

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 / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО  
решением ученого совета ННГУ  
протокол от  
«31» мая 2023 г. № 6

**Рабочая программа дисциплины**  
**Цифровая обработка сигналов на ПЛИС**  
\_\_\_\_\_  
(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования  
магистратура  
\_\_\_\_\_  
(бакалавриат / магистратура / специалитет)  
Направление подготовки / специальность  
02.04.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии»  
\_\_\_\_\_  
(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы  
Информационная безопасность и защита информации  
\_\_\_\_\_  
(указывается профиль / магистерская программа / специализация)  
Форма обучения  
очная  
\_\_\_\_\_  
(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород

2023 год

### 1. Место и цели дисциплины (модуля) в структуре ООП

Данная дисциплина относится к вариативной части ООП и обязательна для освоения в 10 семестре 5 года обучения (электив).

#### Целями освоения дисциплины являются:

- 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.

### 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции (код компетенции, уровень освоения – при наличии в карте компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций
ПК-1.  Способность руководить научными исследованиями и опытно-конструкторскими разработками, в области информатики и информационных технологий (ФИИТ), и формировать их новые направления в области профессиональной деятельности.  Этап освоения <u>завершающий</u>	ПК-1.1. Знает проблематику и методы научных исследований и опытно-конструкторских разработок в области ФИИТ применительно к обработке сигналов с помощью ПЛИС.  ПК-1.2. Имеет навыки выполнения научных исследований и опытно-конструкторских разработок в области ФИИТ применительно к обработке сигналов с помощью ПЛИС.

### 3. Структура и содержание дисциплины (модуля) «Аппаратные и программные средства цифровой обработки сигналов»

Объем дисциплины (модуля) составляет 3 зачетных единицы, всего 108 часов, из которых 36 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (32 часа занятия лекционного типа, 0 часов занятия семинарского типа (семинары, научно-практические занятия, лабораторные работы и т.п.), в том числе 2 часа - мероприятия текущего контроля успеваемости, 2 часа - мероприятия промежуточной аттестации), 76 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

#### Содержание дисциплины (модуля)

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),  форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)			В том числе														
				Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них												Самостоятельная работа обучающегося, часы		
	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная
Тема 1 Введение в схемотехнику ПЛИС	2			2								2			0			
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											4			
Тема 7 Цифровой синтез сигналов	6			2											4			
Тема 8 Цифровой приемник	6			2											4			
Тема 9 Алгоритм CORDIC	6			2											4			
Тема 10 Введение в VHDL	6			2											4			
Тема 11 Основы VHDL	6			2											4			
Тема 12 Среда разработки Xilinx WebPack ISE	6			2											4			
Тема 13 Практическая реализация цифровых фильтров в ПЛИС	6			2											4			
Тема 14 Практическая реализация цифровых дециматоров и интерполяторов в ПЛИС	6			2											4			
Тема 15 Практическая реализация цифровых	12			4								4			8			

синтезаторов сигналов в ПЛИС																	
Тема 16 Практическая реализация цифровых приемников в ПЛИС	12			4								4			8		
Промежуточная аттестация - <b>Зачёт</b>																	

Текущий контроль успеваемости проходит в рамках занятий лекционного типа.

#### 4. Образовательные технологии

В соответствии с рабочей программой и тематическим планом изучение дисциплины проходит в виде аудиторной и самостоятельной работы студентов. Учебный процесс в аудитории осуществляется в форме лекционных занятий.

**Образовательные технологии, способствующие формированию компетенций используемые на занятиях лекционного типа:**

- лекции с проблемным изложением учебного материала, мультимедийный проектор.

#### 5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

5.1 Вопросы, которые должны быть проработаны в ходе самостоятельной работы

1. Особенности цифрового синтеза различных сигналов в ПЛИС на практике.
2. Полифазная цифровая фильтрация сигналов в ПЛИС.
3. Особенности децимации сигналов в ПЛИС без использования умножителей.

Самостоятельная работа проводится обучающимися с помощью основной и дополнительной учебной литературы и контролируется на зачете.

**6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:**

**6.1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, навыков), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования**

ПК-1: Способность руководить научными исследованиями и опытно-конструкторскими разработками, в области информатики и информационных технологий (ФИИТ), и формировать их новые направления в области профессиональной деятельности

Индикаторы компетенции	ОЦЕНКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ						
	«плохо»	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«очень хорошо»	«отлично»	«превосходно»
<u>Знания</u> Знать методологию проектирования специальных радиотехнических	Отсутствие знаний материала	Наличие грубых ошибок в основном материале	Знание основного материала с рядом негрубых ошибок	Знание основного материала с рядом заметных погрешностей	Знание основного материала с незначительными погрешностями	Знание основного материала без ошибок и погрешностей	Знание основного и дополнительного материала без ошибок и погрешностей

