

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе и
образовательным инновациям

О.Г. Прохоренко

«05» июля 2023 г.

Регистрационный № УД – 12669/уч.



ЯЗЫКИ ОПИСАНИЯ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫХ СИСТЕМ

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 № 11 от 28.06.2023);

Научно-методическим советом БГУ
(протокол № 9 от 29.06.2023)

Заведующий кафедрой
математической кибернетики _____ А.Л. Гладков

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Характерной чертой начала XXI столетия является повсеместное все более возрастающее использование различных универсальных и специализированных встроенных и самостоятельно используемых аппаратно- программных систем. Именно они позволяют обеспечить все более широкий спектр потребительских качеств выпускаемых изделий промышленного, научного, медицинского и бытового и другого назначения, сообщить им все более и более «интеллектуальные» свойства.

Для Республики Беларусь, у которой ограничена возможность экономического роста за счет использования собственных природных ресурсов, создание сложных наукоемких аппаратно-программных систем является одним из наиболее перспективных способов увеличения национального валового продукта.

В настоящее время разработка аппаратно-программных систем выполняется с использованием специализированных алгоритмических языков. Учебная дисциплина «Языки описания аппаратно-программных систем» относится к числу дисциплин, составляющих основу математического образования по направлению научно-конструкторская деятельность.

Цели и задачи учебной дисциплины

Целью дисциплины «Языки описания аппаратно-программных систем»: изучение студентами-математиками научно-конструкторского направления специализированных алгоритмических языков VHDL, VERILOG, SystemC, являющихся расширением таких известных языков программирования как C++, Паскаль, Ада и используемых в настоящее время в мировой практике при проектировании аппаратно-программных систем, а также получение ими практических навыков использования этих языков.

Развивающей целью получение студентами практических навыков использования специализированных алгоритмических языков при решении различных вопросов создания современных программно-аппаратных систем обработки информации.

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 «Языки описания аппаратно-программных систем», являются:

- освоение важнейших понятий в области создания и использования специализированных языков, позволяющих описать и от моделировать параллельный характер обработки информации в аппаратно-программных системах;
- знакомство с основными возможностями специальных языков, используемых в настоящее время в мировой практике при проектировании аппаратно-программных систем;

- изучение стандартизованных специальных языков, используемых в настоящее время в мировой практике при проектировании аппаратно-программных систем;
- получение практических навыков использования стандартизованных специальных языков для проверки поведения разрабатываемой аппаратной части системы обработки информации;
- ознакомление с основными возможностями синтеза логической схемы проектируемой аппаратной части системы, на основе описания ее поведения на стандартизованном специальном языке.

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 учебной дисциплины базируется на знаниях, полученных студентами в следующих дисциплинах: «Введение в специальность», «Методы программирования», «Дискретная математика и теория графов», «Теория булевых функций», «Теория электрических цепей и сигналов», «Основы математической электроники». В свою очередь знания, полученные при ее изучении, используются при последующем освоении дисциплин: «Системотехника аппаратно-программных систем», «Программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС)», «САПР», а также ряд специальных дисциплин.

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Языки описания аппаратно-программных систем» 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 языки описания программно-аппаратных систем, их особенности и место использования в процессе проектирования системы;
- возможности систем моделирования программно-аппаратных систем при использовании различных языков описания;
- возможности автоматического синтеза программно-аппаратных систем при использовании различных языков описания;

уметь:

- эффективно использовать специальные языки для описания различных программно-аппаратных систем и их отдельных блоков;

- использовать различные языки для моделирования поведения программно-аппаратных систем и их отдельных блоков на различных уровнях представления;
- использовать средства автоматического синтеза аппаратной части систем в процессе их создания;

владеть:

- основными приемами описания программно-аппаратных систем с использованием специальных алгоритмических языков;
- средствами моделирования поведения программно-аппаратных систем с использованием специальных алгоритмических языков;
- средствами синтеза аппаратной части программно-аппаратных систем с использованием специальных алгоритмических языков.

