

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

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДЕНО:
Декан
А. Г. Коротаев

Рабочая программа дисциплины

ПЛИС-технологии*FPGA technologies

по направлению подготовки

12.04.03 Фотоника и оптоинформатика

Направленность (профиль) подготовки:
Приборы и устройства нанопотоники

Форма обучения
Очная

Квалификация
Магистр

Год приема
2025

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель ОП
А.П. Коханенко

Председатель УМК
А.П. Коханенко

Томск – 2025

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-3 Способен приобретать и использовать новые знания в своей предметной области на основе информационных систем и технологий, предлагать новые идеи и подходы к решению инженерных задач.

ПК-2 Способность к построению математических моделей объектов исследования и выбору численного метода их моделирования, разработке нового или выбору готового алгоритма решения задачи.

УК-2 Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК 3.2 Предлагает новые идеи и подходы к решению инженерных задач с использованием информационных систем и технологий

ИПК 2.1 Способность к построению математических моделей объектов исследования и выбору численного метода их моделирования, разработке нового или выбор готового алгоритма решения задачи

ИПК 2.2 Определяет выходные параметры и функции разрабатываемой оптической системы связи, которые должны быть определены в результате моделирования его функционирования на основе физических процессов и явлений

ИПК 2.3 Проводит компьютерное моделирование функционирования оптико-электронных приборов на основе физических процессов и явлений

ИУК 2.2 Разрабатывает программу действий по решению задач проекта с учетом имеющихся ресурсов и ограничений

ИУК 2.3 Обеспечивает выполнение проекта в соответствии с установленными целями, сроками и затратами

2. Задачи освоения дисциплины

– Обучить студентов методам разработки цифровых устройств обработки сигналов на базе перепрограммируемых логических интегральных схем.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

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

Дисциплина относится к обязательной части образовательной программы.

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

Первый семестр, экзамен

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, сформированные в ходе освоения образовательных программ предшествующего уровня образования.

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 часов, из которых:

-лекции: 8 ч.

-практические занятия: 32 ч.

в том числе практическая подготовка: 0 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Тема 1. Введение. Архитектура ПЛИС FPGA-типа

Общее представление об архитектуре перепрограммируемых интегральных схем FPGA-типа. Простейшие логические элементы И (AND), ИЛИ (OR), НЕ (NOT), D-триггер (D flip-flop), сдвиговый регистр (shift register), защелка (D-latch), мультиплексор (MUX), генератор функций (LUT, Look Up Table). Основные структурные единицы FPGA-микросхемы: Logic Cell, Slice, configurable logic block (CLB), блочная и распределенная память, умножители, блоки ввода-вывода, краткое описание стандарта JTAG.

Тема 2. Основы языка описания цифровой аппаратуры VHDL

Основные типы данных языка VHDL, управляющие конструкции, описание комбинаторной логики, процессы и параллелизм вычислений, структурное описание разрабатываемого устройства, компоненты, их объявление и имплементация. Особенности описания тестирующего окружения на языке VHDL. Создание TestBench.

Тема 3. Основные этапы имплементации устройства в среде Xilinx ISE

Обзор средств, предоставляемых средой автоматизированного проектирования Xilinx ISE. Инструменты разработки для FPGA фирмы Xilinx. Создание проекта и его настройка, добавление VHDL-описания устройства в проект, функциональное моделирование, анализ временных диаграмм работы устройства. Знакомство с инструментами Architecture Wizard и PlanAhead. Процедура добавления в проект готовых блоков IP Core, привязка портов разрабатываемого устройства к выводам FPGA-микросхемы, генерация кода и программирование FPGA-микросхемы. Задание временных ограничений. Процедура задания требований к скорости прохождения сигналов по тем или иным цепям создаваемого устройства, оценка производительности создаваемого устройства. Параметры синтеза. Изменение параметров процедуры синтеза и оценка их влияния на производительность и ресурсоемкость создаваемого устройства. Знакомство с инструментом Core Generator System

