

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе и
образовательным инновациям

О.Г. Прохоренко

«05» декабря 2023 г.

Регистрационный № УД – 12668/уч.

ПРОГРАММИРУЕМЫЕ ЛОГИЧЕСКИЕ ИНТЕГРАЛЬНЫЕ СХЕМЫ

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:

1 - 31 03 01 Математика (по направлениям)

Направление специальности:

**1 - 31 03 01 - 04 Математика (научно-конструкторская
деятельность)**

2023 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 03 01-2021, типового учебного плана № G31-1-011/пр-тип. от 31.03.2021 и учебного плана № G31-1-018/уч. от 25.05.2021.

СОСТАВИТЕЛЬ:

С.А. Трофимов, старший преподаватель кафедры математической кибернетики механико-математического факультета Белорусского государственного университета.

РЕЦЕНЗЕНТ:

М.И. Вашкевич, доцент кафедры электронных вычислительных средств Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, доктор технических наук, доцент.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой математической кибернетики БГУ
(протокол № 4 от 24.11.2023);

Научно-методическим советом БГУ
(протокол № 3 от 30.11.2023)

Заведующий кафедрой
математической кибернетики _____ А.Л. Гладков

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Характерной чертой начала XXI столетия является все возрастающее использование различных универсальных и специализированных встроенных в различные устройства аппаратно-программных систем управления. Именно они позволяют обеспечить все более широкий спектр потребительских качеств выпускаемых изделий промышленного, научного, медицинского, бытового и другого назначения, сообщить им все более и более «интеллектуальные» свойства. С другой стороны, для Республики Беларусь создание сложных наукоемких изделий является одним из наиболее перспективных способов увеличения национального валового продукта.

В последние годы при создании различных аппаратно-программных систем обработки информации все шире и шире стали применяться, так называемые, программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС). Их использование позволяет существенно сократить цикл разработки и внедрения новых изделий, снизить их стоимость. В учебном процессе имеющиеся программные системы проектирования ПЛИС позволяют продемонстрировать переход от описания поведения на языках VHDL, VERILOG к опытному образцу создаваемого изделия и подготовить будущих специалистов-математиков к практической деятельности на производстве непосредственно в учебных классах.

Данная учебная программа специального курса предусматривает изучение ПЛИС различных фирм и приобретение практических навыков использования наиболее перспективных ПЛИС фирмы XILINX.

Пользователи и их программы взаимодействуют с вычислительной техникой посредством специального (системного) программного обеспечения — через операционную систему. Помимо выполнения этой важнейшей функции операционные системы отвечают за эффективное распределение вычислительных ресурсов и организацию вычислений. И знание основ организации операционных систем и принципов их функционирования, излагаемых рамках дисциплины «Операционные системы и среды», позволяет использовать эти вычислительные системы более эффективно.

Цели и задачи учебной дисциплины

Целью дисциплины «Программируемые логические интегральные схемы» является изучение на примере современных микросхем фундаментальных понятий и общих принципов организации и использования ПЛИС при проектировании сложных аппаратно-программных систем, включая такие аспекты, как: особенности структуры ПЛИС, специфика программного обеспечения для работы с ПЛИС.

Развивающей целью является дальнейшее формирование у студентов навыков математического и программистского мышления.

Воспитательной целью является формирование у студентов стремления к дальнейшему получению знаний в области программирования и вычислительной техники и их использованию в прикладных задачах.

Основными задачами, решаемыми в рамках изучения дисциплины «Программируемые логические интегральные схемы», являются

- формирование у студентов понимания процесса проектирования АПС с применением современных ПЛИС;
- изучение основных идей, заложенных в работу ПЛИС;
- получение глубоких представлений о программном обеспечении, применяемом в процессе проектирования АПС с применением современных ПЛИС.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием: учебная дисциплина относится к модулю «Аппаратно-программные системы» компонента учреждения высшего образования.

Связи с другими учебными дисциплинами.

