

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 Ученого совета ННГУ

протокол № 8 от 24.09.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Алгоритмизация и программирование процессов обработки сигналов на
ПЛИС

Уровень высшего образования
Специалитет

Направление подготовки / специальность
11.05.02 - Специальные радиотехнические системы

Направленность образовательной программы
Радиотехнические системы и комплексы сбора и обработки информации

Форма обучения
очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.39 Алгоритмизация и программирование процессов обработки сигналов на ПЛИС относится к обязательной части 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
ОПК-2: Способен использовать языки и системы программирования, программные средства общего назначения, инструментальные средства компьютерного моделирования для решения различных исследовательских и профессиональных задач	ОПК-2.1: Разбирается в основных понятиях информатики, основах программирования ОПК-2.2: Понимает технологию работы на компьютере в современных операционных средах, основные методы разработки алгоритмов и программ ОПК-2.3: Использует методы и средства компьютерной графики ОПК-2.4: Применяет технологию работы на компьютере и методы разработки алгоритмов и программ для проектирования радиоэлектронных средств ОПК-2.5: Применяет действующие стандарты, положения по оформлению технической документации при помощи средств ПЭВМ	ОПК-2.1: Знать как применить теоретические и практические знания в области фундаментальной информатики и информационных технологий для аппаратной реализации алгоритма обработки сигнала. Уметь применить теоретические и практические знания в области фундаментальной информатики и информационных технологий для программной реализации алгоритма обработки сигнала. Владеть теоретическими и практическими знаниями в области фундаментальной информатики и информационных технологий для программной реализации алгоритма обработки сигнала. ОПК-2.2: - ОПК-2.3: - ОПК-2.4:	Собеседование	Экзамен: Контрольные вопросы

		- ОПК-2.5: -		
ОПК-4: Способен учитывать современные тенденции развития компьютерных, информационных и телекоммуникационных технологий в своей профессиональной деятельности	ОПК-4.1: Анализирует информационные технологии и информационно-вычислительные системы ОПК-4.2: Применяет информационные технологии и информационно-вычислительные системы для решения научно-исследовательских и проектных задач радиоэлектроники	ОПК-4.1: Знать углубленные теоретические и практические знания в области информационных технологий и прикладной математики, профессиональных стандартов в области информационных технологий для работы с современными программными пакетами систем автоматического проектирования. Уметь использовать углубленные теоретические и практические знания в области информационных технологий и прикладной математики, профессиональных стандартов в области информационных технологий для работы с современными программными пакетами систем автоматического проектирования. Владеть углубленными теоретическими и практическими знаниями в области информационных технологий и прикладной математики для использования современных аппаратных платформ цифровой обработки сигналов. ОПК-4.2: -	Задания	Экзамен: Контрольные вопросы

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	4

Часов по учебному плану	144
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	2
самостоятельная работа	42
Промежуточная аттестация	36 Экзамен

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	4	2	0	2	2
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	12	2	8	10	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	12	2	8	10	2
Тема 12 Среда разработки Xilinx WebPack ISE	14	2	8	10	4
Тема 13 Практическая реализация цифровых фильтров в ПЛИС	14	2	8	10	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	6	2	0	2	4
Аттестация	36				
КСР	2			2	
Итого	144	32	32	66	42

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.

Открытые онлайн-курсы MOOC:

Наименование, 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 ОПК-2:

- 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 среде моделирования ModelSim.
- 15) Основные приемы работы среде iMраст.
- 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
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 практическими примерами. Студент активно работал на практических занятиях. 100 %-ное выполнение контрольных экзаменационных заданий
отлично	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. Выполнение контрольных экзаменационных заданий на 90% и выше
очень хорошо	Хорошая подготовка. Студент дает ответ на все теоретические вопросы билета при наличии неточностей. Студент активно работал на практических занятиях. Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 80 до 90%.
хорошо	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

Оценка	Критерии оценивания
	занятиях. Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 70 до 80%.
удовлетворительно	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. Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 50 до 70%.
неудовлетворительно	Подготовка недостаточная и требует дополнительного изучения материала. Студент дает ошибочные ответы, как на теоретические вопросы билета, так и на наводящие и дополнительные вопросы экзаменатора. Выполнение контрольных экзаменационных заданий до 50%.
плохо	Подготовка абсолютно недостаточная. Студент не отвечает на поставленные вопросы.

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ОПК-4:

1. Добавление IP ядра ПЗУ памяти

2. Формирование периодического импульсного сигнала на ПЛИС

3. Генерирование сигнала произвольной формы на ПЛИС

4. Светодиодный диммер

5. Плавное изменение яркости светодиода

6. Генерирование псевдослучайной последовательности

Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Практическое задание выполнено правильно
не зачтено	Практическое задание выполнено не правильно

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 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	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 ОПК-2

- 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.

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-4

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 iMраст.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
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 практическими примерами. Студент активно работал на практических занятиях. 100 %-ное выполнение контрольных экзаменационных заданий
отлично	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. Выполнение контрольных

Оценка	Критерии оценивания
	экзаменационных заданий на 90% и выше
очень хорошо	Хорошая подготовка. Студент дает ответ на все теоретические вопросы билета при наличии неточностей. Студент активно работал на практических занятиях. Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 80 до 90%.
хорошо	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. Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 70 до 80%.
удовлетворительно	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. Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 50 до 70%.
неудовлетворительно	Подготовка недостаточная и требует дополнительного изучения материала. Студент дает ошибочные ответы, как на теоретические вопросы билета, так и на наводящие и дополнительные вопросы экзаменатора. Выполнение контрольных экзаменационных заданий до 50%.
плохо	Подготовка абсолютно недостаточная. Студент не отвечает на поставленные вопросы. Выполнение контрольных экзаменационных заданий менее 20 %.

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>.

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>.

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: 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 11.05.02 - Специальные радиотехнические системы.

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 16.01.2024 г., протокол № №1.