Тема 4. Моделирование цифровых устройств в среде MatLab/Simulink

Общее представление о пакете MatLab. Основные команды и типы данных языка MatLab. Краткое введение в среду моделирования динамических систем Simulink. Описание Simulink HDL Coder. Цифровой фильтр. Создание и настройка модели цифрового фильтра. Генерация входного сигнала и анализ реакции фильтра. Генерация и анализ VHDL-описания цифрового фильтра. Работа с битами. Создание и настройка модели анализатора значений определенных битов в битовом потоке. Генерация входного сигнала и анализ реакции анализатора. Генерация и анализ VHDL-описания битового анализатора. Преобразователь параллельного кода в последовательный. Создание и настройка модели преобразователя. Генерация входного сигнала и анализ реакции преобразователя. Генерация и анализ VHDL-описания преобразователя. Регистр с управляющим входом. Различные модификации счетчиков

Тема 5. Работа с периферийными устройствами платы Spartan 3 Starter Kit

Основные этапы разработки устройства ввода-вывода. Описание архитектуры и функциональности основных блоков устройства, обеспечивающего ввод двоичного представления 8-ми разрядного числа и отображение его десятичного представления на 4-х позиционном индикаторе, имеющемся на плате Spartan 3 Starter Kit

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения устных опросов, тестов по лекционному материалу, выполнения практических заданий и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр. Самостоятельная работа студентов состоит в изучении теоретического материала,

выполнении тестов с возможностью работы над ошибками, подготовке к практическим занятиям, выполнении домашней работы по решению задач.

Оценочные материалы текущего контроля размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

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

Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <https://lms.tsu.ru/course/view.php?id=10429>

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

в) План семинарских / практических занятий по дисциплине.

г) Методические указания по проведению лабораторных работ.

д) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

Бруно Ф. Программирование FPGA для начинающих. Создавайте цифровые устройства и электронные схемы с помощью SystemVerilog. – М: ДМК, 2022. – 300 с.

– Пономарев О.Г. ПЛИС-технологии в радиофизике. Уч.-метод. пособие. – Томск: Томский государственный университет, 2009. – 46 с.

– Пономарев О.Г. ПЛИС-технологии в радиофизике. Лабораторный практикум. Уч.-метод. пособие. – Томск: Томский государственный университет, 2011. – 72 с.

– Пономарев О.Г. Разработка и моделирование цифровых устройств средствами MatLab/Simulink. Уч.-метод. пособие. – Томск: Томский государственный университет, 2013. – 52 с.

б) дополнительная литература:

– Суворова Е.А., Шейнин Ю.Е. Проектирование цифровых систем на VHDL. – Санкт-Петербург: «БХВ-Петербург», 2003г. – 565 с.

– Ashenden P. J. The VHDL Cookbook. – Dept. Computer Science University of Adelaide, 1990. – 110 p.

– Perry D. L. VHDL: Programming by Example. – McGraw-Hill, 2002. – 478 p.

в) ресурсы сети Интернет:

– открытые онлайн-курсы

– Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU: <https://www.elibrary.ru/>

– Электронный ресурс American Institute of Physics <https://www.scitation.org/>

– Электронный ресурс American Physical Society <https://journals.aps.org/>

– Электронный ресурс ScienceDirect: <https://www.sciencedirect.com/>

– Электронный ресурс SpringerLink: <https://link.springer.com/>

– Электронный ресурс SPIE Digital Library: <https://www.spiedigitallibrary.org/>

13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

- система автоматизированного проектирования Xilinx ISE (в свободном доступе)
- среда для выполнения научных расчетов MathWorks MatLab R2011a (License No: 700021)
- пакеты расширения MathWorks MatLab: MathWorks Simulink, MathWorks FixedPoint Toolbox, Simulink FixedPoint Blockset, Simulink HDL Coder (License No: 700021).

б) информационные справочные системы:

- Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ – <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>
- Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ – <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>
- ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>
- ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>
- ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>
- ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

14. Материально-техническое обеспечение

Освоение дисциплины обеспечено наличием учебной лаборатории на кафедре радиофизики НИ ТГУ, где имеются маркерная доска, мультимедийный проектор с экраном, 6 компьютерных рабочих мест, оборудованных необходимым программным обеспечением (Xilinx ISE, MathWorks MatLab R2011a с пакетами расширения), 6 плат Digilent Spartan 3 Starter Kit, содержащие перепрограммируемые микросхемы Xilinx Spartan 3S200, 6 плат LogiFind AX309 Xilinx Spartan-6 Development Board, содержащих перепрограммируемые микросхемы Xilinx Spartan 6 LX9, необходимый набор кабелей для подключения плат к компьютеризированным рабочим местам.

15. Информация о разработчиках

Пономарев Олег Геннадьевич, кандидат физико-математических наук, Томский государственный университет, доцент