Руководитель образовательной программы
к.т.н., доцент  /А. Н. Шишков/

Содержание

1 Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине «Программируемые логические интегральные схемы» 4
2 Место дисциплины в структуре образовательной программы 4
3 Структура и содержание дисциплины 5
3.1 Виды учебной работы и трудоемкость 5
3.2 Тематический план изучения дисциплины 6
3.3 Содержание дисциплины 6
3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий 8
3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ) - нет 8
4 Учебно-методическое и информационное обеспечение 8
4.1 Нормативные документы и ГОСТы 8
4.2 Основная литература 8
4.3 Дополнительная литература 9
4.4 Электронные образовательные ресурсы 9
4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение 9
4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы 9
5 Материально-техническое обеспечение 9
6 Методические рекомендации 10
6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения 10
6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины 10
7 Фонд оценочных средств 11
7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения 11
7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения 11
7.3 Оценочные средства 12

1 Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине «Программируемые логические интегральные схемы»

Целью изучения дисциплины «Программируемые логические интегральные схемы» является овладение студентами основ проектирования цифровых устройств программируемой логики (ПЛИС) с использованием высокоуровневого языка описания аппаратных средств VHDL; навыками разработки программ в системах Altera Quartus IV, Xilinx ISE и системе визуально-имитационного моделирования Matlab/Simulink для организации управления интеллектуальными системами электрооборудования и промышленной электроники на производстве и анализа данных в научно-исследовательской сфере.

Задачами изучения дисциплины являются приобретение студентами знаний:
- освоение языка VHDL для написания кода моделей цифровых устройств;
- основных методов анализа цифровых моделей;
- получение практических навыков работы с программной логикой Xilinx ISE для разработки функциональных цифровых моделей.
- получение практических навыков работы с программной логикой Altera Quartus IV для разработки функциональных моделей цифровых устройств

Планируемые результаты обучения, соотнесенные с установленными в ОПОП ВО индикаторами достижения компетенций.

Обучение по дисциплине **«Цифровая обработка сигналов в электротехнических системах»** направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	Индикаторы достижения компетенции
ПК-1 Способен участвовать в проектировании объектов профессиональной деятельности	ИПК-1.1 Выбирает и эффективно использует основы проектирования программируемых логических интегральных схем, методы математического моделирования процессов взаимодействия устройств электрооборудования внутри интеллектуальных систем. ИПК-1.2 Рассчитывает объекты управления и сбора данных в электромеханических системах, анализирует технические параметры программируемых логических интегральных схем. ИПК-1.3 Осуществляет проектирование электромеханических систем, используя методы разработки и внедрения рациональных технических решений на основе программируемых логических интегральных схем.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1 «Дисциплины (модули)».

Дисциплина взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами ООП:

- цифровая обработка сигналов в электротехнических системах;
- информационные системы в электроэнергетике;
- интеллектуальные системы передачи информации в промышленной электронике;
- диагностика и мониторинг состояния электрооборудования.

3 Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы (108 академических часов).

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость

(по формам обучения)

3.1.1 Очная форма обучения

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры
			3
1	**Аудиторные занятия**	**54**	**54**
	В том числе:		
1.1	Лекции	18	18
1.2	Семинарские/практические занятия		
1.3	Лабораторные занятия	36	36
2	**Самостоятельная работа**	**54**	**54**
	В том числе:		
2.1	Самостоятельная проработка материала	18	18
2.2	Подготовка к выполнению лабораторных работ и оформлению отчётов, подготовка к защите лабораторных работ.	24	24
2.3	Подготовка к промежуточной аттестации	12	12
3	**Промежуточная аттестация**		
	Зачет/диф.зачет/экзамен		**Зачет**
	Итого	**108**	**108**

3.2 Тематический план изучения дисциплины

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Трудоемкость, час				
		Всего	Аудиторная работа			Самостоятельная работа
			Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	
	Вводная часть.	**2**	**2**	**-**	**-**	**-**
1	**Раздел 1. Основы проектирования интегральных схем.**	**34**	**4**		**12**	**18**
1.1	Тема 1. Элементы цифровой обработки сигналов. ПЛИС основные понятия и определения. Классификация ПЛИС.	12	2		4	6
1.2	Тема 2. Языки описания аппаратуры (HDL). Язык описания аппаратуры Verilog.	10	2		4	4
1.3	Тема 3. Архитектуры вычислительных систем ПЛИС. Синтезируемые конструкции. Асинхронные схемы.	12			4	8
2	**Раздел 2. Моделирование ИС.**	**36**	**6**		**12**	**18**
2.1	Тема 1. Разработка имитационных моделей вычислительных устройств в системе MatLab/Simulink	14	4		4	6
2.2	Тема 2. Аппаратные и программные умножители в базисе ПЛИС.	12	2		4	6
2.3	Тема 3. Тестирование и верификация ИС и ПЛИС	10			4	6
3	**Раздел 3. Проектирование управляющих ПЛИС устройств.**	**36**	**6**		**12**	**18**
3.1	Тема 1. Интегрированная среда разработки ПЛИС проектов Quartus: основные возможности и инструменты	12	4		4	4
3.2	Тема 2. Анализ временных диаграмм в ПЛИС системах.	10			4	6
3.3	Тема 3. Тестирование ПЛИС систем.	14	2		4	8
Итого		**108**	**18**		**36**	**54**

3.3 Содержание дисциплины

Вводная часть.

