

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»
(Новосибирский государственный университет, НГУ)

**Физический факультет
Кафедра автоматизации физико-технических исследований**



Рабочая программа дисциплины

ЯЗЫКИ ОПИСАНИЯ АППАРАТУРЫ

направление подготовки: **03.04.02 Физика**
направленность (профиль): **Информационные процессы и системы**

Форма обучения

Очная

| Семестр | Общий объем | Виды учебных занятий (в часах) | | | | Промежуточная аттестация (в часах) | | | | |
|--|-------------|--|----------------------|----------------------|--|---|--|-------|--------------------------|---------|
| | | Контактная работа обучающихся с преподавателем | | | Самостоятельная работа, не включая период сессии | Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации | Контактная работа обучающихся с преподавателем | | | |
| | | Лекции | Практические занятия | Лабораторные занятия | | | Консультации | Зачет | Дифференцированный зачет | Экзамен |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1 | 144 | 32 | | 64 | 46 | | | | 2 | |
| Всего 144 часа / 4 зачетные единицы, из них: - контактная работа 98 часов | | | | | | | | | | |
| Компетенции ПК-2 | | | | | | | | | | |

Руководитель программы
д.ф.-м.н.

И. Б. Логашенко

Новосибирск, 2022

Содержание

| | |
|---|---|
| 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы | 3 |
| 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы | 3 |
| 3. Трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу | 4 |
| 4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий | 4 |
| 5. Перечень учебной литературы | 7 |
| 6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся | 7 |
| 7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины. | 7 |
| 8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине. | 7 |
| 9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине. | 7 |
| 10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине | 8 |

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Цель дисциплины – обучение базовым знаниям по организации построения современных вычислительных аппаратных систем на базе программируемой логики FPGA.

Дисциплина нацелена на формирование у обучающегося профессиональной компетенции:

| Результаты освоения образовательной программы (компетенции) | Индикаторы | Результаты обучения по дисциплине |
|---|--|--|
| ПК-2 Способен использовать специализированные знания в области физики при постановке и решении задач в научно-исследовательской деятельности с помощью современной аппаратуры и информационно-телекоммуникационных технологий в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования | ПК -2.1. Проводит научные изыскания в избранной области экспериментальных и/или теоретических физических исследований с помощью современной аппаратуры и информационно-телекоммуникационных технологий в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования. ПК -2.2. Применяет теоретические основы и базовые представления научного исследования в выбранной области фундаментальной и/или экспериментальной физики в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования. | Знать современные вычислительные архитектуры на базе FPGA; особенности архитектуры FPGA и CLPD; Уметь вводить и выводить аналоговый сигнал, а также осуществлять его обработку; Разрабатывать и реализовывать контроллеры внешних интерфейсов. Владеть принципами построения многопроцессорных систем; возможностью оценивать и балансировать производительность и стоимость аппаратных вычислителей. |

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Курс относится к циклу профессиональных дисциплин и реализуется в осеннем семестре 1-го курса для магистрантов, обучающихся по направлению подготовки 03.04.02 «Физика», направленность «Информационные процессы и системы». В результате прохождения курса студенты должны овладеть принципами построения современных вычислительных аппаратных систем на базе программируемой логики FPGA. Для успешного освоения курса необходимо знание английского языка на уровне чтения документации и основ цифровой схемотехники. После изучения курса студенты могут продолжить изучать курсы, посвященные проектированию специализированных программно-аппаратных средств для задач высокопроизводительной обработки данных в темпе поступления, а также разработки автономных устройств обработки данных с батарейным питанием

3. Трудоемкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу

| Семестр | Общий объем | Виды учебных занятий (в часах) | | | | Промежуточная аттестация (в часах) | | | | |
|--|-------------|--|----------------------|----------------------|--|---|--|-------|--------------------------|---------|
| | | Контактная работа обучающихся с преподавателем | | | Самостоятельная работа, не включая период сессии | Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации | Контактная работа обучающихся с преподавателем | | | |
| | | Лекции | Практические занятия | Лабораторные занятия | | | Консультации | Зачет | Дифференцированный зачет | Экзамен |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1 | 144 | 32 | | 64 | 46 | | | | 2 | |
| Всего 144 часа / 4 зачетных единицы, из них: - контактная работа 98 часов | | | | | | | | | | |
| Компетенции ПК-2 | | | | | | | | | | |

Реализация дисциплины предусматривает практическую подготовку при проведении следующих видов занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью: лекции, лабораторные занятия, самостоятельная работа студента, дифференцированный зачет.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

Текущий контроль: опрос студентов в начале каждого занятия, решение задач

Промежуточная аттестация: дифференцированный зачет

Общая трудоемкость рабочей программы дисциплины составляет **144** академических часа / **4** зачетные единицы:

- занятия лекционного типа – 32 часа;
- лабораторные занятия – 64 часа;
- самостоятельная работа обучающегося в течение семестра, не включая период сессии – 46 часов;
- промежуточная аттестация (дифференцированный зачет) – 2 часа.