Структура учебной дисциплины

Учебная программа по дисциплине «Языки описания аппаратно-программных систем» предназначена для студентов очной формы получения высшего образования по специальности 1-31 03 01 Математика (по направлениям), направлению специальности 1-31 03 01-04 Математика (научно-конструкторская деятельность).

Дисциплина изучается в 5 и в 6 семестре. Всего на изучение учебной дисциплины «Языки описания аппаратно-программных систем» отведено 216 часов, из них 106 аудиторных часов, в том числе:

- 5 семестр – всего 108 часа, в том числе – 54 аудиторных часов, из них: лекции – 24 часов, лабораторные занятия - 24 часа, управляемая самостоятельная работа - 6 часа.

- 6 семестр – всего 108 часов, в том числе – 52 аудиторных часа, из них: лекции – 22 часов, лабораторные занятия – 24 часа, управляемая самостоятельная работа - 6 часов.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 6 зачетные единицы.

Форма текущей аттестации – зачет (в 5-м семестре) и экзамен (в 6-м семестре).

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. Лингвистическое обеспечение проектирования программно-аппаратных систем

Тема 1.1. Введение в языки описания АПС.

Основные этапы, используемые языки и особенности проектирования программно-аппаратных систем.

Раздел 2. Описание и моделирование поведения цифровых систем

Тема 2.1. Введение в язык VHDL.

История создания языка VHDL, версии, назначение. Лексические элементы и синтаксис. Предопределенные типы их атрибуты.

Тема 2.2. Стили описания аппаратуры на языке VHDL.

Структура описания. Test Bench. Подпрограммы. Пакеты. Блоки. Классы данных.

Тема 2.3. Моделирование параллельных процессов.

Сигналы. Процесс обработки событий при моделировании. Интерфейс, сущность, список чувствительности и условие запуска процесса. Разрешимые сигналы. Параллельные операторы. Различие в описании последовательный и параллельных процессов.

Тема 2.4. Последовательные операторы.

Примеры и приемы описания различных аппаратных устройств. Операторы IF, CASE, FOR, WAIT, REPORT.

Тема 2.5. Микропроцессор.

Примеры и приемы описания законченных систем: регистры, АЛУ, устройства управления, автоматы управления, ПЗУ, ОЗУ, микропроцессоры и микроконтроллеры.

Тема 2.6. Моделирование и синтез.

Синтезируемое подмножество языка VHDL. Примеры синтеза.

Тема 2.7. Введение в язык VERILOG.

Лексические элементы и синтаксис. Типы данных и соединений. Операции. Преобразование типов. Параметры. Атрибуты.

Тема 2.8. Базовые понятия в языке VERILOG.

Операторы ASSIGN, IF, CASE, FOR. Выражения. Виды задержек. Задачи и функции.

Тема 2.9. Параллельные вычисления в языке VERILOG.

Модуль. Порты. Связывание портов. Макро модули. Уровни описания. Операторы Always. Силы сигналов.

Тема 2.10. Микропроцессор на VERILOG.

Примеры и приемы описания законченных систем: регистры, АЛУ, устройства управления, автоматы управления, ПЗУ, ОЗУ, микропроцессоры и микроконтроллеры.

Тема 2.11. Сравнение VERILOG и VHDL.

Сравнение описаний на языках VERILOG и VHDL. Возможности преобразования описаний друг в друга. Совместное использование языков. Введение в VERILOG синтез. Синтезируемое подмножество.

Раздел 3. Описание поведения и моделирование смешанных систем

Тема 3.1. Описание аналоговых схем.

Язык описания списка связей и компонентов HSPICE. Определение компонентов, параметров, и подключений. Построение тестов и определение наблюдаемых сигналов и величин.

Тема 3.2. Введение в язык VHDL-AMS.

Язык VHDL-AMS для описания поведения и моделирования аналоговых, цифро-аналоговых, аналого-цифровых и смешанных систем. Дополнительные типы и подтипы.