Предмет, задачи и содержание дисциплины. Общие сведения об программируемых логических интегральных схемах. Структура курса, его место и роль в подготовке специалиста, связь с другими дисциплинами.

Раздел 1. Основы проектирования интегральных схем.

Тема 1. Тема 1. Элементы цифровой обработки сигналов. ПЛИС основные понятия и определения. Классификация ПЛИС.

Введение в цифровую обработку сигналов и программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС). Рассматриваются их типы, архитектуры и области применения.

Тема 2. Языки описания аппаратуры (HDL). Язык описания аппаратуры Verilog.

Основы языков описания аппаратуры, с акцентом на Verilog. Изучение синтаксиса, структурных и поведенческих моделей.

Тема 3. Архитектуры вычислительных систем ПЛИС. Синтезируемые конструкции. Асинхронные схемы.

Анализ архитектур ПЛИС-устройств. Изучение синтезируемых конструкций, подходов к проектированию синхронных и асинхронных цифровых схем.

Раздел 2. Моделирование ИС.

Тема 1. Разработка имитационных моделей вычислительных устройств в системе MatLab/Simulink

Проектирование и моделирование вычислительных устройств в среде Matlab/Simulink для анализа работы цифровых систем.

Тема 2. Аппаратные и программные умножители в базисе ПЛИС.

Сравнение программных и аппаратных реализаций умножителей. Проектирование и внедрение умножителей в цифровые системы на ПЛИС.

Тема 3. Тестирование и верификация ИС и ПЛИС.

Методы проверки работоспособности цифровых схем. Верификация логики и временных характеристик в ПЛИС-системах.

Раздел 3. Проектирование управляющих ПЛИС устройств.

Тема 1. Интегрированная среда разработки ПЛИС проектов Quartus: основные возможности и инструменты

Изучение среды Quartus для проектирования ПЛИС. Создание, компиляция и отладка цифровых проектов.

Тема 2. Анализ временных диаграмм в ПЛИС системах.

Работа с временными диаграммами. Анализ задержек сигналов и временных характеристик цифровых компонентов.

Тема 3. Тестирование ПЛИС систем.

Практические методы тестирования цифровых устройств на ПЛИС, включая симуляцию и работу с отладочными платами.

3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1 Семинарские/практические занятия - нет

3.4.2 Лабораторные занятия

Лабораторная работа №1. Изучение архитектуры и классификации ПЛИС. Простейшая логическая схема на ПЛИС (4 часа).

Лабораторная работа №2. Проектирование цифровой схемы на языке Verilog (4 часа).

Лабораторная работа №3. Синтез и моделирование синхронных и асинхронных схем в среде Verilog (4 часа).

Лабораторная работа №4. Имитационное моделирование арифметико-логического устройства в Simulink (4 часа).

Лабораторная работа №5. Разработка и сравнение программного и аппаратного умножителя на ПЛИС (4 часа).

Лабораторная работа №6. Функциональное тестирование цифрового устройства с помощью тестбенча в Verilog (4 часа).

Лабораторная работа №7. Создание проекта в Quartus, прошивка платы (4 часа).

Лабораторная работа №8. Анализ временных диаграмм цифрового устройства (4 часа).

Лабораторная работа №9. Аппаратное тестирование цифровой схемы на ПЛИС-плате (4 часа).

3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ) - нет

4 Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы

1. Свод правил «Электротехнические устройства» СП 76.13330.2016. Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов.

2. ПУЭ 7. Правила устройства электроустановок. Издание седьмое. Утверждены Приказом Минэнерго России от 08.07.2002 № 204.

3. ГОСТа 19.201–78 Техническое задание, требования к содержанию и оформлению; перечень технических характеристик вычислительной техники.

4. ГОСТР 59988.02.1–2022 - Системы автоматизированного проектирования электроники. Информационное обеспечение. Технические характеристики электронных компонентов. Микросхемы интегральные. Спецификации декларативных знаний по техническим характеристикам.

4.2 Основная литература

1. Стешенко В. Б. ПЛИС фирмы Altera: элементная база, система проектирования и языки описания аппаратуры. М: ДМК Пресс, 2010.

