

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДЕНО:

Декан

А. Г. Коротаев

Рабочая программа дисциплины

Технологии программируемых логических матриц (ПЛИС)

по направлению подготовки / специальности

11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Направленность (профиль) подготовки / специализация:

Радиоэлектронные системы передачи информации

Форма обучения

Очная

Квалификация

Инженер

Год приема

2025

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

В.А.Мещеряков

Председатель УМК

А.П. Коханенко

Томск – 2025

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-9 Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения.

ПК-1 Способен осуществлять анализ состояния научно-технической проблемы, определять цели и выполнять постановку задач проектирования. Способен осуществлять проектирование конструкций радиоэлектронных систем и комплексов с применением современных САПР.

ПК-4 Способен выполнять исследования с целью совершенствования и роста технических характеристик радиоэлектронной аппаратуры с использованием стандартных пакетов прикладных программ.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК 9.1 Применяет современные инструментальные системы программирования и компьютерного моделирования при решении прикладных задач.

ИОПК 9.2 Владеет навыками работы в компьютерной среде.

ИПК 1.1 Использует современные САПР для разработки радиоэлектронных устройств комплексов передачи информации

ИПК 1.2 Использует нормативные и справочные данные при разработке проектно-конструкторской документации

ИПК 1.3 Владеет навыками разработки технических заданий на проектирование

ИПК 4.1 Применяет прикладные методы моделирования процессов в радиоэлектронных системах передачи информации

ИПК 4.2 Владеет приемами компьютерного моделирования радиоэлектронных систем и комплексов передачи информации с целью предсказания и улучшения их параметров

ИПК 4.3 Применяет стандартные прикладные программные средства при проведении модельных экспериментов

2. Задачи освоения дисциплины

– Освоить архитектуру и структуру логических матриц, программные продукты разработки цифровых устройств, структурные и функциональные схемы цифровых устройств на основе программируемых логических матриц, методы решения задач моделирования систем передачи информации и их подсистем.

– Научиться программировать логические матрицы, использовать пакеты программ и системы автоматизации для разработки схем систем передачи информации, формулировать задачи моделирования систем передачи информации и их подсистем.

– Получить навыки синтеза логических схем для решения задач цифровой передачи данных.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплина (модули)».

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, предлагается обучающимся на выбор.

4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине

Десятый семестр, экзамен

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: «Микропроцессорные системы», «Цифровая обработка сигналов», «Виртуальные приборы LabVIEW», «Архитектура вычислительных систем».

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 з.е., 216 часов, из которых:

-лекции: 16 ч.

-практические занятия: 36 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Тема 1. Введение

Краткий исторический обзор развития интегральных схем. Комбинационные асинхронные устройства.

Тема 2. Общие сведения о программируемых логических интегральных схемах
Общие сведения о программируемых логических интегральных схемах, их области применения и основных производителях. Булевы уравнения и логические устройства.

Тема 3. Архитектура программируемых логических матриц.

Функциональные блоки. Макроячейки. Блоки ввода-вывода. Переключающая матрица. Память конфигурации. Карты Карно.

Тема 4. Архитектура программируемых логических интегральных схем.

Конфигурируемые логические блоки. Блоки ввода-вывода. Виды контактов корпусов. Задержки распространения сигналов. Трассировочные ресурсы. Память конфигурации. Синтез логики семисегментного индикатора.

Тема 5. Аппаратные блоки программируемых логических интегральных схем.

Блочное ОЗУ. Блоки цифровой обработки сигналов. Микропроцессорные ядра. Менеджер тактовых сигналов. Дискретные устройства. Синхронизаторы, триггеры, регистры, счетчики.

Тема 6. Устройства хранения файлов конфигурации. Режимы конфигурирования.
Устройства хранения файлов конфигурации. Технология 3D-FPGA. Синтез логики сумматора и умножителя.

Тема 7. Средства разработки и проектирования ПЛИС.