Изложение материала курса базируется на знаниях, полученных студентами в учебных дисциплинах: «Введение в специальность», «Методы программирования», «Дискретная математика и теория графов», «Теория булевых функций», «Теория электрических цепей и сигналов», «Основы математической электроники», «Языки описания аппаратно-программных систем». В свою очередь знания, полученные при ее изучении, используются при последующем освоении дисциплин: «Системотехника аппаратно-программных систем», «САПР», а также ряд специальных дисциплин.

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Программируемые логические интегральные схемы» должно обеспечить формирование следующих **специализированных компетенций**:

СК – 2. Использовать специализированные средства проектирования для описания на языках высокого уровня, верификации и разработки управляющих программ аппаратно-программных систем;

СК – 3. Разрабатывать аппаратно-программные системы для анализа и обработки цифровых и аналоговых сигналов.

В результате изучения дисциплины обучаемый должен:

знать:

- основные особенности структуры ПЛИС и способы ее применения;
- основные свойства, характеристики и параметры ПЛИС;
- языки описания аппаратуры: VHDL или Verilog;
- этапы построения, верификации, синтеза и прошивки цифровых устройств;
- способы анализа цифровых устройств, с использованием средств компьютерного моделирования;

- систему команд и ассемблер микроконтроллера PicoBlaze;
- уметь:**
- подбирать ПЛИС по ее характеристикам в зависимости от решаемой задачи;
 - создавать синтезируемое описание аппаратуры на языках VHDL или Verilog;
 - определять параметры и характеристики разрабатываемой аппаратуры;
 - синтезировать и прошивать цифровые устройства с помощью ISE;
 - разрабатывать программы на ассемблере;
 - организовывать взаимодействие микроконтроллера с внешними устройствами;
- владеть:**
- методами и приемами описания устройств на языках VHDL или Verilog;
 - навыками работы в ISE.

Структура учебной дисциплины

Учебная программа по дисциплине «Программируемые логические интегральные схемы» предназначена для студентов очной формы получения высшего образования по специальности 1-31 03 01 Математика (по направлениям), направление специальности 1-31 03 01-04 Математика (научно-конструкторская деятельность).

Дисциплина изучается в 6 семестре. Всего на изучение учебной дисциплины «Программируемые логические интегральные схемы» отведено 102 часа, в том числе – 68 аудиторных часа, из них: лекции – 34 часов, лабораторные занятия – 26 часов, управляемая самостоятельная работа - 8 часов.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Форма промежуточной аттестации – экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Введение

Роль программируемых логических интегральных схем (ПЛИС) в создании современных систем обработки информации. Встроенные микропроцессорные системы и возможности их реализации на ПЛИС.

Раздел 1. Программируемые интегральные схемы и системы

Тема 1.1. Классификация и история появления ПЛИС.

Общая классификация программируемых интегральных схем и систем. Интегральные схемы, программируемые изготовителем. Технологические предпосылки создания интегральных схем, программируемых изготовителем.

Тема 1.2. Программируемые логические матрицы.

Программируемые логические матрицы (ПЛМ). Возможные варианты реализации простейших ПЛМ, ПЛМ с программируемыми выходами, ПЛМ с предварительной дешифрацией, комбинированные ПЛМ. Сети ПЛМ.

Тема 1.3. Постоянные запоминающие устройства.

Постоянные запоминающие устройства (ПЗУ). Использование ПЗУ для вычисления значений функции, генерации сигналов синхронизации, речи, музыки, символов и т.д. Сети ПЗУ.

Тема 1.4. Программируемая матрица логики.

Программируемая матрица логики (ПМЛ). Использование ПЛМ, ПЗУ и ПМЛ для построения комбинационных и последовательностных устройств. Основные этапы проектирования устройств с использованием ПЛМ, ПЗУ и ПМЛ.

Тема 1.5. Вентильные матрицы.

Вентильные матрицы. Отличительные особенности вентильных матриц как программируемых интегральных схем. Типы программирования, используемые в вентильных матрицах. Стандартные базовые матричные кристаллы (БМК). КМОП БМК типа «Море вентиляей» и «Море транзисторов». Основные этапы проектирования устройств с использованием вентильных матриц.

Тема 1.6. Интегральные схемы, программируемые заказчиком.