2. Бибило П. Н. Основы языка VHDL: учебное пособие для студентов вузов, М: Либроком, 2014.

3. Перельройзен Е. З. Проектируем на VHDL, М: СОЛОН-Пресс, 2016, 448 с.

4.3 Дополнительная литература

1. Поляков А. К. Языки VHDL и VERILOG в проектировании цифровой аппаратуры, М: СОЛОНПресс, 2016, 314 с.
2. Бибило П. Н. Синтез логических схем с использованием языка VHDL, М: СОЛОН-Пресс, 2016, 200 с.
3. Наваби З. Проектирование встраиваемых систем на ПЛИС, М: ДМК Пресс, 2016.

4.4 Электронные образовательные ресурсы

Проведение занятий и аттестаций возможно в дистанционном формате с применением системы дистанционного обучения университета (СДО-LMS).

Порядок проведения работ в дистанционном формате устанавливается отдельными распоряжениями проректора по учебной работе и/или центром учебно-методической работы.

Каждый студент обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронным библиотекам университета (http://lib.mami.ru/lib/content/elektronnyy-katalog).

Ссылка на электронную библиотеку:
https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=7621&section=1

4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

1. PyCharm – среда разработки для программирования на языке python с удобными графическими интерфейсами. https://www.jetbrains.com/ru-ru/pycharm/
2. Vivado Edition – среда разработки и моделирования для ПЛИС. https://www.xilinx.com/support/download.html

4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Российская национальная библиотека http://www.nlr.ru
2. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» https://biblioclub.ru/index.php
3. Научная электронная библиотека http://www.elibrary.ru
4. Российская государственная библиотека http://www.rsl.ru
5. Образовательная платформа ЮРАЙТ http://www.urait.ru
6. «Техэксперт» – справочная система, предоставляющая нормативно-техническую, нормативно-правовую информацию https://техэксперт.сайт/
7. Электротехническая библиотека «Элек.ру» https://www.elec.ru/library/info/
8. Netelectro. Новости электротехники, оборудование. Информация о компаниях и выставках, статьи, объявления. https://netelectro.ru/
9. Электроцентр. http://electrocentr.info/

5 Материально-техническое обеспечение

Для проведения лекционных занятий используются аудитории, оснащенные компьютерами, интерактивными досками, мультимедийными проекторами и экранами и аудитории общего фонда. Для проведения лабораторных занятий используются аудитории оснащённые компьютерами и интерактивными досками.

6 Методические рекомендации

6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

6.1.1 Преподаватель организует преподавание дисциплины в соответствии с требованиями «Положения об организации образовательного процесса в Московском политехническом университете и его филиалах», утверждённым ректором университета.

6.1.2 На первом занятии преподаватель доводит до сведения студентов содержание рабочей программы дисциплины (РПД).

6.1.3 Преподаватель особенно обращает внимание студентов на:

- виды и формы проведения занятий по дисциплине, включая порядок проведения занятий с применением технологий дистанционного обучения и системы дистанционного обучения университета (СДО Московского Политеха);
- виды, содержание и порядок проведения текущего контроля успеваемости в соответствии с фондом оценочных средств;
- форму, содержание и порядок проведения промежуточной аттестации в соответствии с фондом оценочных средств, предусмотренным РПД.

6.1.4 Преподаватель доводит до сведения студентов график выполнения учебных работ, предусмотренных РПД.

6.1.5 Преподаватель рекомендует студентам основную и дополнительную литературу.

6.1.6 Преподаватель предоставляет перед промежуточной аттестацией (экзаменом или зачётом) список вопросов для подготовки.

6.1.7 Преподаватели, которые проводят лекционные и практические (семинарские) занятия, согласуют тематический план практических занятий, чтобы использовать единую систему обозначений, терминов, основных понятий дисциплины.

6.1.8 Целесообразно в ходе защиты лабораторных работ задавать выступающим и аудитории дополнительные и уточняющие вопросы с целью выяснения их позиций по существу обсуждаемых проблем.

Возможно проведение занятий и аттестаций в дистанционном формате с применением системы дистанционного обучения университета (СДО Московского Политеха).

6.1.9 Порядок проведения работ в дистанционном формате устанавливается отдельными распоряжениями проректора по учебной работе и/или центром учебно-методической работы.

6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

6.2.1 Студенту необходимо составить для себя график выполнения учебных работ, предусмотренных РПД с учётом требований других дисциплин, изучаемых в текущем семестре.

6.2.2 При проведении занятий и процедур текущей и промежуточной аттестации с использованием инструментов информационной образовательной среды дистанционного образования университета (СДО Московского Политеха), как во время контактной работы с преподавателем, так и во время самостоятельной работы студент должен обеспечить техническую возможность дистанционного подключения к системам дистанционного обучения. При отсутствии такой возможности обсудить ситуацию с преподавателем дисциплины.

