

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**

Аппаратные и программные средства цифровой обработки сигналов

---

Уровень высшего образования  
Магистратура

---

Направление подготовки / специальность  
03.04.03 - Радиофизика

---

Направленность образовательной программы  
Акустика

---

Форма обучения  
очная

---

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.03.02 Аппаратные и программные средства цифровой обработки сигналов 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 анализировать и обрабатывать научную информацию и результаты исследований в области акустики и радиофизики при решении задач своей профессиональной деятельности	ПК-1.1: Применяет принципы сбора и анализа информации, рассматривает и оценивает современные научные достижения, а также генерирует новые идеи при решении исследовательских и практических задач ПК-1.2: Работает с большим объемом данных, систематизирует и анализирует информацию, полученную из различных источников, в том числе с использованием современных информационных и коммуникационных технологий	ПК-1.1: Знать: методы критического анализа и оценки современных научных достижений в области своей профессиональной деятельности Уметь: определять наиболее актуальные направления исследований в области профессиональной деятельности Владеть: навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации по тематике проводимых исследований  ПК-1.2: Знать: современные информационные и коммуникационные технологии сбора и анализа большого объема данных Уметь: систематизировать и анализировать данные большого объема Владеть: навыками работы с большим объемом данных, полученных из различных источников	Собеседование	Зачёт: Задачи

<p>ПК-2: Способен выполнять теоретические и экспериментальные исследования и разработки по отдельным разделам тем научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области акустики и радиофизики и оформлять их результаты</p>	<p>ПК-2.1: Анализирует современное состояние исследований в области акустики и радиофизики, современные подходы к описанию и моделированию различных физических явлений и оценке полученных результатов</p> <p>ПК-2.2: Выбирает и применяет аналитические, аналитико-численные, экспериментальные методы исследования в соответствии с типом поставленной задачи</p> <p>ПК-2.3: Участвует в планировании, подготовке и проведении НИР</p> <p>ПК-2.4: Анализирует полученные данные, формулирует выводы и рекомендации по отдельным разделам тем в области акустики и радиофизики</p>	<p>ПК-2.1:</p> <p>Знать: современное состояние исследований, современные подходы к описанию различных явлений в области своей профессиональной деятельности</p> <p>Уметь: анализировать современное состояние исследований в области физики и радиофизики</p> <p>Владеть: навыками моделирования различных явлений в области физики и радиофизики</p> <p>ПК-2.2:</p> <p>Знать: современные подходы к моделированию различных явлений</p> <p>Уметь: выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования</p> <p>Владеть: навыками проведения моделирования или эксперимента для решения конкретной научно-исследовательской задачи</p> <p>ПК-2.3:</p> <p>Знать: основные принципы организации научного исследования</p> <p>Уметь: анализировать процесс выполнения научного исследования и, в случае необходимости, корректировать план исследования на определенных этапах</p> <p>Владеть: навыками планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов</p> <p>ПК-2.4:</p> <p>Знать: современные подходы</p>	<p>Собеседование</p>	<p>Зачёт: Задачи</p>
--	--	---	----------------------	--------------------------

		<p>к оценке полученных результатов в области своей профессиональной деятельности</p> <p>Уметь: анализировать полученные данные, формулировать выводы и рекомендации по отдельным разделам тем в области физики и радиофизики</p> <p>Владеть: навыками оценки полученных результатов и формулировки выводов для выполненной научно-исследовательской задачи</p>		
<p>ПК-3: Способен разрабатывать и подготавливать составные части документации, проектов планов и программ проведения отдельных этапов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок</p>	<p>ПК-3.1: Использует знание нормативных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР, применяет заданные требования и правила при оформлении рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях</p> <p>ПК-3.2: Представляет результаты НИР академическому и бизнес-сообществу</p> <p>ПК-3.3: Участвует в составлении и подаче конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности Радиофизика</p>	<p>ПК-3.1:</p> <p>Знать: основные требования к составлению научно-технических отчетов и документации</p> <p>Уметь: применять заданные требования и правила к оформлению рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях</p> <p>Владеть: навыками составления и оформления научно-технической документации, научных отчетов и обзоров, публикаций</p> <p>ПК-3.2:</p> <p>Знать: основные способы представления и продвижения результатов НИР</p> <p>Уметь: структурировать презентационный материал, выделять основные результаты деятельности для их представления и расставлять акценты</p> <p>Владеть: навыками представления результатов НИР перед научным и академическим сообществом</p> <p>ПК-3.3:</p> <p>Знать: основные этапы подготовки НИР и составления проекта НИР</p> <p>Уметь: анализировать</p>	Собеседование	<p>Зачёт:</p> <p>Задачи</p>