Тема 3.3. Терминалы и физические величины.

Первые аппроксимации, дисциплины аналоговых сигналов. Атрибуты, точность и математические функции.

Тема 3.4. Стили описания аналоговых систем.

Кусочно-линейное определение. Моделирование с учетом температуры. Совместно исполняемые операторы. Процедурное моделирование. Потокное моделирование.

Тема 3.5. Домены моделирования.

Временной домен. Частотный домен. Шумовой домен. Особенности Структурное и потокное описания, их согласование.

Тема 3.6. Введение в язык VERILOG-AMS

Язык VERILOG-AMS для описания поведения и моделирования аналоговых, цифро-аналоговых, аналого-цифровых и смешанных систем. Лексические соглашения, типы данных, выражения и операторы.

Тема 3.7. Встроенные математические функции.

Стандартные и расширенные возможности. Обработка и генерация ошибок

Тема 3.8. Аналоговая подсистема.

Аналоговые сигналы, операции фильтрации, вычисления производных и интегралов. Фильтры: стандартные, широкополосные, Z фильтр. Типы анализов. Домены, драйверы, ресиверы и разрешения.

Тема 3.9. Смешанные сигналы.

Описание и моделирование смешанных систем. Преобразования Фурье, Лапласа.

Раздел 4. Описание поведения и моделирование аппаратно-программных систем

Тема 4.1. Введение в язык SystemC.

SystemC - средство для описания поведения и ускорения моделирования комплексных аппаратно-программных систем. Уровни абстракции и модели в SystemC. SystemC, как класс C++. Основные компоненты SystemC. Типы данных

и операторы SystemC. Модули, иерархия модулей, каналы, описание коммуникации между модулями. Интерфейсы. Ядро моделирования.

Тема 4.2. Процесс в SystemC

Основная единица выполнения: процесс SystemC. Понятие времени в SystemC. Параллелизм. Механизм моделирования в SystemC. Динамическая и статическая чувствительность. Прерывания. Предопределенные процессы в SystemC. Синхронизированные потоки. Программируемая иерархия. Отладка и трассировка.

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
1	Лингвистическое обеспечение проектирования АПС	2							
1.1	Введение в языки описания АПС	2						[1 – 8]	Устный опрос
2	Описание и моделирование поведения цифровых систем	22			24		6		
2.1	Введение в язык VHDL.	2			2			[1 – 8]	Защита лабораторной работы
2.2	Стили описания аппаратуры на языке VHDL.	2			2			[1 – 8]	Устный опрос
2.3	Моделирование параллельных процессов.	2			2			[1 – 8]	
2.4	Последовательные операторы.	2			4			[1 – 8]	Устный опрос
2.5	Микропроцессор.	2			6			[1 – 8]	Защита лабораторной работы
2.6	Моделирование и синтез.	2						[1 – 8]	
2.7	Введение в язык VERILOG.	2			2		6	[1 – 8]	Коллоквиум

2.8	Базовые понятия в языке VERILOG.	2			2			[1 – 8]	
2.9	Параллельные вычисления в языке VERILOG.	2			2			[1 – 8]	Устный опрос
2.10	Микропроцессор на VERILOG.	2			2			[1 – 8]	Защита лабораторной работы
2.11	Сравнение VERILOG и VHDL	2						[1 – 8]	
3	Описание поведения и моделирование смешанных систем.	18			24		6		
3.1	Описание аналоговых схем.	2			2			[1 – 8]	
3.2	Введение в язык VHDL-AMS.	2			4		6	[1 – 8]	Защита лабораторной работы
3.3	Терминалы и физические величины.	2			4			[1 – 8]	
3.4	Стили описания аналоговый систем.	2			4			[1 – 8]	Устный опрос
3.5	Домены моделирования.	2			2			[1 – 8]	Защита лабораторной работы
3.6	Введение в язык VERILOG -AMS	2			2			[1 – 8]	
3.7	Встроенные математические функции.	2			2			[1 – 8]	Устный опрос
3.8	Аналоговая подсистема.	2			2			[1 – 8]	Защита лабораторной работы
3.9	Смешанные сигналы.	2			2			[1 – 8]	
4	Описание поведения и моделирование АПС	4							
4.1	Введение в язык SystemC систем	2						[1 – 8]	
4.2	Процесс в SystemC.	2						[1 – 8]	Коллоквиум
	ИТОГО	46			48		12		