систем							
<u>Умения</u> Уметь выбирать рациональные решения на всех этапах проектного процесса специальных радиотехнических систем от технического задания до производства изделий	Отсутствует способность решения стандартных задач	Наличие грубых ошибок при решении стандартных задач	Способность решения основных стандартных задач с существенными ошибками	Способность решения всех стандартных задач с незначительными погрешностями	Способность решения всех стандартных задач без ошибок и погрешностей	Способность решения стандартных и некоторых нестандартных задач	Способность решения стандартных задач и широкого круга нестандартных задач
<u>Навыки</u> Владеть методами расчета характеристик специальных радиотехнических систем	Полное отсутствие навыка	Отсутствие навыка	Владение навыком в минимальном объеме	Посредственное владение навыком	Достаточное владение навыком	Хорошее владение навыком	Всестороннее владение навыком
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	0 – 20 %	20 – 50 %	50 – 70 %	70-80 %	80 – 90 %	90 – 99 %	100%

## 6.2 Описание шкал оценивания

Итоговый контроль качества усвоения студентами содержания дисциплины проводится в виде зачета, на котором определяется:

- уровень усвоения студентами основного учебного материала по дисциплине;
- уровень понимания студентами изученного материала;
- способности студентов использовать полученные знания для решения конкретных задач.

Зачет проводится в устной форме и заключается в ответе студентом на теоретические вопросы курса (с предварительной подготовкой) и последующем собеседовании в рамках тематики курса. Собеседование проводится в форме вопросов, на которые студент должен дать краткий ответ. Практическая часть зачета предусматривает решение задачи.

Превосходно	Высокий уровень подготовки, безупречное владение теоретическим материалом, студент демонстрирует творческий подход к решению нестандартных ситуаций. Студент дал полный и развернутый ответ на все теоретические вопросы билета, подтверждая теоретический материал
-------------	---

	<p>практическими примерами. Студент активно работал на практических занятиях.</p> <p>100 %-ное выполнение контрольных экзаменационных заданий</p>
Отлично	<p>Высокий уровень подготовки с незначительными ошибками. Студент дал полный и развернутый ответ на все теоретические вопросы билета, подтверждает теоретический материал практическими примерами. Студент активно работал на практических занятиях.</p> <p>Выполнение контрольных экзаменационных заданий на 90% и выше</p>
Очень хорошо	<p>Хорошая подготовка. Студент дает ответ на все теоретические вопросы билета при наличии неточностей.</p> <p>Студент активно работал на практических занятиях.</p> <p>Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 80 до 90%.</p>
Хорошо	<p>В целом хорошая подготовка с заметными ошибками или недочетами. Студент дает полный ответ на все теоретические вопросы билета при наличии неточностей. Допускаются ошибки при ответах на дополнительные и уточняющие вопросы экзаменатора. Студент работал на практических занятиях.</p> <p>Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 70 до 80%.</p>
Удовлетворительно	<p>Минимально достаточный уровень подготовки. Студент показывает минимальный уровень теоретических знаний, делает существенные ошибки, но при ответах на наводящие вопросы, может правильно сориентироваться и в общих чертах дать правильный ответ. Студент посещал практические занятия.</p> <p>Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 50 до 70%.</p>
Неудовлетворительно	<p>Подготовка недостаточная и требует дополнительного изучения материала. Студент дает ошибочные ответы, как на теоретические вопросы билета, так и на наводящие и дополнительные вопросы экзаменатора.</p> <p>Выполнение контрольных экзаменационных заданий до 50%.</p>
Плохо	<p>Подготовка абсолютно недостаточная. Студент не отвечает на поставленные вопросы.</p> <p>Выполнение контрольных экзаменационных заданий менее 20 %.</p>

### **6.3. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), характеризующих этапы формирования компетенций.**

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:

- устные и письменные ответы на вопросы.

Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются следующие процедуры и технологии:

- практические контрольные задания.

### **6.4. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля 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.
- 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.
- 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.

#### **Типовые задачи для оценивания сформированности умений и навыков по компетенциям 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 10 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 iMpract.

#### **6.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания.**

Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утверждённое приказом ректора ННГУ от 13.02.2014 г. №55-ОД,  
Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

#### **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

а) основная литература:

- А.К. Поляков. Языки VHDL и Verilog в проектировании цифровой аппаратуры. -М.: Издательский дом “Солон-Пресс”, 2009.
- П.Н. Библо. Основы языка VHDL. -М.: Издательский дом “Солон- Пресс ”, 2007.
- Проектирование встраиваемых систем на ПЛИС . Наваби З.; пер. с англ. Соловьева В.В. - М. : ДМК Пресс, 2016.

б) дополнительная литература:

- К. Максфилд. Проектирование на ПЛИС. Архитектура, средства, методы. -М.: Издательский дом “ ДМК-пресс ”, 2015.
- Кнышев Д.А., Кузелин М.О. ПЛИС фирмы "Xilinx": описание структуры основных семейств.
- М. : ДМК Пресс, 2016.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

[http://www.studentlibrary.ru/book/bauman\\_0260.html](http://www.studentlibrary.ru/book/bauman_0260.html)

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

- мультимедийный проектор
- компьютерная аудитория

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО/ВО с учетом рекомендаций и ОПОП ВПО по направлению «Фундаментальная информатика и информационные технологии», специальности (специализации) «Теория информации».

Автор (ы) Семенов В.Ю.

Заведующий кафедрой

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета от «25» мая 2023 года, протокол № 04/23.