		проектную документацию на выполнение НИР Владеть: навыками составления части проектной документации для проведения НИР		
--	--	---	--	--

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	<b>очная</b>
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>2</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>72</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	<b>32</b>
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	<b>0</b>
- КСР	<b>1</b>
<b>самостоятельная работа</b>	<b>39</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>0</b> <b>Зачёт</b>

#### 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	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
Тема 1 Введение в схемотехнику ПЛИС	2	2	0	2	0
Тема 2 Последовательные логические устройства ПЛИС	4	2	0	2	2
Тема 3 Арифметические блоки ПЛИС	4	2	0	2	2
Тема 4 RAM, ROM, DSP блоки в ПЛИС	4	2	0	2	2
Тема 5 Фильтры и эффекты конечной разрядной сетки	4	2	0	2	2
Тема 6 Изменение частоты дискретизации	4	2	0	2	2
Тема 7 Цифровой синтез сигналов	4	2	0	2	2
Тема 8 Цифровой приемник	4	2	0	2	2
Тема 9 Алгоритм CORDIC	4	2	0	2	2

Тема 10 Введение в VHDL	4	2	0	2	2
Тема 11 Основы VHDL	4	2	0	2	2
Тема 12 Среда разработки Xilinx WebPack ISE	4	2	0	2	2
Тема 13 Практическая реализация цифровых фильтров в ПЛИС	6	2	0	2	4
Тема 14 Практическая реализация цифровых дециматоров и интерполяторов в ПЛИС	6	2	0	2	4
Тема 15 Практическая реализация цифровых синтезаторов сигналов в ПЛИС	6	2	0	2	4
Тема 16 Практическая реализация цифровых приемников в ПЛИС	7	2	0	2	5
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	72	32	0	33	39

### 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.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:  
 Электронные курсы, созданные в системе электронного обучения ННГУ:

Алгоритмизация и программирование процессов обработки сигналов на ПЛИС, [www.xxx](http://www.xxx).

Открытые онлайн-курсы MOOC:

Наименование, [www.xxx](http://www.xxx).

Иные учебно-методические материалы:

Семенов В.Ю., Артемьев В.В. Использование программируемой логической интегральной схемой семейства Spartan-3AN в радиотехнике // Практикум (печатное). – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2021. – 44 с.

Семенов В.Ю., Артемьев В.В., Пальгуев Д.А. Применение отладочной платы Spartan-3AN FPGA starter kit board при проектировании радиотехнических систем // Практикум (печатное). – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2021. – 44 с.

## **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 - Собеседование) 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 CIC-фильтра.

#### **5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-2:**

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 среде моделирования ModelSim.
15. Основные приемы работы среде iMpract.

### 5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-3:

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 - Собеседование)

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)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				



компет							
<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 отдельными 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 некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми 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	<b>превосходно</b>	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
	<b>отлично</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	<b>очень хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	<b>хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	<b>удовлетворитель</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена

	<b>но</b>	дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
<b>не зачтено</b>	<b>неудовлетворительно</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	<b>плохо</b>	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 - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-1**

Задача 1.

Нарисовать функциональную схему основных видов логических триггеров

Задача 2.

Нарисовать структуру простейшего RAM блока на базе ПЛИС

Задача 3.

Нарисовать структуру простейшего ROM блока на базе ПЛИС

Задача 4.

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 5.

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

Задача 6.

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

### **5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-2**

Задача 1.

Выполнить расчёт точности генерации синусоидального сигнала разрядностью 16 (через ip-ядро) частотой 10 МГц при частоте тактирования ПЛИС в 400 МГц.

Задача 2.

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

Задача 3.

Нарисовать блок-схему алгоритма cordic.

Задача 4.

Нарисовать схематически последовательность создания и компиляции проекта в среде ModelSim.

Задача 5.

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

Задача 6.

Нарисовать схематически последовательность создания проекта в среде iMpast.

### **5.3.3 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-3**

Оформить отчет по итогам выполнения зачетного задания.

### **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»

## 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, 2012., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=646447&idb=0>.
2. Проектирование на ПЛИС. Курс молодого бойца / Максфилд К. - Москва : ДМК-пресс, 2015., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=664699&idb=0>.
3. VHDL: Справочное пособие по основам языка / Бабак В.П., Корченко А.Г., Тимошенко Н.П., Филоненко С.Ф. - Москва : ДМК-пресс, ., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=664598&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](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: Отладочная плата для ПЛИС Spartan3

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 ФГОС ВО по направлению подготовки/специальности 03.04.03 - Радиофизика.

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

Рецензент(ы): Мищенко Михаил Андреевич, кандидат физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Фитасов Евгений Сергеевич, доктор технических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 18.12.2023, протокол № 09/23.