Интегральные схемы, программируемые заказчиком. Дополнительные возможности программирования ИС: пережигание перемычек, программирование транзисторов с плавающим затвором, электрически программируемые генераторы логических функций и коммутаторы.

Тема 1.7. Современные ПЛИС.

Общая классификация современных ПЛИС: SPLD, CPLD, FLEX, FPGA. Отличительные черты и возможности использования ПЛИС SPLD и CPLD. Отличительные черты и возможности использования ПЛИС FLEX и FPGA. Основные характеристики семейств ПЛИС фирмы XILINX для реализации встроенных микропроцессорных систем: CoolRunner, Virtex, Spartan.

Раздел 2. Проектирование встроенных микропроцессорных систем на ПЛИС фирмы XILINX

Тема 2.1. Архитектура микропроцессорных ядер.

Обобщенная структура встроенной микропроцессорной системы, реализуемой на базе ПЛИС.

Тема 2.2. Характеристики микропроцессорных ядер.

Общая характеристика микропроцессорных ядер для проектирования встроенных микропроцессорных систем на базе ПЛИС фирмы XILINX: PicoBlaze, MicroBlaze, PowerPC.

Тема 2.3. Программные средства проектирования ПЛИС фирмы XILINX.

Основные сведения о программных средствах проектирования ПЛИС фирмы XILINX: интерактивный графический редактор размещения Floorplanner. Редактор ограничений Constraints Editor. Средства программирования ИМРАСТ. Средства формирования моделей. Генератор тестовых сигналов HDL Bencher. Средства HDL моделирования. Анализатор статических временных характеристик Static Timing Analyzer. Топологический редактор FPGA Editor. Программа анализа потребляемой мощности XPower. Программа визуализации топологии ChipViewer.

Тема 2.4. Временные характеристики.

Временные характеристики ПЛИС. Особенности; способы анализа; способы устранения проблем; синхронные, асинхронные, многоцикличные и ложные пути.

Тема 2.5. Микропроцессорное ядро микроконтроллера PicoBlaze.

Основные характеристики, архитектура и структура микропроцессорного ядра PicoBlaze ПЛИС семейства Virtex-II. Система команд, поддерживаемых этим ядром. Основные характеристики, архитектура и структура микропроцессорного ядра PicoBlaze ПЛИС семейства CoolRunner-II. Система команд, поддерживаемых этим ядром. Реализация микропроцессорных систем на базе микропроцессорного ядра PicoBlaze. Основные характеристики, архитектура и структура микропроцессорного ядра PicoBlaze ПЛИС семейств Spartan-II, Spartan-III, Virtex, Virtex-E. Система команд, поддерживаемых этим ядром.

Тема 2.6. Язык Ассемблер для микропроцессорного ядра PicoBlaze.

Основные характеристики, архитектура и структура микропроцессорного ядра PicoBlaze ПЛИС семейств Spartan-3, Virtex-II, Virtex-IIPRO и Virtex-4. Система команд, поддерживаемых этим ядром. Разработка программ на языке Ассемблера для микропроцессорных ядер семейства PicoBlaze. Загрузчик команд для микропроцессорного ядра PicoBlaze семейств ПЛИС Spartan-3, Virtex-II, Virtex-IIPRO и Virtex-4.

Тема 2.7. Учебный пример проектирования контроллера на базе ядра PicoBlaze.

Структура проекта встраиваемой системы на базе ядра PicoBlaze в САПР Xilinx ISE. Этапы проектирования встраиваемых систем на базе ядра PicoBlaze и основные особенности их выполнения. Учебный пример проектирования

контроллера на базе ядра PicoBlaze в САПР Xilinx ISE для реализации в ПЛИС Spartan-3.

Тема 2.8. Инструментальный комплект Spartan-3.

Инструментальный комплект Spartan-3. Назначение и основные характеристики инструментального комплекта Spartan-3. Структура инструментального модуля Spartan-3. Краткая характеристика ПЛИС инструментального комплекта. Учебный пример разработки проекта с использованием инструментального комплекта Spartan-3.

