



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**Б1.В.01.13 Основы проектирования систем на сигнальных процессорах и ПЛИС**

*(Шифр и полное название дисциплины в соответствии с учебным планом)*

**Направление подготовки:** 11.03.01 Радиотехника

**Направленность (профиль):** Электронные цифровые устройства и системы

**Квалификация (степень):** бакалавр

**Форма обучения:** очно-заочная

**Институт:** математики, естествознания и техники

**Кафедра:** физики, радиотехники и электроники

	очная форма	очно-заочная форма	заочная форма
Курс	-	4	-
Семестр/триместр	-	А, В, С	-

Лекции	-	20	-
Лабораторные занятия	-	20	-
Практические (семинарские) занятия	-	-	-
Консультации	-	-	-
Форма(ы) промежуточной аттестации	-	Зачет Экзамен-0,3	-
Контроль	-	9	-
Иные формы работы	-	6	-
Самостоятельная работа	-	274,7	-

**Всего часов:** 324

**Трудоемкость:** 9 зачетных единиц.

Разработчик рабочей программы: ст. преподаватель \_\_\_\_\_ Арнаутов Е.А.

## I. ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

**Цель изучения дисциплины:** освоение принципов работы и основ проектирования устройств на основе современных цифровых сигнальных процессоров (ЦСП) и программируемых логических интегральных схем (ПЛИС).

**Задачи изучения дисциплины:**

- освоить теорию и практику проектирования устройств цифровой радиосвязи на основе современных программируемых интегральных схем и цифровых сигнальных процессоров;
- изучить теоретические аспекты автоматизированного проектирования, освоить проектирование цифровых устройств на базе ПЛИС;
- освоить язык описания дискретных устройств VHDL.
- изучить архитектуру цифровых сигнальных микропроцессоров и процессоров цифровой обработки сигналов, освоить проектирование цифровых устройств на базе процессоров цифровой обработки сигналов.

**Место дисциплины в структуре ОПОП**

Дисциплина «Б1.В.01.13 Основы проектирования систем на сигнальных процессорах и ПЛИС» реализуется в рамках Модуля 5 " Электронные цифровые устройства и системы " части ОПОП, формируемой участниками образовательных отношений.

**Планируемые результаты обучения по дисциплине**

Код компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<b>УК-9</b> Способен принимать обоснованные экономические решения в различных областях жизнедеятельности	<b>Знать:</b> – понятийный аппарат экономической науки и базовые принципы функционирования экономики; – цели и механизмы основных видов социальной экономической политики.;	<b>Знает:</b> - необходимые для осуществления профессиональной деятельности правовые нормы; - методы планирования собственной деятельности с учетом ограниченности ресурсов .
	<b>Уметь:</b> – использовать методы экономического и финансового планирования для достижения поставленной цели; – использовать финансовые инструменты для управления личными финансами (личным бюджетом).	<b>Умеет:</b> - определять и ранжировать задачи избранных видов деятельности; - проводить анализ и распределение имеющихся ресурсов в рамках допустимых законодательством средств и методов.
	<b>Владеть:</b> – навыками применения экономических инструментов для управления финансами, с учетом экономических и финансовых рисков в различных областях жизнедеятельности	<b>Владет:</b> - методами планирования и управления процессом решения задач профессиональной деятельности; - способами применения нормативной базы для решения конкретных задач профессиональной деятельности.
<b>ПКС-1</b> Способен	<b>Знать:</b> - правила технической эксплуатации	<b>Знает:</b> - элементную базу современных

производить расчеты, необходимые для проектирования и эксплуатации оборудования систем связи и линий связи	систем связи и линий связи; - основные этапы проектирования систем связи и линий связи	цифровых радиотехнических систем передачи информации; - цифровую схемотехнику, применяемую в радиотехнических устройствах; - принципы построения и применения в радиотехнических устройствах цифровых сигнальных процессоров и ПЛИС; - принципы построения микропроцессоров, микроконтроллеров и ПЛИС, особенности реализации устройств управления на их основе.
	<b>Уметь:</b> - производить расчет систем связи и линий связи	<b>Умеет:</b> - подбирать необходимое оборудование для проведения измерений, настроек и калибровки различных видов цифровой техники; - производить необходимые измерения и настройки РЭА; - осуществлять монтаж, сборку и наладку радиотехнических комплексов и устройств. - проектировать простые устройства на ЦСП и ПЛИС.
	<b>Владеть:</b> - специализированными методиками расчета, навыками чтения и формирования технического задания, средствами автоматизированного проектирования	<b>Владеет:</b> - навыками работы с измерительным оборудованием; - навыками работы с виртуальными приборами, программным обеспечением для них; - навыками программирования микроконтроллеров, реализации с их применением устройств управления РЭА.
<b>ПКС-2</b> Способен применять методы искусственного интеллекта и машинного обучения в задачах обработки сигналов, анализа результатов и управления параметрами	<b>Знать:</b> - разделы математического анализа, линейной алгебры, теории вероятностей и математической статистики, необходимые для работы со средствами машинного обучения и искусственного интеллекта	<b>Знает:</b> - методы диагностики и тестового контроля радиоэлектронных устройств и систем, сетей передачи данных, методами анализа их характеристик; - особенности практического использования и конфигурирования программируемых цифровых устройств, язык описания цифровых устройств VHDL
	<b>Уметь:</b> - применять методы искусственного интеллекта и машинного обучения в алгоритмах обработки сигналов;	<b>Умеет:</b> - проводить проектные расчеты и технико-экономическое

систем связи	<ul style="list-style-type: none"> <li>- применять методы искусственного интеллекта и машинного обучения для вероятностного анализа средств и систем связи;</li> <li>- применять методы искусственного интеллекта и машинного обучения в задачах маршрутизации трафика и управления сетью.</li> </ul>	<p>обоснование принимаемых решений.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- разрабатывать модели объектов и процессов с целью анализа и оптимизации их параметров с использованием имеющихся средств исследований, включая стандартные пакеты прикладных программ.</li> </ul>
	<p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками работы с необходимым программным обеспечением для применения методов искусственного интеллекта и машинного обучения в задачах обработки сигналов, анализа результатов и управления параметров систем связи</li> </ul>	<p><b>Владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методами анализа и синтеза цифровых устройств на базе сигнальных микропроцессоров и микросхем программируемой логики;</li> <li>способами учета структурных, топологических и временных ограничений при реализации заданного цифрового устройства;</li> <li>методами моделирования работы синтезированных цифровых устройств с помощью симулятора временных диаграмм.</li> </ul>

## II. СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу

**Очная форма обучения не реализуется**

### Очно-заочная форма обучения

№ п/п	Наименование разделов и тем	Всего	Аудиторные занятия			Сам. раб.
			ЛК	ПЗ	ЛБ	
<b>А триместр</b>						
	<b>Раздел I. Архитектура основных типов ПЛИС</b>	<b>41</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>36</b>
1	Тема 1. Введение в программируемую логику	6,5	0,5			6
2	Тема 2. Классификация микросхем программируемой логики	6,5	0,5			6
3	Тема 3. Простые программируемые логические устройства (SPLD)	9,5	0,5	1		8
4	Тема 4. Сложные программируемые логические устройства (CPLD)	9,5	0,5	1		8

5	Тема 5. Программируемые пользователем вентиляционные матрицы (FPGA)	9	1			8
	<b>Раздел II. Проектирование цифровых устройств на базе ПЛИС</b>	<b>31</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>24</b>
6	Тема 6. Средства автоматизированного проектирования цифровых устройств на ПЛИС	10	1	1		8
7	Тема 7. Программирование и конфигурирование ПЛИС.	10	1	1		8
8	Тема 8. Отладка проекта.	11	1	2		8
	Контроль:					
	Консультации					
	Форма отчетности:					
	<b>Итого за А триместр</b>	<b>72</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>60</b>
<b>В триместр</b>						
	<b>Раздел III. Проектирование встраиваемых микропроцессорных систем на основе ПЛИС</b>	<b>108</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>96</b>
9	Тема 9. Архитектура встраиваемых микропроцессорных систем на ПЛИС	56	4	4		48
10	Тема 10. Программная поддержка процесса проектирования встраиваемых микропроцессорных систем	52	2	2		48
	Контроль:					
	Консультации					
	Форма отчетности: зачет					
	<b>Итого за В триместр</b>	<b>108</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>96</b>
	в т.ч. практическая подготовка					
<b>С триместр</b>						
	<b>Раздел V. Процессоры для цифровой обработки сигналов. Преобразование сигналов</b>	<b>22,5</b>	<b>3,5</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>38,7</b>
11	Тема 11. Область применения сигнальных микропроцессоров	8,5	0,5			8
12	Тема 12. Цифро-аналоговое преобразование сигналов	0,5	1	1		8,7
13	Тема 13. Аналого-	0,5	1	1		10

	цифровое преобразование сигналов					
14	Тема 14. Аудио-Кодеки	13	1			12
	<b>Раздел VI. Архитектура цифровых сигнальных микропроцессоров</b>	<b>99,5</b>	<b>4,5</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>80</b>
15	Тема 15. Классификация и характеристики сигнальных микропроцессоров	12,5	0,5		0	12
16	Тема 16. Базовая архитектура сигнальных микропроцессоров	8,5	0,5			8
17	Тема 17. Архитектура цифровых сигнальных контроллеров dsPIC	10,5	0,5			10
18	Тема 18. Система команд dsPIC	12,5	0,5			12
19	Тема 19. Программные и аппаратные средства отладки проектов для dsPIC	16,5	0,5	2		14
20	Тема 20. Создание проектов для dsPIC	15	1	2		12
21	Тема 21. Программирование сигнальных микропроцессоров и их применение в ЦОС	15	1	2		12
	Контроль:	9				
	Консультации					
	Форма отчетности: экзамен	0,3				
	<b>Итого за С триместр</b>	<b>145</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>118,7</b>
	в т.ч. практическая подготовка					
	<b>ИТОГО:</b>	<b>324</b>	<b>20</b>	<b>20</b>		<b>274,7</b>

**Заочная форма обучения не реализуется**

### **III. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Текущая аттестация проводится в форме выполнения контрольных заданий.

#### **Типовой вариант контрольного задания**

1. Синтез генератора сигналов на ПЛИС
2. Ввод – вывод данных в сигнальных микропроцессорах

3. Реализация алгоритмов БПФ на базе ЦСП.
4. Реализация алгоритмов цифровой фильтрации на базе ЦСП.

Промежуточная аттестация обучающихся осуществляется в форме зачета и экзамена с использованием следующих оценочных материалов: перечень вопросов к зачету, перечень вопросов к экзамену.

### **Вопросы к зачету**

#### **(триместр В, очно-заочная форма обучения)**

1. Когда появились и где применяются ЦСП?
2. Гарвардская архитектура и её достоинства.
3. Требования, предъявляемые к ЦСП.
4. Перечень, свойства и назначение шин ЦСП.
5. Основные пути достижения высокого быстродействия ЦСП.
6. Главное отличие сигнального процессора от обычного процессора.
7. Что входит в понятия “архитектура” и “интерфейс” процессора?
8. Шины ЦСП. Взаимосвязь разрядности шин и свойств процессора.
9. Состав базовой архитектуры семейства ADSP-21xx.
10. Взаимодействие узлов ЦСП и ПЗУ после сброса.
11. Операции, происходящие в схеме ЦСП за время одного цикла.
12. Периферийные устройства, расположенные на кристалле ЦСП. Их назначение.
13. Структурная схема АЛУ и её особенности.
14. Взаимодействие узлов и прохождение информации в АЛУ
15. Признаки результата операции и их использование.
16. Режимы насыщения и защёлки в АЛУ.
17. Структурная схема умножителя/накопителя и её особенности.
18. Взаимодействие узлов и прохождение информации в МАС.
19. Режимы представления результата в МАС.
20. Насыщение и округление результата в МАС.
21. Структурная схема сдвигателя и её особенности.
22. Взаимодействие узлов и прохождение информации в сдвигателе.
23. Типы сдвигов и особенности выполнения инструкций в сдвигателе.
24. Назначение и структурная схема генератора адресов данных.
25. Особенности использования и программирования линейного буфера.
26. Особенности использования и программирования кольцевого буфера.
27. Устройство обмена между шинами. Назначение и особенности использования.
28. Цель и особенности применения многофункциональных инструкций.
29. Программный упорядочиватель. Структура и основной принцип работы.

30. Механизм выполнения переходов и обращений к подпрограмме. Возврат из подпрограммы.
31. Механизм выполнения условных инструкций.
32. Механизм выполнения циклов. Пример программирования цикла DO UNTIL.
33. Свойства и применение инструкции IDLE.
34. Система прерываний в ЦСП. Источники, регистры и вектора прерываний.
35. Последовательность обработки прерывания.
36. Директивы ассемблера ЦСП. Правила оформления модуля программы.
37. Обеспечение взаимодействия модулей, входящих в программу.
38. Объявление и инициализация переменных и структур данных и обращение к ним.
39. Цель и приёмы масштабирования. Отображение аргументов периодических функций.
40. Структурная схема и принцип работы таймера ЦСП.
41. Подготовка к использованию таймера в программе.
42. Системный интерфейс ЦСП. Синхроимпульсы, сброс, выходы флагов, внешние прерывания.
43. Интерфейс с памятью. Гарвардская архитектура. Система шин ЦСП.
44. Основной режим работы процессора ADSP-2189. Контроллер VDMA.
45. Интерфейс с памятью программы. Карта памяти программы.
46. Интерфейс с памятью данных. Карта памяти данных.
47. Пространство ввода/вывода. Параллельные порты ввода/вывода.
48. Устройство, назначение узлов и выводов последовательного порта ЦСП.
49. Приём и передача информации через последовательный порт.
50. Установка параметров и подготовка к использованию последовательного порта.
51. Устройство и возможности аналогового интерфейса ЦСП.
52. Процесс разработки программного обеспечения для ЦСП и используемые при этом средства.
53. Перспективы развития и применения ЦСП.
54. Сравнительная характеристика микро-ЭВМ и микроконтроллеров.
55. Сигналы в технике связи. Аналоговые, дискретные и цифровые сигналы. Свойства и сравнительная характеристика.
56. Дискретизация сигналов. Получение, математическое описание и свойства дискретного сигнала. Связь спектров аналогового и дискретного сигналов. Выбор частоты дискретизации.
57. Структура системы цифровой обработки сигналов. Состав, назначение и работа компонентов системы. Предотвращение ошибок наложения. Структура кодека. Учёт требований обработки в реальном времени.
58. Преобразования Фурье. Дискретное преобразование Фурье. Область применения.
59. Алгоритмы быстрого преобразования Фурье. Пути повышения эффективности. Требования, предъявляемые БПФ к сигнальному процессору.

60. Преобразование Лапласа и z-преобразование. Роль и свойства z-преобразования.
61. Дискретные цепи. Разностное уравнение. Набор типовых элементов дискретной цепи. Алгебраическая форма разностного уравнения.
62. Передаточная функция дискретной цепи. Схема дискретной цепи. Трансверсальная и рекурсивная части цепи.
63. Цифровые фильтры. Классификация. Сравнительная характеристика КИХ и БИХ фильтров.
64. Структура цифрового фильтра. Варианты структуры цифрового фильтра. Каскадная форма ЦФ. Типовое звено ЦФ 1-го порядка. Каноническая схема звена ЦФ 2-го порядка. Критерии физической реализуемости и устойчивости ЦФ.
65. Синтез ЦФ. Подходы к расчёту ЦФ и решаемые при этом задачи. Последовательность расчёта рекурсивного фильтра методом билинейного преобразования. Проектирование КИХ-фильтра по импульсной характеристике.
66. Сравнение свойств цифровых и аналоговых фильтров.

### **Вопросы к экзамену**

#### **(триместр С, очно-заочная форма обучения)**

1. Сферы применения ПЛИС
2. Метод плавких перемычек
3. Метод наращиваемых перемычек
4. Устройства, программируемые фотошаблоном
5. ППЗУ
6. СППЗУ
7. ЭСППЗУ, Flash-технология
8. Статическое ОЗУ
9. ППЗУ
10. ПЛМ
11. PAL и GAL
12. Сложные ПЛУ
13. ПЛИС FPGA
14. Архитектура ПЛИС FPGA. Логические блоки на мультиплексорах и таблицах соответствия
15. Архитектура ПЛИС FPGA. Конфигурируемые логические
16. Архитектура ПЛИС FPGA. Распределенное ОЗУ и сдвиговые регистры. Встроенные блоки ОЗУ. Встроенные умножители
17. Архитектура ПЛИС FPGA. Дерево синхронизации и диспетчер синхронизации
18. Семейство MAX3000. Представители семейства. Основные ресурсы

19. Архитектура MAX3000. Архитектура макроячейки. Разделяемый логический расширитель. Параллельный логический расширитель. Элемент ввода/вывода.
20. Семейство Cyclone II. Логические элементы. Конфигурационные логические блоки.
21. Семейство Cyclone II. Межсоединения MultiTrack. Семейство Cyclone II. Глобальная тактовая сеть и PLL. Семейство Cyclone II. Встроенная блочная память. Встроенные умножители.
22. Семейство Cyclone II. Структура портов ввода/вывода. Банки ввода/вывода.
23. HDL-языки
24. Типы языка VHDL
25. Сигналы, переменные. Процессы. Операторы if, case, with. Оператор loop. Структура VHDL-описания
26. Режимы конфигурации ПЛИС семейства Cyclone II
27. Режим конфигурации AS (одно конфигурируемое устройство, несколько конфигурируемых устройств)
28. ПЛИС Actel
29. Семейства ПЛИС Altera. ПЛИС Achronix

## **IV. ПЕРЕЧЕНЬ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **4.1. Основная литература**

1. Оппенгейм, А. Цифровая обработка сигналов : учебное пособие : / А. Оппенгейм, Р. Шафер ; пер. С. Ф. Боев. – 3-е изд., испр. – Москва : Техносфера, 2012. – 1048 с. – (Мир радиоэлектроники). – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233730>
2. Малюков, С. П. Схемотехническое проектирование электронных средств : учебное пособие : / С. П. Малюков, А. В. Саенко, А. В. Палий ; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Южный федеральный университет, 2019. – 94 с. : ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=598617>

### **4.2. Дополнительная литература**

3. Васюков, В. Н. Цифровая обработка сигналов : сборник задач и упражнений : учебное пособие : / В. Н. Васюков ; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический

университет, 2018. – 76 с. : ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=576569>

## **V. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

<b>№ пп</b>	<b>Ссылка на информационный ресурс</b>	<b>Наименование разработки в электронной форме</b>	<b>Доступность</b>
1.	<a href="http://www.biblioclub.ru">http://www.biblioclub.ru</a>	Электронно-библиотечная система (ЭБС) Университетская библиотека онлайн	Регистрация через любой университетский компьютер. В дальнейшем индивидуальный неограниченный доступ из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет

## **VI. СОВРЕМЕННЫЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ**

1	<a href="http://window.edu.ru">http://window.edu.ru</a>	Единое окно доступа к образовательным ресурсам	Свободный доступ
2	<a href="https://elibrary.ru">https://elibrary.ru</a>	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	Свободный доступ

## **VII. ЛИЦЕНЗИОННОЕ И СВОБОДНО РАСПРОСТРАНЯЕМОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

- Microsoft Windows 7 Professional. Академические лицензии OLP (Open License). Срок действия лицензии: бессрочно.;
- Microsoft Office Professional Plus 2007 (пакет офисных приложений). Академические лицензии OLP (Open License). Срок действия лицензии: бессрочно.;
- САПР WEBPACK ISE DS.

## **VIII. ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОБУЧЕНИЯ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Учебные занятия проводятся в аудиториях, укомплектованных специализированной мебелью, в том числе стационарными или переносными техническими средствами обучения (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

Лабораторные занятия проводятся в лаборатории, оснащённой следующим оборудованием: источники питания НУ3005, НУ-3030, осциллографы: RIGOL DS 1102, С1-68, С1-55; генератор НЧ ГЗ-118, генератор RG-1642, генератор сигналов функциональный Г6-46, логический анализатор АКПП-9101, вольтметр универсальный В7-38, частотомер DAGATRON-8030, LCR-метр MCP BR2822; стенды IDL-600, Учебный лабораторный стенд по электронике для изучения полупроводниковых приборов LESO3, анализатор спектра, паяльные станции Lukey 852D, инфракрасная паяльная станция АСНІ IR 6000, монтажный и измерительный инструмент: мультиметры, паяльники, плоскогубцы, круглогубцы, кусачки, линейки, ножовки, напильники, отвертки, ножи, ножницы, надфили.

Самостоятельная работа проводится в кабинетах, оснащенных компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.