Объём контактной работы обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа, лабораторные занятия, дифференцированный зачет) составляет 98 часов.

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

Дисциплина «Языки описания аппаратуры» представляет собой полугодовой курс, читаемый на 1 курсе физического факультета НГУ в 1 семестре. Общая трудоемкость рабочей программы дисциплины составляет 4 зачетные единицы / 144 академических часа.

| № п/п | Раздел дисциплины | Неделя семестра | Всего | Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах) | | Промежуточная аттестация (в период сессии) (в часах) |
|-------|-------------------|-----------------|-------|---|-----------------------------|--|
| | | | | Аудиторные часы | мс стр а (не вк | |

| | | | | Лекции (кол-во часов) | Лаб. работы (кол-во часов) | | |
|----|--|-------|------------|-----------------------------|----------------------------------|-----------|----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | Введение в области CLPD и FPGA. | 1 | 10 | 2 | 4 | 4 | |
| 2 | Основные понятия и термины. | 2 | 10 | 2 | 4 | 4 | |
| 3 | Основы внутренней архитектуры FPGA. | 3 | 10 | 2 | 4 | 4 | |
| 4 | Основные средства и языки программирования. | 4-5 | 12 | 4 | 4 | 4 | |
| 5 | Генерация программных файлов. | 6 | 10 | 2 | 4 | 4 | |
| 6 | Методы отладки FPGA. | 7-8 | 16 | 4 | 8 | 4 | |
| 7 | Взаимодействие цифровых устройств с внешним миром. | 9-11 | 22 | 6 | 12 | 4 | |
| 8 | Задание ограничений и условий. | 12 | 10 | 2 | 4 | 4 | |
| 9 | Способы повышения быстродействия. | 13-14 | 22 | 4 | 10 | 8 | |
| 10 | Использование внешней периферии. | 15-16 | 20 | 4 | 10 | 6 | |
| | Дифференцированный зачет | | 2 | | | | 2 |
| | Всего | | 144 | 32 | 64 | 46 | 2 |

Программа и основное содержание лекций (32 часа)

| Наименование темы и их содержание | Объем, час |
|--|---------------|
| Лекция 1. Введение в области CLPD и FPGA. История и виды программируемой логики. Механизм реконfigurирования. Область применения, преимущества и недостатки. | 2 |
| Лекция 2. Основные понятия и термины. Понятие языка описания аппаратуры. Понятие цифрового сигнала. Комбинационная и секвенциальная логика. Понятие RTL-модели. | 2 |
| Лекция 3. Основы внутренней архитектуры FPGA. Архитектура FPGA, примитивы, структура межсоединений. | 2 |
| Лекция 4. Основные средства и языки программирования. Синтаксис языка SystemVerilog. Структурное и поведенческое описания цифровой схемы. | 4 |
| Лекция 5. Генерация программных файлов. Синтез схемы из описания, прошивка ПЛИС, работа с аппаратурой. | 2 |
| Лекция 6. Методы отладки FPGA. Отладка. Симуляция, написание TestBench. Интерфейс JTAG. Внутрисхемная отладка, синтезируемый логический анализатор, Virtual IO. | 4 |
| Лекция 7. Взаимодействие цифровых устройств с внешним миром. Встреча цифровой и аналоговой электроники. Логические уровни, задержки, тактовая частота, метастабильность. | 6 |
| Лекция 8. | 2 |

| | |
|--|-----------|
| Задание ограничений и условий. User Constrains: задание ограничений. | |
| Лекция 9. Способы повышения быстродействия. Конвейеризация и последовательное выполнение. Разработка трёх видов умножителей. | 4 |
| Лекция 10. Использование внешней периферии. Работа с периферией. Разработка контроллера матричной клавиатуры и OLED-дисплея. | 4 |
| Итого: | 32 |