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. Суворова Е.А., Шейнин Ю.Е. Проектирование цифровых систем на VHDL. - СПб.: БХВ-Петербург, 2003.- 574с.
5. Перельройзен Е.З. Проектируем на VHDL. – М.: СОЛОН-Пресс, 2004. – 448с. Гурский Л.И., Степанец В.Я. Проектирование микросхем. - Мн.: Навука і техника, 1991.- 295с.
6. Поляков А.К. Языки VHDL и Verilog в проектировании цифровой аппаратуры. - М.: СОЛОН-Пресс, 2003.- 320с.
7. Бибило П.Н. Синтез логических схем с использованием языка VHDL.- М.: СОЛОН-Р, 2002.- 384с.
8. 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, коллоквиумов и защита лабораторных работ.

Формой текущей аттестации по дисциплине «Языки описания аппаратно-программных систем» учебным планом предусмотрен **зачет и экзамен.**

Итоговая отметка формируется на основе:

1. Правила проведения аттестации студентов, курсантов, слушателей при освоении содержания образовательных программ высшего образования (Постановление Министерства образования Республики Беларусь № 53 от 29.05.2012 г.).

2. Положения о рейтинговой системе оценки знаний обучающихся по учебной дисциплине в БГУ (Приказ ректора БГУ от 31.03.2020 № 189-ОД).

3. Критериев оценки результатов учебной деятельности, обучающихся в учреждениях высшего образования по десятибалльной шкале (Письмо Министерства образования Республики Беларусь от 28.05.2013 г. № 09-10/53-ПО).

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 для текущего контроля знаний и текущей аттестации студентов по дисциплине.

Рекомендуемые весовые коэффициенты, определяющие вклад текущего контроля знаний в итоговую отметку:

- устный опрос – 10 %;
- защита лабораторных работ – 80 %;
- коллоквиум – 10 %.

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

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов

Раздел 2. Описание и моделирование поведения цифровых систем

Тема 2.7. Введение в язык VERILOG (6 ч.)

Задание 1. Реализация комбинационных устройств.

Задание 2. Реализация последовательностных устройств.

Форма контроля – коллоквиум.

Раздел 3. Описание поведения и моделирование смешанных систем

Тема 3.2. Введение в язык VHDL-AMS. (6 ч.)

Задание 1. Описание ЦАП

Задание 2. Описание АЦП.

Задание 3. Описание ФАПЧ.

Задание 4. Описание усилителя.

Форма контроля – защита лабораторной работы.

Примерная тематика лабораторных работ

1. Введение в программную систему ModelSim. Подготовка и сравнительный анализ различных описаний логического элемента на языке VHDL.
2. Подготовка и моделирование различных описаний триггеров на языке VHDL.
3. Подготовка и моделирование различных описаний триггеров на языке VERILOG.
4. Введение в программную систему HDL Designer. Подготовка и моделирование регистрового блока.
5. Описание и моделирование устройства управления.
6. Описание и моделирование команд микроконтроллера.
7. Введение в программную систему ADMS. Подготовка и моделирование аналогового описания.

