

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Цифровая обработка сигналов на ПЛИС

Уровень высшего образования

Магистратура

Направление подготовки / специальность

02.04.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии

Направленность образовательной программы

Теория информации

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.02.02 Цифровая обработка сигналов на ПЛИС относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-1: Способен руководить научными исследованиями и опытно-конструкторскими разработками, в области информатики и информационных технологий (ФИИТ), и формировать их новые направления в области профессиональной деятельности	<p>ПК-1.1: Знает проблематику и методы научных исследований и опытно-конструкторских разработок в области ФИИТ применительно к профессиональной деятельности</p> <p>ПК-1.2: Имеет навыки выполнения научных исследований и опытно-конструкторских разработок в области ФИИТ применительно к профессиональной деятельности</p> <p>ПК-1.3: Имеет навыки руководства исследованиями и опытно-конструкторскими разработками в области ФИИТ применительно к профессиональной деятельности, и формирования их новых направлений</p>	<p>ПК-1.1: Знать проблемы и методы научных исследований, опытно-конструкторских разработок в области информатики и информационных технологий (ФИИТ)</p> <p>Уметь определять наиболее актуальные направления исследований в области профессиональной деятельности</p> <p>Владеть навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации по тематике проводимых исследований</p> <p>ПК-1.2: Знать основные требования к составлению научно-технических отчетов и документации о выполнении научных исследований и опытно-конструкторских разработок в области ФИИТ</p> <p>Уметь самостоятельно составлять научно-технические отчеты и документацию о выполнении</p>	Задачи	Зачёт: Контрольные вопросы

		<p>научных исследований и опытно-конструкторских разработок в области ФИИТ</p> <p>Владеть навыками составления и оформления научно-технической документации, научных отчетов и обзоров, публикаций</p> <p>ПК-1.3: Знать основные способы представления и продвижения результатов в области опытно- конструкторских разработок, формировать их новые направления в области информатики и информационных технологий (ФИИТ)</p> <p>Уметь организовывать и выполнять, научные исследования и опытно-конструкторские разработки в области ФИИТ применительно к профессиональной деятельности</p> <p>Владеть навыками руководства научных исследований и опытно-конструкторских разработок в области ФИИТ применительно к цифровой обработке сигналов</p>		
--	--	---	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	3
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	0

- КСР	1
самостоятельная работа	75
Промежуточная аттестация	0 Зачёт

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
Ф Ф Ф	Ф Ф Ф	Ф Ф Ф	Ф Ф Ф	Ф Ф Ф	
Тема 1. Введение в схемотехнику ПЛИС	2	2		2	
Тема 2. Последовательные логические устройства ПЛИС	6	2		2	4
Тема 3. Арифметические блоки ПЛИС	6	2		2	4
Тема 4. RAM, ROM, DSP блоки в ПЛИС.	6	2		2	4
Тема 5. Фильтры и эффекты конечной разрядной сетки	6	2		2	4
Тема 6. Изменение частоты дискретизации	6	2		2	4
Тема 7. Цифровой синтез сигналов	6	2		2	4
Тема 8. Цифровой приемник	6	2		2	4
Тема 9. Алгоритм CORDIC	6	2		2	4
Тема 10. Введение в VHDL	6	2		2	4
Тема 11. Основы VHDL	6	2		2	4
Тема 12. Среда разработки Xilinx WebPack ISE	6	2		2	4
Тема 13. Практическая реализация цифровых фильтров в ПЛИС	6	2		2	4
Тема 14. Практическая реализация цифровых дециматоров и интерполяторов в ПЛИС	6	2		2	4
Тема 15. Практическая реализация цифровых синтезаторов сигналов в ПЛИС	14	2		2	12
Тема 16. Практическая реализация цифровых приемников в ПЛИС	13	2		2	11
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	108	32	0	33	75

Содержание разделов и тем дисциплины

- Тема 1. Введение в схемотехнику ПЛИС
- Тема 2. Последовательные логические устройства ПЛИС
- Тема 3. Арифметические блоки ПЛИС
- Тема 4. RAM, ROM, DSP блоки в ПЛИС.
- Тема 5. Фильтры и эффекты конечной разрядной сетки
- Тема 6. Изменение частоты дискретизации
- Тема 7. Цифровой синтез сигналов
- Тема 8. Цифровой приемник
- Тема 9. Алгоритм CORDIC
- Тема 10. Введение в VHDL
- Тема 11. Основы VHDL
- Тема 12. Среда разработки Xilinx WebPack ISE
- Тема 13. Практическая реализация цифровых фильтров в ПЛИС
- Тема 14. Практическая реализация цифровых дециматоров и интерполяторов в ПЛИС
- Тема 15. Практическая реализация цифровых синтезаторов сигналов в ПЛИС
- Тема 16. Практическая реализация цифровых приемников в ПЛИС

Практические занятия /лабораторные работы организуются, в том числе, в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий / лабораторных работ в форме практической подготовки отводится: очная форма обучения - 4 ч.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Используются виды самостоятельной работы студента: в читальном зале библиотеки, в учебных кабинетах (лабораториях), компьютерных классах, с доступом к ресурсам Интернет и в домашних условиях. Порядок выполнения самостоятельной работы соответствует программе курса и контролируется в ходе проведения лекционных занятий и в конце курса при проведении экзамена по данной дисциплине. Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим рекомендованные учебники и учебно- методические пособия, а также конспекты лекций.