Программа лабораторных занятий (64 часа)

| Содержание практического занятия | Объем, час |
|--|------------|
| Лабораторное занятие 1. Устройство CLB. Механизм реконфигурирования. | 4 |
| Лабораторное занятие 2. Реализация последовательных и параллельных сумматоров. Коды Хэмминга. Схемы ускоренного умножения. | 4 |
| Лабораторное занятие 3. Поведенческие модели на языке VHDL. Модули и компоненты. | 4 |
| Лабораторное занятие 4. Этапы синтеза, имплементации. Создание программного файла. | 4 |
| Лабораторное занятие 5. Реализация умножителя и делителя. | 4 |
| Лабораторное занятие 6. Реализация цифровых линейных и двумерных фильтров. | 4 |
| Лабораторное занятие 7. Интерфейс JTAG. Логические анализаторы уровней. | 4 |
| Лабораторное занятие 8. Особенности реализации контроллеров на языке VHDL. | 8 |
| Лабораторное занятие 9. Звуковые контроллеры. | 4 |
| Лабораторное занятие 10. Базовая архитектура и принципы работы. Архитектура динамической памяти повышенной производительности DDR. | 4 |
| Лабораторное занятие 11. Принципы работа стандарта VGA. Предельные пропускные способности. | 4 |
| Лабораторное занятие 12. Использование встроенных возможностей FPGA. | 4 |
| Лабораторное занятие 13. Работа с матричной клавиатурой. Борьба с «дребезгом». | 8 |
| Лабораторное занятие 14. Матричные процессоры для обработки сигналов и изображений. | 4 |
| Итого: | 64 |

Самостоятельная работа студентов (46 часов)

| | |
|-------------------------|---------------|
| Перечень занятий на СРС | Объем, час |
|-------------------------|---------------|

5. Перечень учебной литературы

1. С. Кун. Матричные процессоры на базе СБИС. Пер. с англ. Ю.Г. Дадаева, под ред. Ю.Г. Дадаева. Москва, «МИР», 1991, - 667 с., ISBN 5030018573 (7 экз.)
1. П.Н. Бибило. Основы языка VHDL. М. : Солон-Р, 2000 .— 200 с, ISBN 593455056X (1 экз.)

6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся

2. С. Кун. Матричные процессоры на базе СБИС. Пер. с англ. Ю.Г. Дадаева, под ред. Ю.Г. Дадаева. Москва, «МИР», 1991, - 667 с., ISBN 5030018573 (7 экз.)

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

Для освоения дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.

7.1 Современные профессиональные базы данных

Не используются.

7.2. Информационные справочные системы

Не используются.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office, среда разработки Microsoft Visual Studio и среда разработки Xilinx ISE Studio (или Vivado)

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется.

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для реализации дисциплины используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, лабораторных занятий и промежуточной аттестации.
2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГУ.

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Текущий контроль

Текущий контроль осуществляется в ходе семестра путем опроса в начале каждой лекции по материалам предыдущей лекции, а также проверки решения задач студентами.

Промежуточная аттестация

Освоение компетенций оценивается согласно шкале оценки уровня сформированности компетенции. Положительная оценка по дисциплине выставляется в том случае, если заявленная компетенция ПК-2 сформирована не ниже порогового уровня в части, относящейся к формированию способности использовать специализированные знания в области использования языков описания аппаратуры в профессиональной деятельности.

Окончательная оценка работы студента в течение семестра происходит на дифференцированном зачете. Дифференцированный зачет проводится в конце семестра в устной форме. Вопросы подбираются таким образом, чтобы проверить уровень сформированности компетенции ПК-2.

Вывод об уровне сформированности компетенций принимается преподавателем. Каждый вопрос билета оценивается от 0 до 5 баллов. Положительная оценка ставится, когда все компетенции освоены не ниже порогового уровня. Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение промежуточной аттестации.

Соответствие индикаторов и результатов освоения дисциплины

Таблица 10.1

| Индикатор | Результат обучения по дисциплине | Оценочные средства |
|--|--|---|
| ПК -2.1. Проводит научные изыскания в избранной области экспериментальных и/или теоретических физических исследований с помощью современной аппаратуры и информационно-телекоммуникационных технологий в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта | Знать современные вычислительные архитектуры на базе FPGA; особенности архитектуры FPGA и CLPD; | Лабораторные занятия, дифференцированный зачет. |

| | | |
|---|--|---|
| исследования. | | |
| ПК -2.2. Применяет теоретические основы и базовые представления научного исследования в выбранной области фундаментальной и/или экспериментальной физики в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования. | Уметь вводить и выводить аналоговый сигнал, а также осуществлять его обработку; Разрабатывать и реализовывать контроллеры внешних интерфейсов. Владеть принципами построения многопроцессорных систем; возможностью оценивать и балансировать производительность и стоимость аппаратных вычислителей. | Лабораторные занятия, дифференцированный зачет. |

10.2 Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Языки описания аппаратуры».

