

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

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДАЮ:
Декан

А. Г. Коротаев

Рабочая программа дисциплины

ПЛИС-технологии *FPGA technologies
по направлению подготовки

03.04.03 Радиофизика, 12.04.03 Фотоника и оптоинформатика

Направленность (профиль) подготовки :
Цифровые технологии фотоники и радиофизики

Форма обучения
Очная

Квалификация
Инженер-исследователь

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 применять современные информационные технологии, использовать компьютерные сети и программные продукты для решения задач профессиональной деятельности.

ПК-2 Способен осуществлять построение математических моделей объектов исследования и выбор готового или разработку нового алгоритма решения задачи

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

РООПК 3.2 Предлагает новые идеи и подходы к решению научно-исследовательских и прикладных задач с использованием информационных систем и технологий.

РОПК-2.1 Формулирует постановку задачи, определяет параметры и функции разрабатываемой системы.

РОПК 2.2 Определяет алгоритм и набор параметров, с учётом которых должно быть проведено моделирование устройства или системы.

РОПК 2.3 Проводит компьютерное моделирование устройства или системы.

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.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Зачет в третьем семестре проводится в письменной форме по билетам. Билет содержит два теоретических вопроса. Продолжительность зачета 1,5 часа.

Вопросы проверяют РООПК 3.2, РОПК 2.1, РОПК 2.2, РОПК 2.1. Ответы на вопросы даются в развернутой форме.

Примерный перечень теоретических вопросов:

1. Основные типы данных языка VHDL.
2. Синтезируемые и не синтезируемые конструкции языка VHDL.
3. Что такое Slice?
4. Как «привязать» порты устройства к выводам FPGA-микросхемы?
5. Что такое DCM?
6. Что такое конкурентное присваивание?
7. Синтаксис объявления сигнала на языке VHDL?
8. Синтаксис объявления компонента на языке VHDL?
9. Синтаксис объявления переменной на языке VHDL?
10. Когда происходит присвоение значений сигналам в теле процесса?
11. Синтаксис описания процесса на языке VHDL?
12. Синтаксис описания Testbench на языке VHDL?
13. Основные этапы генерации и загрузки кода в FPGA-микросхему в среде Xilinx ISE.
14. Структура пакета при передаче данных по интерфейсу UART.
15. Основные этапы создания VHDL-описания цифрового устройства в среде MatLab/Simulink.
16. Блок-схема цифрового фильтра.
17. Числа с фиксированной точкой.
18. Блок-схема кольцевого буфера на 128 8-разрядных ячеек.
19. Блок-схема преобразователя последовательного кода в параллельный.
20. Блок-схема преобразователя параллельного кода в последовательный.
21. Блок-схема регистра, управляемого сигналом Enable.
22. Блок-схема счетчика, управляемого сигналом Enable.
23. Сигналы, используемые для управления цифровым 4-позиционным индикатором платы Spartan 3 S200.
24. Блок-схема устройства для вывода целых положительных чисел на 4-позиционный цифровой индикатор платы Spartan 3 S200.
25. Блок-схема устройства для вывода целых чисел на 4-позиционный цифровой индикатор платы Spartan 3 S200.
26. Блок-схема фильтра скользящего среднего.

Студент, не аттестованный в контрольной точке, не допускается к сдаче экзамена.

Результаты экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «не удовлетворительно».

Компетенция	Индикатор компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Не удовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
ОПК-3 Способен применять современные информационные технологии, использовать компьютерные сети и программные продукты для решения задач профессиональной деятельности.	РООПК 3.2 Предлагает новые идеи и подходы к решению научно-исследовательских и прикладных задач с использованием информационных систем и технологий	Не имеет представления о средствах разработки устройств на базе FPGA	Имеет представление о средствах разработки устройств на базе FPGA, но не может использовать знания для решения задач	Имеет хорошее представление о средствах разработки устройств на базе FPGA, может использовать знания для решения задач	Легко ориентируется в средствах разработки устройств на базе FPGA, уверенно использует знания для решения задач
ПК-2 Способен осуществлять построение математических моделей объектов исследования и выбор готового или разработку нового алгоритма решения задачи.	РОПК -2.1 Формулирует постановку задачи, определяет параметры и функции разрабатываемой системы.	Не имеет представления об архитектуре перепрограммируемых микросхем FPGA-типа	Имеет общее представление об архитектуре перепрограммируемых микросхем FPGA-типа	Допускает отдельные неточности в описании архитектуры перепрограммируемых микросхем FPGA-типа	Имеет полное представление об архитектуре перепрограммируемых микросхем FPGA-типа, может использовать особенности архитектуры перепрограммируемых микросхем FPGA-типа при разработке цифровых устройств обработки сигналов
	РОПК -2.2 Определяет алгоритм и набор параметров, с учётом которых	Не имеет представления о системе моделирования динамических систем	Имеет представление о системе моделирования динамических систем	В целом успешно, но с отдельными пробелами, выполняет создание модели	Уверенно создает модель цифрового устройства, умеет анализировать и

	должно быть проведено моделирование устройства или системы.	MatLab/Simulink	MatLab/Simulink. Испытывает затруднения при создании модели цифрового устройства	цифрового устройства	корректировать сгенерированный по модели HDL-код
	РОПК -2.3 Проводит компьютерное моделирование устройства или системы.	Не имеет представления о средствах, предоставляемых средой автоматизированного проектирования Xilinx, для создания цифровых устройств обработки сигналов на базе ПЛИС типа FPGA	Имеет представление о средствах, предоставляемых средой автоматизированного проектирования Xilinx, для создания цифровых устройств обработки сигналов на базе ПЛИС типа FPGA	В целом успешно, но с отдельными проблемами выполняет основные этапы создания цифровых устройств обработки сигналов на базе ПЛИС типа FPGA	Уверенно выполняет все этапы создания цифровых устройств обработки сигналов на базе ПЛИС типа FPGA, выполняет функциональную симуляцию работы устройства и анализ ее результатов

11. Учебно-методическое обеспечение

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

б) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

– 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