– во время лекций формулируются проблемы, которые студенты должны решить самостоятельно. На последующих лекциях проводится открытое обсуждение полученных результатов и даётся правильное решение.

– задания для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины выдаются студентам заранее. В случае необходимости проводятся индивидуальные консультации.

Целью освоения дисциплины является:

- теоретическое знакомство с архитектурой современных программируемых логических интегральных схем (ПЛИС).
- получение практических навыков реализации стандартных алгоритмов цифровой обработки сигналов на базе программируемых логических интегральных схем.

- знакомство с программными пакетами для программирования логических интегральных схем.

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-1:

Задача 1. Выполнить расчет изменения разрядности выходного сигнала в сумматоре и умножителе на базе ПЛИС, если на их вход подаются два беззнаковых сигнала одинаковой разрядности равной 8;

Задача 2. Выполнить расчет изменения разрядности выходного сигнала в 8-разрядном нормированном КИХ- фильтре, если на их вход подается беззнаковый сигнал разрядности равной 16;

Задача 3. Выполнить расчет изменения разрядности выходного сигнала дециматоре на 4, если на их вход подается беззнаковый сигнал разрядности равной 12.

Задача 4. Выполнить расчёт точности генерации синусоидального сигнала разрядностью 16 (через ip-ядро) частотой МГц при частоте тактирования ПЛИС в 400 МГц.

Задача 5. В текстовом редакторе написать листинг программы на языке VHDL для формирования простейшего счетчика с предельным значением счета, которое будет параметром.

Задача 6. Нарисовать блок-схему алгоритма cordic.

Задача 7. Нарисовать схематически последовательность создания и компиляции проекта в среде ModelSim.

Задача 8. Нарисовать схематически последовательность создания и компиляции проекта в среде Xilinx WebPack ISE.

Задача 9. Нарисовать схематически последовательность создания проекта в среде iPract.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено			зачтено			
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка	Уровень подготовки
--------	--------------------

зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-1

1) Основные виды логических триггеров. Их отличия и особенности работы.
2) Правила изменения разрядности переменных в сумматорах и умножителях на базе ПЛИС.
3) Структура RAM и ROM блоков на базе ПЛИС.
4) Выбор структуры цифрового фильтра на базе ПЛИС и разрядности коэффициентов
5) Изменение разрядности переменных при децимации и интерполяции сигнала на базе ПЛИС.
6) Особенности структуры СИС-фильтра.
7) Цифровой синтез синусоидального сигнала на ПЛИС.
8) Структура цифрового приемника на базе ПЛИС.
9) Основы алгоритма CORDIC.
10) Основные структуры и операторы языка VHDL.

11) Последовательные и параллельные операторы языка VHDL.
12) Типы данных и атрибуты сигналов в языке VHDL.
13) Основные приемы работы в среде Xilinx WebPack ISE.
14) Основные приемы работы в среде моделирования ModelSim.
15) Основные приемы работы в среде iMPact.
16) Использование IP-ядер и DSP блоков для программирования ПЛИС.
17) Практическая (программная) реализация цифровых фильтров в ПЛИС.
18) Практическая (программная) реализация цифровых дециматоров и интерполяторов в ПЛИС.
19) Практическая (программная) реализация цифровых синтезаторов сигналов
20) Практическая (программная) реализация цифровых приемников (digital down converter) в ПЛИС.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Языки VHDL и VERILOG в проектировании цифровой аппаратуры на ПЛИС / Поляков А.К. - Москва : МЭИ, 2017., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=659626&idb=0>.
2. VHDL / Бабак В.П., Корченко А.Г., Тимошенко Н.П., Филоненко С.Ф. - Москва : ДОДЭКА, .., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=647616&idb=0>.
3. Проектирование встраиваемых систем на ПЛИС / Наваби З.; пер. с англ. Соловьева В.В. - Москва : ДМК-пресс, 2016., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=647679&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Максфилд К. Проектирование на ПЛИС. Архитектура, средства и методы. Курс молодого бойца

: монография / Максфилд К. - Москва : ДМК-пресс, 2023. - 409 с. - ISBN 978-5-89818-432-2.,
<https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=878992&idb=0>.

2. ПЛИС фирмы "Xilinx": описание структуры основных семейств / Кнышев Д.А., Кузелин М.О. -
Москва : ДОДЭКА, ., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=647624&idb=0>.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

http://www.studentlibrary.ru/book/bauman_0260.html

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации, соответствующие программе дисциплины

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

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 02.04.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии.

Автор(ы): Семенов Виталий Юрьевич, кандидат физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Фитасов Евгений Сергеевич, доктор технических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 18.12.2023, протокол № 9/23.