VHDL. Процесс разработки виртуального прибора FPGA VI в пакете LabVIEW. Создание виртуальных приборов FPGA VI. Модульность кода. Реализация логики сумматора, умножителя и дешифратора семисегментного индикатора в программируемой логической интегральной схеме.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения контрольных работ, выполнения домашних заданий по лекционному

материалу и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр. Самостоятельная работа студентов: выполнение домашней работы по решению задач; изучение теории по методическому пособию, ответы на контрольные вопросы по учебному материалу.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Экзамен в десятом семестре проводится в письменной форме по билетам. Экзаменационный билет состоит из двух частей. Продолжительность экзамена 1,5 часа.

Первая часть содержит один вопрос, проверяющий ИПК 1.2, ИПК 1.3, ИПК 4.1, ИПК 4.2, ИПК 4.3. Ответ на вопрос первой части дается в развернутой форме.

Вторая часть содержит вопрос, проверяющий ИОПК 9.1, ИОПК 9.2, ИПК 1.1 и оформленный в виде практических задач. Ответы на вопросы второй части предполагают решение задач и краткую интерпретацию полученных результатов.

Примерный перечень теоретических вопросов

1. Опишите составные части ПЛИС, LUT, достоинства и недостатки ПЛИС.
2. Как реализованы элемент И-НЕ (ИЛИ-НЕ) на КМОП-транзисторах в ПЛИС?
3. Возможности современных FPGA и сферы их применения с обоснованием.
4. Опишите классификацию микросхем с программируемой структурой.
5. Опишите классификацию интегральных схем.
6. Каково применения ПЛИС в готовых устройствах? Какие преимущества и недостатки.
7. Классифицируйте программируемые логические интегральные схем.
8. Классифицируйте программируемые логические матрицы.
9. Что такое D-триггер и какова его роль в ПЛИС?

Примеры задач:

1. Даны два двухзначных числа (А и В). Необходимо синтезировать логическое выражение, описывающее результат перемножения чисел А и В. Используя карту Карно провести минимизацию полученного выражения.

2. Постройте логическую схему по следующей таблице истинности:

X1	X2	X3	X4	Y
0	0	0	0	1
0	0	0	1	1
0	0	1	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	0
0	1	0	1	1
0	1	1	0	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	0	1	1	0
1	1	0	0	0
1	1	0	1	0
1	1	1	0	1
1	1	1	1	1

Проведите минимизацию булевой функции, постройте минимизированную схему. Покажите на сколько базовых логических элементов упростилась схема.

Компетенция	Индикатор компетенции	Код и наименование результатов обучения (планируемые результаты обучения, характеризующие этапы формирования компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
			Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
ОПК-9 Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения.	ИОПК 9.1 Применяет современные инструментальные системы программирования и компьютерного моделирования при решении прикладных задач.	ОР-9.1.1 Обучающийся будет знать основы системы программирования и компьютерного моделирования для решения прикладных задач с использованием программируемых логических интегральных схем.	Не имеет представления о системах программирования и компьютерного моделирования для решения прикладных задач.	Имеет общее представление о системах программирования и компьютерного моделирования для решения прикладных задач.	Допускает отдельные неточности в описании систем программирования и компьютерного моделирования для решения прикладных задач.	Имеет полное представление о работе систем программирования и компьютерного моделирования для решения прикладных задач.
		ОР-9.1.2 Обучающийся будет уметь применять системы программирования для решения прикладных задач с использованием программируемых логических интегральных схем.	Не имеет представления о применении систем программирования для решения прикладных задач с использованием программируемых логических интегральных схем.	Имеет представления о применении систем программирования для решения прикладных задач с использованием программируемых логических интегральных схем.	Понимает принцип работы систем программирования для решения прикладных задач с использованием программируемых логических интегральных схем.	Свободно использует системы программирования для решения прикладных задач с использованием программируемых логических интегральных схем.