Тема 2.9. Ядро микроконтроллера семейства MicroBlaze.

Реализация микропроцессорных систем на базе микропроцессорного ядра MicroBlaze. Основные характеристики, архитектура и структура микропроцессорных ядер семейства MicroBlaze. Система команд микропроцессорного ядра MicroBlaze. Реализация конвейерной обработки команд в микропроцессорных ядрах семейства MicroBlaze. Шинные интерфейсы и периферийные компоненты микропроцессорных ядер семейства MicroBlaze. Распределение памяти в микропроцессорных ядрах семейства MicroBlaze. Система проектирования 32-х разрядных встраиваемых микропроцессорных систем Embedded Development Kit. Структура проектируемой системы в системе Embedded Development Kit. Этапы проектирования встраиваемых 32-х разрядных микропроцессорных систем на основе микропроцессорных ядер семейства MicroBlaze в системе Embedded Development Kit. Этапы проектирования встраиваемых 32-х разрядных микропроцессорных систем на основе микропроцессорных ядер семейства MicroBlaze в системе EST.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Очная форма получения высшего образования с применением дистанционных образовательных технологий (ДОТ)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Литература	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
	Введение	2							
	История появления ПЛИС	2					[1 – 4]		
1	Программируемые интегральные схемы и системы	14			6		4		
1.1	Классификация и история появления ПЛИС.	2					[1 – 4]	Экспресс-опрос	
1.2	Программируемые логические матрицы.	2			2		[1 – 4,8]	Устный опрос	
1.3	Постоянные запоминающие устройства.	2			2		[1 – 4,8]	Устный опрос	
1.4	Программируемая матрица логики.	2			1		[1 – 4,8]	Устный опрос	
1.5	Вентильные матрицы.	2			1		[1 – 4,8]	Устный опрос	
1.6	Интегральные схемы, программируемые заказчиком.	2					[1 – 4,8]	Коллоквиум	
1.7	Современные ПЛИС.	2					4	[1 – 4, 8, 10]	Контрольная работа № 1 по разделу 1.
2	Проектирование встроенных микропроцессорных систем на ПЛИС фирмы XILINX.	18			20		4		
2.1	Архитектура микропроцессорных ядер.	2			2			[1 – 10]	Защита лабораторных работ
2.2	Характеристики микропроцессорных ядер.	2			2			[1 – 10]	Устный опрос

2.3	Программные средства проектирования ПЛИС фирмы XILINX.	2						[1 – 10]	Устный опрос
2.4	Временные характеристики	2						[1 – 10]	Устный опрос
2.5	Микропроцессорное ядро микроконтроллера PicoBlaze.	2						[1 – 10]	Устный опрос
2.6	Язык Ассемблер для микропроцессорного ядра PicoBlaze.	2						[1 – 10]	Устный опрос
2.7	Учебный пример проектирования контроллера на базе ядра PicoBlaze.	2			2			[1 – 12]	Устный опрос
2.8	Инструментальный комплект Spartan-3.	2			8		4	[1 – 12]	Защита лабораторной работы Коллоквиум
2.9	Ядро микроконтроллера семейства MicroBlaze.	2			6			[1 – 12]	Защита лабораторной работы Контрольная работа № 2 по разделу 2 Устный опрос
	ИТОГО	34			26		8		

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. Ушенина, И. В. Проектирование цифровых устройств на ПЛИС / И. В. Ушенина. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 408 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/322511>.
2. Казьмин, О. Ю. Основы проектирования электронных средств на ПЛИС: лабораторный практикум : учебное пособие / О. Ю. Казьмин, А. А. Прасолов. — Санкт-Петербург : СПбГУТ им. М.А. Бонч-Бруевича, 2023. — 58 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/381497>.
3. Казьмин, О. Ю. Основы разработки систем на кристалле : учебно-методическое пособие / О. Ю. Казьмин, А. А. Прасолов. — Санкт-Петербург : СПбГУТ им. М.А. Бонч-Бруевича, 2023. — 95 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/381500>.