6.2.3 К промежуточной аттестации допускаются только обучающиеся, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой дисциплины (РПД).

7 Фонд оценочных средств

7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

Форма промежуточной аттестации во втором семестре: зачет.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме зачёта проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине, при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине «Программируемые логические интегральные схемы» проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено».

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Программируемые логические интегральные схемы»: выполнили и защитили лабораторные работы и итоговый письменный тест.

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Шкала оценивания результатов промежуточной аттестации **«зачет»** и их описание:

Шкала оценивания	Критерий оценивания
Зачтено	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

Не зачтено	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков, приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при выполнении практических зданий и задач, оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

7.3 Оценочные средства

7.3.1 Текущий контроль

1. Подготовка к выполнению, проведение расчетов, оформление отчетов и защита девяти лабораторных работ.
2. Выполнение промежуточного и итогового тестирования по основным разделам дисциплины.

7.3.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация проводится в форме **зачёта** с последующим собеседованием по материалам ответа и выполнением тестов в системе LMS. Для допуска к экзамену студенты должны выполнить и защитить девять лабораторных работ и успешно пройти промежуточное тестирование в системе LMS. Экзаменационный билет содержит тестирование в системе LMS. Список вопросов, выносимых на экзамен, выдается студентам на первом занятии. Для подготовки и написания ответа на билет студенту выделяется 20 минут. В процессе проведения собеседования студенту могут быть заданы дополнительные вопросы, не выходящие за рамки изученного курса. К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Программируемые логические интегральные схемы»: выполнили и защитили лабораторные работы.

Вопросы к зачёту:

1. Что такое ПЛИС? Приведите классификацию и примеры применения.
2. В чем различие между CPLD и FPGA?
3. Опишите основные этапы цифровой обработки сигналов и роль ПЛИС в этих процессах.
4. Назовите преимущества и недостатки использования ПЛИС в цифровых системах.
5. Что такое HDL и какова его роль в проектировании цифровых схем?
6. Сравните языки Verilog и VHDL: синтаксис, особенности применения.
7. Объясните различие между структурным, поведенческим и смешанным описанием схем в Verilog.
8. Какие конструкции языка Verilog являются синтезируемыми?
9. Что такое модуль в Verilog и как он описывается?
10. Объясните принципы работы синхронных и асинхронных схем.
11. В чем преимущества синхронных цифровых систем?

12. Какие существуют архитектуры ПЛИС и как они влияют на производительность?
13. Что такое LUT (Look-Up Table) в FPGA и какова его функция?
14. Как реализуются регистры и триггеры в Verilog?
15. Каковы этапы создания имитационной модели цифрового устройства в Simulink?
16. Объясните принципы моделирования логических схем в MATLAB/Simulink.
17. Что такое функциональная модель цифрового устройства?
18. Как реализуется аппаратный умножитель в ПЛИС?
19. В чем отличие программной и аппаратной реализации умножителя?
20. Какие типы умножителей существуют (например, последовательные, параллельные, матричные)?
21. Какие методы тестирования цифровых схем применяются при разработке на ПЛИС?
22. Что такое тестбенч и как он используется в Verilog?
23. Объясните понятие верификации цифровой схемы. Какие существуют уровни верификации?
24. Какие инструменты можно использовать для симуляции цифровых проектов?
25. Какие основные инструменты включает среда Quartus?
26. Как создается новый проект в Quartus?
27. Что такое pin assignment в Quartus и зачем он нужен?
28. Опишите процесс компиляции проекта в среде Quartus.
29. Как проводится временной анализ (timing analysis) проекта на ПЛИС?
30. Что такое критический путь (critical path) и как его найти?
31. Что включает в себя функциональное тестирование проекта в Quartus?
32. Как выполнить прошивку (программирование) ПЛИС-устройства?
33. Назовите этапы полной разработки цифрового устройства на ПЛИС: от идеи до прототипа.
34. Как обеспечить надежность работы цифровой схемы на ПЛИС в реальном времени?
35. Приведите пример цифрового управляющего устройства и опишите его реализацию на Verilog и ПЛИС.
36. Объясните различие между симуляцией (simulation) и синтезом (synthesis) в проектировании цифровых схем.
37. Что такое state machine (машина состояний) и как реализовать её на Verilog?
38. Какие типы синхронизации применяются в цифровых схемах и как реализовать их на ПЛИС?
39. Что такое ресурсоёмкость схемы и как её оптимизировать при проектировании на ПЛИС?
40. Как реализовать последовательный интерфейс (например, UART или SPI) на языке Verilog?