ПК-1 Способен осуществлять анализ состояния научно-технической проблемы, определять цели и выполнять постановку задач проектирования. Способен осуществлять проектирование конструкций радиоэлектронных систем и комплексов с применением современных САПР.	ИПК-1.1 Соблюдает требования информационной безопасности при использовании современных информационных технологий и программного обеспечения.	ОР-1.1 Обучающийся будет знать принципы работы современных САПР для разработки радиоэлектронных устройств комплексов передачи информации на основе программируемых логических интегральных схем.	Не способен объяснить принципы работы современных САПР для разработки радиоэлектронных устройств комплексов передачи информации	Способен, при ряде затруднений, объяснить принципы работы современных САПР для разработки радиоэлектронных устройств комплексов передачи информации	Допускает мелкие неточности при описании принципов работы современных САПР для разработки радиоэлектронных устройств комплексов передачи информации	Уверенное знание принципов работы современных САПР для разработки радиоэлектронных устройств комплексов передачи информации
	ИПК-1.2 Использует нормативные и справочные данные при разработке проектно-конструкторской документации.	ОР-1.2.1 Обучающийся будет знать основные принципы использования справочных данных при разработке конструкторской документации для радиоэлектронных устройств комплексов передачи информации на основе программируемых логических интегральных схем	Полное непонимание основных принципов использования справочных данных при разработке конструкторской документации и для радиоэлектронных устройств комплексов передачи информации на основе программируемых логических интегральных схем	Испытывает затруднения в объяснении основных принципов использования справочных данных при разработке конструкторской документации для радиоэлектронных устройств комплексов передачи информации на основе программируемых логических интегральных схем	Допускает незначительные ошибки в объяснении основных принципов использования справочных данных при разработке конструкторской документации и для радиоэлектронных устройств комплексов передачи информации на основе программируемых логических интегральных схем	Полностью понимает основные принципы использования справочных данных при разработке конструкторской документации для радиоэлектронных устройств комплексов передачи информации на основе программируемых логических

						ких интегральных схем
		ОР-1.2.2 Обучающийся будет уметь анализировать основные справочные данные при разработке проектно-конструкторской документации устройств комплексов передачи информации на основе программируемых логических интегральных схем.	Не способен анализировать основные справочные данные при разработке проектно-конструкторской документации устройств комплексов передачи информации на основе программируемых логических интегральных схем	Способен, при ряде затруднений анализировать основные справочные данные при разработке проектно-конструкторской документации устройств комплексов передачи информации на основе программируемых логических интегральных схем	Допускает мелкие неточности при анализе основных справочных данных при разработке проектно-конструкторской документации устройств комплексов передачи информации на основе программируемых логических интегральных схем	Способен уверенно анализировать основные справочные данные при разработке проектно-конструкторской документации устройств комплексов передачи информации на основе программируемых логических интегральных схем
	ИПК-1.3 Владеет навыками разработки технических заданий на проектирование	ОР-1.3 Обучающийся будет владеть базовыми навыками разработки технических заданий на проектирование радиоэлектронных систем с использованием	Не способен разработать техническое задание на проектирование радиоэлектронных систем с использованием	Имеет общее представление о принципах разработки технических заданий на проектирование радиоэлектронных систем с использованием программируемых логических интегральных схем	Допускает мелкие неточности при разработке технических заданий на проектирование радиоэлектронных систем с использованием	Уверенное владение базовыми навыками разработки технических заданий на проектирование радиоэлектронных систем с использованием

		ных систем с использованием программируемых логических интегральных схем	нием программируемых логических интегральных схем		систем с использованием программируемых логических интегральных схем	заданий на проектирование радиоэлектронных систем с использованием программируемых логических интегральных схем
ПК-4 Способен выполнять исследование с целью совершенствования и роста технических характеристик радиоэлектронной аппаратуры с использованием стандартных пакетов прикладных программ	ИПК 4.1 Применяет прикладные методы моделирования процессов в радиоэлектронных системах передачи информации	ОР-4.2.1 Обучающийся будет владеть основами компьютерного моделирования радиоэлектронных систем и комплексов передачи информации на базе программируемых логических интегральных схем с целью предсказания и улучшения их параметров	Не имеет представления о компьютерном моделировании радиоэлектронных систем и комплексов передачи информации на базе программируемых логических интегральных схем с целью предсказания и улучшения их параметров	Испытывает затруднения в объяснении основ компьютерного моделирования радиоэлектронных систем и комплексов передачи информации на базе программируемых логических интегральных схем с целью предсказания и улучшения их параметров	Допускает незначительные ошибки при объяснении основ компьютерного моделирования радиоэлектронных систем и комплексов передачи информации на базе программируемых логических интегральных схем с целью предсказания и улучшения их параметров	Уверенно владеет основами компьютерного моделирования радиоэлектронных систем и комплексов передачи информации на базе программируемых логических