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины

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

- осуществление студентами личностно-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 зачету

1. Скалярные числовые типы данных.
2. Скалярные перечислимые типы данных.
3. Скалярные физические типы данных.
4. Составные типы данных.
5. Десятичные литералы.
6. Базовые литералы.
7. Строковые литералы.
8. Арифметические операции и выражения.
9. Логические операции и выражения.
10. Операции и выражения сравнения.
11. Операции и выражения конкатенации и логического сдвига.
12. Операции и выражения арифметического и циклического сдвига.
13. Атрибуты скалярных типов и подтипов данных.
14. Атрибуты массивов.
15. Атрибуты сигналов.
16. Оператор `variable_assignment_statement`.
17. Оператор `signal_assignment_statement`.

18. Оператор if_statement.
19. Оператор case_statement.
20. Оператор loop_statement.
21. Оператор next_statement, exit_statement.
22. Оператор wait_statement.
23. Оператор функции.
24. Оператор процедуры.
25. Оператор return_statement.
26. Оператор procedure_call_statement.
27. Оператор assertion_statement, report_statement.
28. Оператор process_statement.
29. Оператор concurrent_signal_assignment_statement (вариант conditional_signal_statement).
30. Оператор concurrent_signal_assignment_statement (вариант selected_signal_statement).
31. Оператор concurented_procedure_call_statement.
32. Оператор concurented_assertion_statement.
33. Оператор component_instalation_statement.
34. Оператор generate_statement.
35. Оператор block_statement.
36. Краткие основные сведения о языке Verilog.

Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Описание поведения регистрового файла и ОЗУ.
2. Описание поведения АЛУ и компаратора.
3. Описание поведения параллельных и последовательных (сдвиговых) регистров.
4. Устройство управления микропроцессора и конечные автоматы. Способы и формы описания поведения конечных автоматов. Общая схема описания функционирования конечного автомата и ее модификации.
5. Граф-схема алгоритма (ГСА) поведения микропрограммного автомата. Разметка ГСА для реализации автоматов Мили и Мура. Основные этапы подготовки описания выполнения команд микропроцессора.
6. Данные указательного типа в языке VHDL. Работа с указателями на массивы постоянной и переменной длины. Организация связанных структур данных с языке VHDL.
7. Файлы в языке VHDL. Виды файлов. Операции с файлами.
8. Основные отличительные черты языка VHDL-AMS. Декларация порта блока обработки информации в VHDL-AMS.
9. Дополнительные типы и подтипы данных в VHDL-AMS.

- 10.Дополнительные атрибуты, константы и математические функции в VHDL-AMS.
- 11.Операторы simultaneous statements и simultaneous statement procedural в VHDL-AMS.
- 12.Операторы if simultaneous statements и simultaneous statement case в VHDL-AMS.
- 13.Согласование потоковых и структурных моделей. Смешанное описание в VHDL-AMS. TEST BEANCH для моделирования аналогового и смешанного описания.
- 14.Задача синтеза аппаратных средств на основе их HDL описания. Синтезируемое подмножество языка VHDL. Скалярные типы данных синтезируемого подмножества языка VHDL.
- 15.Множества, структуры и другие типы данных синтезируемого подмножества VHDL. Интерпретация значений многозначного алфавита при выполнении синтеза.
- 16.Основные правила и приемы подготовки синтезируемого описания комбинационных схем.
- 17.Основные правила и приемы подготовки синтезируемого описания схем с памятью.
- 18.Назначения и примеры атрибутов синтеза. Мегакомментарий.
- 19.Общие сведения о языке Verilog-AMS.
- 20.Дополнительные лексические соглашения, ключевые слова, атрибуты, типы данных и обеспечение перехода между сетями разного типа в Verilog-AMS.
- 21.Математические функции в Verilog-AMS.
- 22.Описание поведения аналоговых блоков в Verilog-AMS.
- 23.Основные этапы разработки аппаратно-программных систем на кристалле и их возможные реализации при использовании различных языков.
- 24.Общие сведения и основные особенности языка SystemC. Ядро моделирования и время в SystemC.

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)
Программируемые логические интегральные схемы	Математическая кибернетика	нет	Оставить содержание учебной программы без изменений (протокол № 11 от 28.06.2023).

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