Таблица 10.2

| Критерии оценивания результатов обучения | Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) | Уровень освоения компетенции | | | |
|--|---|---|---|--|---|
| | | Не сформирован (0 баллов) | Пороговый уровень (3 балла) | Базовый уровень (4 балла) | Продвинутый уровень (5 баллов) |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Полнота знаний | ПК 2.1 | Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки. | Демонстрирует общие знания базовых понятий по темам/разделам дисциплины. Допускается значительное количество негрубых ошибок. | Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/несущественных ошибок. Не отвечает на дополнительные вопросы. | Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы. |
| Наличие умений | ПК 2.2 | Отсутствие минимальных умений. Не умеет решать стандартные задачи. Имеют место грубые | Продемонстрированы частично основные умения. Решены типовые задачи. | Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания с негрубыми ошибками или с недочетами. | Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания в полном объеме без недочетов и |

| | | ошибки. | Допущены негрубые ошибки. | | ошибок. |
|-----------------------------------|--------|--|--|--|---|
| Наличие навыков (владение опытом) | ПК 2.2 | Отсутствие владения материалом по темам/разделам дисциплины. Нет навыков в решении стандартных задач. Наличие грубых ошибок. | Имеется минимальный набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами. | Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами. | Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. Продемонстрированы знания по решению нестандартных задач. |

10.3 Типовые контрольные задания и материалы, необходимые для оценки результатов обучения

Вопросы и задачи для изучения и решения

1. Особенности реализации контроллеров последовательных интерфейсов передачи данных на примере RS-232.
2. Особенности реализации видеоконтроллеров VGA. Частоты вертикальной горизонтальной синхронизации, полоса пропускания, пиксельная частота. Видимая и активная области, обратных ход луча. Вывод тестовых изображений и отладочных таблиц.
3. Особенности реализации звуковых контроллеров. Особенность ЦАП и АЦП преобразования, частота дискретизации. Импульсно-кодовая модуляция PCM.
Особенности реализации контроллеров динамической памяти на FPGA. Использование встроенных средств Xilinx.

Вопросы к дифференцированному зачету

1. Виды программируемой логики. Отличие архитектур PLD и FPGA: Устройство CLB. Механизм реконfigurирования.
2. RTL-модели. Что такое «вентиль». Реализация последовательных и параллельных сумматоров. Коды Хэмминга. Схемы ускоренного умножения.
3. Поведенческие модели на языке VHDL. Модули и компоненты.
4. Проект в понятиях ISE. Этапы синтеза, имплементации. Создание программного файла.
5. Примитивы: сумматоры, счетчики, сдвиговые регистры. Реализация умножителя и делителя.
6. Принципы построения вычислительных конвейеров на базе программируемой логики. Реализация цифровых линейных и двумерных фильтров.
7. Интерфейс JTAG. Логические анализаторы уровней.
8. Последовательный порт COM. Контроллер через USB. Особенности реализации контроллеров на языке VHDL.
9. Звуковые контроллеры. Фильтры с откликом. Эффект реверберации. Цифровой ревербератор.
10. Память статическая и динамическая. Базовая архитектура и принципы работы. Запоминающие элементы. Архитектура динамической памяти повышенной производительности DDR.
11. Вывод видеoinформации на монитор. Принципы работа стандарта VGA. Предельные пропускные способности.
12. Возможные приемы для повышения производительности вычислительной системы. Использование встроенных возможностей FPGA.
13. Работа с клавиатурой. Матричный принцип организации клавиатуры. Частота опроса нажатия клавиш. Борьба с «дребезгом». Распознавание «продолжительного нажатия».
14. Обзор существующих параллельных вычислительных систем. СБИС. Матричные процессоры для обработки сигналов и изображений. Принципы разработки СБИС-архитектур.

Пример билета к зачету

1. Виды программируемой логики. Отличие архитектур PLD и FPGA: Устройство CLB. Механизм реконфигурирования.
2. Звуковые контроллеры. Фильтры с откликом. Эффект реверберации. Цифровой ревербератор.

Оценочные материалы по промежуточной аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям СУОС, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

**Лист актуализации рабочей программы
по дисциплине «Языки описания аппаратуры»
по направлению подготовки 03.04.02 Физика
Профиль «Информационные процессы и системы»**

| № | Характеристика внесенных изменений (с указанием пунктов документа) | Дата и № протокола Учёного совета ФФ НГУ | Подпись ответственного |
|---|--|--|------------------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |