

«Утверждаю»



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.1.01.04 Основы проектирования систем на сигнальных процессорах и ПЛИС**

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

**Направление подготовки:** 11.04.01 Радиотехника

**Направленность (профиль):** Беспроводные технологии в радиотехнических системах и устройствах

**Квалификация (степень):** магистр

**Форма обучения:** очная

**Институт:** агробиотехнологий и технических систем

**Кафедра:** агроинженерии, мехатронных и радиоэлектронных систем

	очная форма	очно-заочная форма	заочная форма
Курс	2	-	-
Семестр/триместр	3	-	-

Лекции	18	-	-
Лабораторные занятия	36	-	-
Практические (семинарские) занятия	18	-	-
в т.ч. практическая подготовка	4		
Консультации	не предусмотрены	-	-
Форма(ы) промежуточной аттестации	Зачет с оценкой	-	-
Контроль	--	-	-
Иные формы работы	-		
Самостоятельная работа	108	-	-

**Всего часов:** 180

**Трудоемкость:** 5 зачетных единиц

## I. ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

### Цель изучения дисциплины:

Целями освоения дисциплины «Основы проектирования систем на сигнальных процессорах и ПЛИС» является формирование у магистров знаний архитектуры современных ПЛИС и ЦСП, навыков их программирования на языках VHDL и C++, методов и способов разработки программного обеспечения в специализированных средах для ПЛИС и ЦСП.

### Задачи изучения дисциплины:

Задачами изучения дисциплины «Основы проектирования систем на сигнальных процессорах и ПЛИС» являются: формирование знаний и навыков построения систем передачи, приема и обработки сигналов на ПЛИС и ЦСП, изучение основ языка VHDL и C++ для разработки радиотехнических устройств.

### Место дисциплины в структуре ОПОП.

Дисциплина реализуется в рамках части, формируемой участниками образовательных отношений, блока Б1, Модуль 3 "Профильно-ориентированный".

### Планируемые результаты обучения по дисциплине:

в результате изучения дисциплины у обучающегося формируются следующие компетенции: УК-2; УК-4; УК-6; ПКС-1.

Код компетенции	Индикаторы компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
УК-2. Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	Знать: - методы представления и описания результатов проектной деятельности; - методы, критерии и параметры оценки результатов выполнения проекта; - принципы, методы и требования, предъявляемые к проектной работе.	Знает: - стандарты представления проектной документации в электронике и схемотехнике; - критерии оценки эффективности проектов (быстродействие, ресурсоемкость, энергопотребление); - основы проектного менеджмента в сфере сквозного проектирования аппаратно-программных систем.
	Уметь: - формировать план-график реализации проекта в целом и план контроля его выполнения;	Умеет: - составлять и контролировать план выполнения проекта, включая этапы аппаратной и про-

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- организовывать и координировать работу участников проекта, обеспечивать работу команды необходимыми ресурсами.</li> </ul>	<p>граммной реализации;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- координировать команду проекта и обеспечивать ее аппаратно-программными инструментами для разработки и отладки.</li> </ul>
	<p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками представления публично результатов проекта (или отдельных его этапов) в форме отчетов, статей, выступлений на научно-практических конференциях.</li> </ul>	<p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- опытом публичной защиты проектных решений с представлением технической документации, отчетов по тестированию и working demo.</li> </ul>
<p>УК-4. Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- компьютерные технологии и информационная инфраструктура в организации;</li> <li>- коммуникации в профессиональной этике;</li> <li>- методы исследования коммуникативного потенциала личности;</li> <li>- современные средства информационно-коммуникационных технологий.</li> </ul>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- современные средства и платформы для коллективной разработки и документирования проектов;</li> <li>- принципы профессиональной и академической этики при публикации результатов, использовании интеллектуальной собственности и совместной работе в международных коллективах,</li> <li>- современные информационно-коммуникационные технологии для проведения вебинаров, онлайн-конференций и удалённой командной работы.</li> </ul>
	<p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- создавать на русском и иностранном языке письменные тексты научного и официально-делового стилей речи по профессиональным вопросам;</li> <li>- исследовать прохождение информации по управленческим коммуникациям;</li> <li>- производить редакторскую и корректорскую правку текстов научного и официально-делового стилей речи на русском и иностранном языке;</li> <li>- анализировать систему коммуникационных связей в организации;</li> <li>- представлять результаты академической и профессиональной деятельности на различных научных мероприятиях, включая международные.</li> </ul>	<p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- составлять на русском и иностранном языках техническую документацию, отчёты по проекту, спецификации и статьи, связанные с проектированием систем на ЦОС и ПЛИС;</li> <li>- анализировать и оптимизировать информационные потоки в процессе командной разработки проекта;</li> <li>- выполнять редактуру и корректуру технических текстов (документации, статей, презентаций) на русском и иностранном языках;</li> <li>- эффективно представлять результаты проектной и исследовательской деятельности (архитектурные решения, алгоритмы, результаты моделирования) на</li> </ul>

		научных семинарах, конференциях и в рамках профессионального сообщества, в том числе международного.
	<p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- интегративными умениями, необходимыми для эффективного участия в академических и профессиональных дискуссиях;</li> <li>- использованием современных средств информационно-коммуникационных технологий.</li> </ul>	<p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками ведения профессиональной дискуссии и аргументированной защиты проектных решений на русском и иностранном языках;</li> <li>- практическими навыками использования современных коммуникационных и collaborative-технологий для академического и профессионального взаимодействия.</li> </ul>
УК-6. Способен определить и реализовать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	<p>Знать</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- особенности принятия и реализации организационных, в том числе управленческих решений;</li> <li>- теоретико-методологические основы саморазвития, самореализации; направления использования творческого потенциала собственной деятельности.</li> </ul>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- особенности принятия решений на различных этапах проектирования (выбор элементной базы, архитектуры, инструментов верификации);</li> <li>- методологические основы саморазвития в области быстроменяющихся технологий цифровой обработки сигналов и схемотехники;</li> <li>- направления использования творческого потенциала для оптимизации алгоритмов и архитектурных решений на ПЛИС и сигнальных процессорах.</li> </ul>
	<p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- определять приоритеты профессиональной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки;</li> <li>- разрабатывать, контролировать, оценивать и исследовать компоненты профессиональной деятельности;</li> <li>- планировать самостоятельную деятельность в решении профессиональных задач.</li> </ul>	<p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- определять приоритеты в проектной деятельности (например, выбор между быстродействием и ресурсами ПЛИС, точностью вычисления и сложностью реализации на ЦОС);</li> <li>- разрабатывать, контролировать и оценивать этапы выполнения проекта по проектированию цифровой системы (от моделирования до отладки на стенде);</li> <li>- планировать самостоятельную работу по изучению новых инструментов проектирования.</li> </ul>
	<p>Владеть:</p>	<p>Владеет:</p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками определения эффективного направления действий в области профессиональной деятельности;</li> <li>- навыками планирования собственной профессиональной деятельности.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками выбора эффективной последовательности действий при проектировании и отладке систем на ПЛИС и ЦОС;</li> <li>- навыками планирования этапов собственного проектного задания с учетом сроков и технического задания.</li> </ul>
<p>ПКС-1: Способен выполнять моделирование объектов и процессов с целью анализа и оптимизации их параметров с использованием имеющихся средств исследований, включая стандартные пакеты прикладных программ</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- физические и математические модели и методы моделирования сигналов, процессов и явлений, лежащих в основе принципов действия радиотехнических устройств и систем;</li> <li>- принципы работы, возможности и ограничения современных пакетов прикладных программ для моделирования в радиотехнике.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- формулировать и решать задачи, использовать математический аппарат и численные методы для анализа, синтеза и моделирования радиотехнических устройств и систем.</li> <li>- разрабатывать и реализовывать вычислительную модель заданного радиотехнического процесса в выбранной среде моделирования;</li> <li>- проводить многовариантные расчеты, параметрический анализ и моделирование для исследования влияния отдельных параметров на характеристики системы;</li> <li>- анализировать результаты моделирования, оценивать их корректность, формулировать содержательные выводы</li> </ul>	<p><b>Знает</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- математические основы и методы цифровой обработки сигналов (ЦОС), используемые для моделирования процессов в системах на ЦСП и ПЛИС;</li> <li>- архитектурные особенности, принципы работы, возможности и ограничения современных средств моделирования и проектирования.</li> </ul> <p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- формулировать задачи проектирования и использовать математический аппарат ЦОС для анализа, синтеза и моделирования цифровых систем;</li> <li>- разрабатывать и реализовывать (верифицировать) вычислительные и структурные модели цифровых сигнальных процессоров и логических схем в выбранных средах проектирования;</li> <li>- проводить параметрический анализ и многовариантное моделирование для исследования влияния характеристик элементной базы (разрядности, тактовой частоты, ресурсов ПЛИС) на работу системы;</li> <li>- анализировать результаты синтеза, моделирования и отладки, оценивать их корректность и формулировать выводы.</li> </ul>

	<p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- математическим аппаратом для решения задач теоретической и прикладной радиотехники, методами исследования и моделирования объектов радиотехники</li> <li>- навыками работы с профессиональными пакетами прикладных программ для компьютерного моделирования в радиотехнике;</li> <li>- методами интерпретации результатов моделирования и их презентации для обоснования принятых технических решений.</li> </ul>	<p><b>Владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- математическим аппаратом ЦОС и методами исследования для проектирования и моделирования цифровых систем;</li> <li>- навыками работы с профессиональными пакетами прикладных программ (САПР) для проектирования и верификации систем на ЦСП и ПЛИС;</li> <li>- методами интерпретации результатов моделирования и синтеза для обоснования выбора архитектуры, элементной базы и принятых проектных решений.</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 обучающихся**

### Очная форма обучения

№ п/п	Наименование разделов и тем	Всего	Аудиторные занятия			Сам.раб.
			ЛК	ПЗ	ЛБ	
1.	<b>Модуль 1. Цифровые сигнальные процессоры</b>	<b>46</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>18</b>	<b>14</b>
2.	Тема 1. История развития ПЛИС и ЦСП. Сравнительный анализ ПЛИС и ЦСП различных фирм.	4	2			2
3.	Тема 2. Архитектуры современных ЦСП. Быстродействие и производительность. Формат данных и разрядность.	6	2			4
4.	Тема 3. Современные методы проектирования-отладки микропроцессорных систем. Среды разработки и отладки.	10	2	2	2	4
5.	Тема 4. Программирование ЦСП на языке	26	2	4	16	4

	C++					
6.	<b>Модуль 2. Проектирование устройств на ПЛИС</b>	<b>62</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>18</b>	<b>22</b>
7.	Тема 5. Введение в создание устройств и систем на ПЛИС. Языки описания аппаратуры как единственный стандартизированный и платформо-независимый способ описания.	4	2			2
8.	Тема 6. Язык VHDL. История и предназначение языка. Отличие ЯОА от языков программирования (параллельные вычисления).	4	2			2
9.	Тема 7. Синтаксис языка VHDL. Операторы, типы данных, функции	12	2	4		6
10.	Тема 8. Реализация на VHDL основных цифровых узлов.	28	2	4	16	6
11.	Тема 9. Примеры и сравнение блоков и систем реализованных на ПЛИС и ЦСП.	14	2	4	2	6
12.	Контроль	-				
13.	Зачет	-				
14.	Итого за <u>3</u> семестр	180	18	18	36	108
15.	<b>ИТОГО:</b>	<b>180</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>36</b>	<b>108</b>

**Очно-заочная форма обучения (не реализуется)**

**Заочная форма обучения (не реализуется)**

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

Оценка освоения обучающимися содержания дисциплины (модуля) включает текущий контроль успеваемости и промежуточную аттестацию обучающихся.

## ТИПОВОЙ ВАРИАНТ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Внутрисеместровая аттестация проводится в форме письменной контрольной работы.

1. ПЛИС – это:

- а) Программируемая Логическая Интегральная Схема
- б) Постоянное Логическое Интегрированное Устройство
- в) Процессор Логических и Итерационных Вычислений
- г) Параллельная Линейная Инструкционная Система

2. Основными элементами структуры ПЛИС являются:

- а) Транзисторы и диоды
- б) Логические вентили (AND, OR, NOT)
- в) Конфигурируемые логические блоки (CLB) и блоки ввода-вывода (IOB)
- г) АЛУ и регистры общего назначения

3. Язык описания аппаратуры (HDL), НЕ являющийся стандартом *IEEE*:

- а) Verilog
- б) VHDL
- в) SystemVerilog
- г) C++

4. Процесс преобразования HDL-кода в конфигурационный файл для ПЛИС называется:

- а) Компиляция
- б) Синтез
- в) Трансляция
- г) Имплементация (Implementation - размещение и трассировка)

5. Тактовая частота работы проекта на ПЛИС в первую очередь ограничивается:

- а) Количеством доступных выводов ввода-вывода
- б) Задержками на комбинационной логике и маршрутизации
- в) Объемом используемой блочной памяти (BRAM)
- г) Разрядностью шин данных

6. Основное архитектурное отличие ЦСП от микропроцессоров общего назначения (CPU) заключается в:

- а) Более высокой тактовой частоте
- б) Наличии аппаратного модуля умножения с накоплением (MAC)
- с) Использовании более современного технологического процесса
- д) Наличии встроенной оперативной памяти

7. Для чего в ЦСП чаще всего используется циклический буфер (Circular Buffer)?

- а) Для хранения констант
- б) Для реализации стековой памяти
- с) Для эффективной работы с массивами данных при цифровой фильтрации (напри-

мер, в КИХ-фильтрах)

d) Для кэширования инструкций

8. Установите соответствие между элементом архитектуры ЦСП и его описанием.

Элемент архитектуры	Описание
1. Модуль МАС (Multiply-Accumulate)	А. Быстрая память на кристалле, доступ к которой возможен за один такт, для хранения критичных по времени данных и коэффициентов.
2. Кольцевой буфер (Circular Buffer)	В. Аппаратный блок, который за один такт выполняет операцию $a = a + (b * c)$ , что является основой для скалярного произведения.
3. Однокристалльная RAM (SARAM)	С. Память с малой латентностью, предназначенная для хранения часто исполняемого кода (повторяющихся циклов обработки сигналов).
4. Однокристалльная ROM (программа)	Д. Механизм адресации, при котором после достижения конца массива адрес автоматически сбрасывается на его начало.
5. Кэш инструкций (Instruction Cache)	Е. Память, в которую "прошивается" программа и которая обычно не изменяется во время выполнения.

Промежуточная аттестация обучающихся – оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплинам (модулям) осуществляется в форме зачета с оценкой использованием следующих оценочных материалов:

### **Вопросы к зачету (3 семестр, очная форма обучения)**

1. Особенности решения задач цифровой обработки сигналов с использованием специализированных микропроцессоров и программируемых логических интегральных схем.
2. Отличия ЦСП от других микропроцессоров, типовые решаемые задачи.
3. Основные блоки и шины ЦСП, назначение и взаимосвязи.
4. Специфические особенности ЦСП. Вычисление времени обработки, тактовая частота.
5. Типовая блок-схема ЦСП.

6. Вычислительные блоки, память программ и данных, блоки управления программой и пересылки данных.
7. ЦСП с фиксированной и плавающей точкой.
8. Проблемы выбора ЦСП, наиболее подходящих для решения поставленных задач.
9. Факторы, влияющие на стоимость разработки и стоимость конечной продукции.
10. Оценка производительности ЦСП.
11. Вычисление требуемой производительности при решении задач обработки цифровой информации.
12. АЛУ. Блок-схема. Входные и выходные порты.
13. Блок МАС. Блок-схема. Входные и выходные порты.
14. Блоки управления программой и передачи данных
15. Адресные генераторы DAG.
16. Блоки прямого доступа в память и внешний интерфейс
17. Общая структура программы. Заголовочные файлы
18. Основные программные пакеты разработчика.
19. Использование языков описания схем при проектировании цифровых устройств
20. Общие сведения о методах проектирования цифровых схем. Проектирование цифровых схем с применением языков описания схем.
21. Способы настройки цифровых схем.
22. Основы языка VHDL. Типы данных языка VHDL, операции и выражения.
23. Базовые понятия языка VHDL: параллельные операторы, оператор процесса.
24. Задержки сигналов.
25. Принципы построения описания схем на языке VHDL.
26. Схема триггера на языке VHDL.
27. Задание входных сигналов в тестовом модуле на языке VHDL.
28. Сдвигающий регистр на языке VHDL.
29. Структурное описание на языке VHDL
30. Способы построения мультиплексоров на языке VHDL.
31. Система проектирования Quartus II. Понятие проекта.
32. Процедура проектирования в Quartus II.
33. Особенности моделирования устройств на ПЛИС, виды моделирования.
34. Система моделирования Modelsim. Этапы работы с проектами.

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

### **4.1. Основная литература**

1. Роженцов, А. А. Разработка устройств обработки сигналов на программируемых логических интегральных схемах: лабораторный практикум : практикум / А. А. Роженцов, А. А. Баев, Д. С. Чернышев ; Поволжский

государственный технологический университет. – Йошкар-Ола : Поволжский государственный технологический университет, 2016. – 132 с. : ил. – Режим доступа: свободный. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=461634>

2. Поляков, А. К. Языки VHDL и VERILOG в проектировании цифровой аппаратуры : практическое пособие / А. К. Поляков. – Москва : СОЛОН-ПРЕСС, 2009. – 314 с. – (Системы проектирования). – Режим доступа: свободный. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=117668>.

#### 4.2. Дополнительная литература

1. Умняшкин, С. В. Основы теории цифровой обработки сигналов : учебное пособие : [16+] / С. В. Умняшкин. – 5-е изд., исправл. и доп. – Москва : Техносфера, 2019. – 550 с. : ил., схем. – (Мир цифровой обработки). – Режим доступа: свободный. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=597188>

2. Малюков, С. П. Схемотехническое проектирование электронных средств : учебное пособие : [16+] / 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>.

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

№ пп	Ссылка на информационный ресурс	Наименование разработки в электронной форме	Доступность
1.	<a href="https://kit-e.ru/category/fpga/">https://kit-e.ru/category/fpga/</a>	Архив журнала «Компоненты и технологии», раздел ПЛИС и ПАИС	Свободный доступ
2.	<a href="https://kit-e.ru/category/dsp/">https://kit-e.ru/category/dsp/</a>	Архив журнала «Компоненты и технологии», раздел DSP и обработка сигналов	Свободный доступ

### У. СОВРЕМЕННЫЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ

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 предоставляется неограниченный индивидуальный доступ из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет
----	---	--	--

2.	<a href="http://www.elibrary.ru">www.elibrary.ru</a>	Российский информационный портал в области науки, технологии, медицины и образования	Свободный доступ
----	--	--	------------------

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

При реализации учебной дисциплины применяется следующее лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

- Microsoft Windows;
- Microsoft Office;
- LibreOffice и др.
- Octave - свободная система для математических вычислений. Срок действия лицензии: бессрочно.
- Micro-Cap — SPICE-подобная программа для аналогового и цифрового моделирования электрических и электронных цепей с интегрированным визуальным редактором. Имеется бесплатная студенческая версия (demo).

–

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

Компьютерный класс (учебная аудитория № 307) для проведения учебных занятий.

Перечень основного оборудования: комплект учебной мебели, персональные компьютеры для обучающихся.

Практические занятия проводятся в специализированных лабораториях, оснащенных следующим оборудованием: стенд ЭС-21 «Исследование логических элементов и импульсных схем», АКПП-4122/2 осциллограф цифровой, микропроцессорный стенд НТЦ- 31.100 СУ-МК-AVR, программно-определяемая радиосистема, источник питания НУ3005, осциллографы: АКПП-4122/2, С1-83, С1-65, С1-68, С1-67, С1-55, С1-64; прибор комбинированный цифровой 43-13, генератор сигналов специальной формы АWG-462, генератор испытательных сигналов, источник постоянного тока Б5-45А.