М						интегральные схемы с целью предсказания и улучшения их параметров
		ОР-4.1.2 Обучающийся будет уметь моделировать основные процессы в радиоэлектронных системах передачи информации на основе программируемых логических интегральных схем.	Не имеет представления о основных процессах в радиоэлектронных системах передачи информации на основе программируемых логических интегральных схем.	Понимает содержание теоретических моделей, описывающих основные процессы в радиоэлектронных системах передачи информации на основе программируемых логических интегральных схем.	Испытывает небольшие затруднения при моделировании основных процессов в радиоэлектронных системах передачи информации на основе программируемых логических интегральных схем.	Свободно моделирует основные процессы в радиоэлектронных системах передачи информации на основе программируемых логических интегральных схем.
	ИПК 4.2 Владеет приемами компьютерного моделирования радиоэлектронных систем и комплексов передачи информации с целью предсказания и улучшения их параметров	ОР-4.2.1 Обучающийся будет владеть основами компьютерного моделирования радиоэлектронных систем и комплексов передачи информации на базе программируемых логических интегральных схем с целью предсказания и улучшения их параметров				

	ИПК 4.3 Применяет стандартные прикладные программные средства при проведении модельных экспериментов	ОП-4.3.1 Обучающийся будет уметь применять стандартные прикладные программные средства при разработке радиоэлектронных систем на основе программируемых логических интегральных схем.				
--	--	---	--	--	--	--

11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=3694>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

в) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

– Ушенина И. В. Проектирование цифровых устройств на ПЛИС: учебное пособие / Ушенина И. В. - Санкт-Петербург: Лань. - 408 с. Электронный ресурс: ЭБС Лань. – URL: <https://e.lanbook.com/book/119638>

– Зотов В. Ю. Проектирование встраиваемых микропроцессорных систем на основе ПЛИС фирмы XILINX® / В. Ю. Зотов. - 2-е изд., стер.. - Москва : Горячая линия - Телеком, 2018. - 519 с.

– Потехин Д. С. Разработка систем цифровой обработки сигналов на базе ПЛИС / Д. С. Потехин, И. Е. Тарасов; ред. Ю. Н. Чернышов. - Москва : Горячая линия - Телеком, 2017. - 248 с.

– Программируемые логические интегральные схемы : учебное пособие / Н. Ю. Сиротинина, О. В. Непомнящий, А. И. Постников, Д. А. Недорезов. – Красноярск: СФУ, 2020. – 224 с. – Электронный ресурс: ЭБС Лань.

– Строгонов, А. В. Цифровая обработка сигналов в базе программируемых логических интегральных схем: учебное пособие / А. В. Строгонов. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 312 с. – Электронный ресурс: ЭБС Лань.

б) дополнительная литература:

– Соловьев В.В. Архитектуры FPGA фирмы Xilinx: CPLD и FPGA 7-й серии. — М.: Горячая Линия - Телеком, 2016. – 392 с.

в) ресурсы сети Интернет:

– Бадьин А.В. Технологии FPGA [Электрон. ресурс]: электронный учебный курс на базе виртуальной обучающей среды MOODLE Электрон. дан. – Томск: ТГУ, 2017. – URL: <http://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=3694>

13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– Microsoft Office 2010 Russian Academic Open, Microsoft Windows Professional 7 Academic Open (Лицензия №47729022 от 26.11.2010);

– пакет лицензионного программного обеспечения National Instruments LabVIEW 2018 (Student Edition);

б) информационные справочные системы:

– eLIBRARY.RU: Научная электронная библиотека. – URL: <https://elibrary.ru/defaultx.asp?>

– Электронно-библиотечная система «Лань» (доступ из сети НИ ТГУ). – URL: <http://e.lanbook.com/>

– Scopus: база данных цитирования издательства Elsevier (доступ из сети НИ ТГУ). – URL: <http://www.scopus.com/>

– Web of Science: база данных цитирования компании Clarivate Analytics (доступ из сети НИ ТГУ). – URL: <http://webofknowledge.com/WOS>

14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

Аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации в смешенном формате («Актру»).

15. Информация о разработчиках

Бадьин Александр Владимирович, кандидат физико-математических наук, Радиофизический факультет НИ ТГУ, доцент.