Перечень дополнительной литературы

4. Степанец В.Я., Трофимов С.А. Программируемые логические интегральные схемы. Электронное учебно-методическое пособие (набор слайдов).- Минск: ММФ БГУ, 2011. – 350с.
5. Мурога С. Системное проектирование сверхбольших интегральных схем : В 2-х книгах. Кн.2. Пер.с англ.-М.:Мир, 1985. - 287с.
6. Гурский Л.И., Степанец В.Я. Проектирование микросхем. - Мн.: Навука і тэхніка, 1991.- 295с.
7. Соловьев А.П. Программируемые логические интегральные схемы.- Мн.: Навука і тэхніка, 2004. - 635с.
8. Мальцев П.П., Гарбузов Н.И. и др. Программируемые логические ИМС на КМОП-структурах, 1998. – 160с.
9. Зотов В.Ю. Проектирование встраиваемых микропроцессорных систем на основе ПЛИС фирмы XILINX. – М.: Горячая линия-Телеком, 2006. – 520с.
10. Грушвицкий Р.И., Мурсаев А.Х., Угрюмов Е.П. Проектирование систем на микросхемах программируемой логики. – СПб.: БХВ-Петербург, 2002. – 608 с.
11. Бибило П.Н. Синтез логических схем с использованием языка VHDL.- М.: СОЛОН-Р, 2002.- 384с.
12. Бибило П.Н. Системы проектирования интегральных схем на основе языка VHDL. StateCAD, ModelSim, LeonardoSpectrum.- М.: СОЛОН-Пресс, 2005.- 384с.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой отметки

С целью текущего контроля знаний студентов предусматривается проведение устных опросов, экспресс-опросов, коллоквиумов, контрольных работ и защита лабораторных работ.

Формой промежуточной аттестации по дисциплине «Программируемые логические интегральные схемы» учебным планом предусмотрен **экзамен**.

При формировании итоговой отметки используется рейтинговая система оценки знаний студента, дающая возможность проследить и оценить динамику процесса достижения целей обучения.

Рейтинговая система предусматривает использование весовых коэффициентов в ходе проведения контрольных мероприятий текущей аттестации.

Примерные весовые коэффициенты, определяющие вклад текущей аттестации в отметку при прохождении промежуточной аттестации:

Формирование отметки за текущую аттестацию:

- устный и экспресс-опрос – 10 %;
- защита лабораторных работ – 70 %;
- коллоквиум – 10 %;
- контрольные работы – 10 %.

Итоговая отметка по дисциплине рассчитывается на основе отметки текущей аттестации (рейтинговой системы оценки знаний) и отметки на экзамене с учетом их весовых коэффициентов. Рекомендуемый вес отметки по текущей аттестации составляет 30 %, экзаменационной отметки – 70 %.

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов

Раздел 1. Программируемые интегральные схемы и системы

Тема 1.7. Современные ПЛИС (4 ч.)

Задание 1. Реализация в ПЛМ, ПЗУ и ПМЛ комбинационных устройств.

Задание 2. Реализация на ПЛМ, ПЗУ, ПМЛ и элементах памяти последовательностных устройств.

Форма контроля – контрольная работа.

Раздел 2. Проектирование встроенных микропроцессорных систем на ПЛИС фирмы XILINX

Тема 2.8. Инструментальный комплект Spartan-3. (4 ч.)

Задание 1. Доступное оборудование на плате Spartan 3A

Задание 2. Использование интегральные запоминающие устройства. ОЗУ, ПЗУ, FLASH.

Задание 3. Использование ЖКИ дисплея.

Задание 4. Подключение внешней аппаратуры.

Форма контроля – защита лабораторной работы.

Примерная тематика контрольных работ

- Контрольная работа № 1. Реализация в ПЛМ, ПЗУ и ПМЛ комбинационных устройств.
- Контрольная работа № 2 Реализация на ПЛМ, ПЗУ, ПМЛ и элементах памяти последовательностных устройств.

Примерная тематика лабораторных работ

1. Начальное ознакомление с программной системой фирмы Xilinx.
2. Подготовка и моделирование синтезируемого VHDL описания аппаратного блока микропроцессорной системы и его зашивка в ПЛИС фирмы Xilinx.
3. Изучение и освоение средств разработки и зашивки в ПЛИС фирмы Xilinx программы обработки информации.
4. Реализация в ПЛИС фирмы Xilinx встроенной программно-аппаратной микропроцессорной системы.

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины

При организации образовательного процесса используется *эвристический подход*, который предполагает:

- осуществление студентами лично-значимых открытий окружающего мира;
- демонстрацию многообразия решений большинства профессиональных задач и жизненных проблем;
- творческую самореализацию обучающихся в процессе создания образовательных продуктов;
- индивидуализацию обучения через возможность самостоятельно ставить цели, осуществлять рефлексию собственной образовательной деятельности.

Наиболее эффективной предполагается следующая форма реализации эвристического подхода: решение сложных задач разбиваются на этапы, после чего обучаемые подводятся к самостоятельному определению действий на этапах.

При организации образовательного процесса используется также *практико-ориентированный подход*, который предполагает:

- освоение содержания образования через решение практических задач;

- приобретение навыков эффективного выполнения разных видов профессиональной деятельности;
- ориентацию на генерирование идей, реализацию групповых студенческих проектов, развитие предпринимательской культуры;
- использованию процедур, способов оценивания, фиксирующих сформированность профессиональных компетенций.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

При изучении учебной дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

- поиск (подбор) и обзор литературы и электронных источников по индивидуально заданной теме дисциплины;
- выполнение домашнего задания;
- проведение научно-исследовательских работ для выполнения практических заданий;
- подготовка к участию в научных и научно-практических конференциях и конкурсах.

Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Роль программируемых логических интегральных схем (ПЛИС) в создании современных систем обработки информации.
2. Встроенные микропроцессорные системы и возможности их реализации на ПЛИС.
3. Общая классификация программируемых интегральных схем и систем.
4. Технологические предпосылки создания интегральных схем, программируемых изготовителем.
5. Программируемые логические матрицы (ПЛМ).
6. Постоянные запоминающие устройства (ПЗУ). Использование ПЗУ для построения комбинационных схем. Сети ПЗУ.
7. Постоянные запоминающие устройства (ПЗУ). Использование ПЗУ для построения последовательностных устройств.
8. Использование ПЛМ, ПЗУ и ПМЛ для построения комбинационных и последовательных устройств.
9. Основные этапы проектирования устройств с использованием ПЛМ, ПЗУ и ПМЛ.
10. Вентильные матрицы.
11. Стандартные базовые матричные кристаллы (БМК). КМОП БМК типа «Море вентиляей» и «Море транзисторов». Основные этапы проектирования устройств с использованием вентильных матриц.

12. Интегральные схемы, программируемые заказчиком. Варианты программирования.
13. Общая классификация современных ПЛИС: SPLD, CPLD, FLEX, FPGA.
14. Отличительные черты и возможности использования ПЛИС SPLD, CPLD и FPGA.
15. Основные характеристики семейств ПЛИС фирмы XILINX.
16. Общая структура ПЛИС FPGA. Логическая ячейка.
17. Интерфейсы ПЛИС. Внутренние межсоединения.
18. Дополнительные ресурсы ПЛИС. Способы конфигурирования.
19. Основные сведения о программных средствах проектирования ПЛИС фирмы XILINX. Этапы проектирования.
20. Реализация микропроцессорных систем на базе микропроцессорного ядра PicoBlaze. Система команд. Этапы проектирования.
21. Инструментальный комплект Spartan-3.
22. Характеристики последовательных элементов (триггеры).
23. Характеристики комбинационных элементов.
24. Статический временной анализ.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Языки описания аппаратно-программных систем	Математическая кибернетика	нет	Оставить содержание учебной программы без изменений (протокол № 4 от 24.11.2023).

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ
на ____/____ учебный год

№№ ПП	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры математической кибернетики (протокол № ____ от _____ 20__ г.)

Заведующий кафедрой
доктор физ.-мат. наук, профессор

А.Л. Гладков

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета
доктор физ.-мат. наук, доцент

С.М. Босяков