**Белорусский государственный университет**

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебной работе

_____ Э.П. Толстик
_____
(дата утверждения)
Регистрационный № Д-592/ 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)**

2015 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта высшего образования ОСВО 1-31 03 01-2013, 31.08.2013 и учебного плана G31-135/уч., 30.05.2013 специальности 1-31 03 01 Математика (по направлениям), направление 1-31 03 01-04 Математика (научно-конструкторская деятельность).

.

**Составитель:**
В.Я. Степанец, доцент кафедры математической кибернетики БГУ, кандидат технических наук, доцент

**Рецензенты:**

Кафедра микро- и наноэлектроники учреждения образования «Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники»;

**Соболевский Павел Иосифович** – главный научный сотрудник Института математики Национальной академии наук Беларуси, доктор физико-математических наук, профессор

**Рекомендована к утверждению:**

Кафедрой математической кибернетики Белорусского государственного университета (протокол № 9 от 25.05.2015);

Научно-методическим советом Белорусского государственного университета (протокол № 6 от 29 июня 2015 г.)

# 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.

Изложение материала дисциплины базируется на знаниях, полученных студентами в дисциплинах: «Введение в специальность», «Методы программирования и информатика», «Дискретная математика и теория графов», «Теория булевых функций», «Основы математической электроники». Непосредственными последователями курса являются дисциплины: «Прикладная теория автоматов», «САПР аппаратно-программных систем», «Программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС)».

**Цель 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.

**Образовательная цель:** ознакомление студентов с современными разработками в области создания специализированных алгоритмических языков и их использованием при решении различных актуальных прикладных задач.

**Развивающая цель:** получение студентами практических навыков использования специализированных алгоритмических языков при решении различных вопросов создания современных программно-аппаратных систем обработки информации.

**Воспитательная цель:** формирование у студентов стремления к дальнейшему получению знаний в области современной информатики и их

использованию при решении актуальных прикладных проблем современного общества.

**Основные задачи,** решаемые в рамках изучения дисциплины «Языки описания аппаратно-программных систем:

– освоение важнейших понятий в области создания и использования специализированных языков, позволяющих описать и отмоделировать 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 стандартизированных 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 стандартизированном специальном языке.

В результате изучения учебной дисциплины студент 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.

Форма получения высшего образования – дневная.

На изучение учебной дисциплины по специальности 1-31 03 01 «Математика (по направлениям)» (1-31 03 01-01 Математика (научно-конструкторская деятельность» предусмотрено 216 часов, в том числе 106 часов аудиторных занятий, включая 46 часов лекций, 48 часов лабораторных занятий, 12 часов УСР. Текущая аттестация по учебной дисциплине проводится в 5 семестре в форме зачета и 6 семестре в форме экзамена.

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

### Раздел 1. Лингвистическое обеспечение проектирования программно-аппаратных систем

**Тема 1.1.** Основные этапы, используемые языки и особенности проектирования программно-аппаратных систем.

### Раздел 2. Описание и моделирование поведения цифровых систем

**Тема 2.1.** Язык **VHDL**. Лексические элементы и синтаксис. Предопределенные типы их атрибуты.
**Тема 2.2.** Структура описания. Test Bench. Подпрограммы. Пакеты. Блоки.
**Тема 2.3.** Сигналы. Процесс обработки. Интерфейс, список чувствительности и условие запуска процесса. Разрешимые сигналы. Различные стили описания.
**Тема 2.4.** Операторы. Примеры и приемы описания различных аппаратных устройств.
**Тема 2.5.** Примеры и приемы описания законченных систем: микропроцессоров и микроконтроллеров.
**Тема 2.6.** Синтезируемое подмножество языка **VHDL**. Примеры синтеза.
**Тема 2.7.** Язык **VERILOG**. Лексические элементы и синтаксис. Типы данных и соединений. Операции. Преобразование типов. Параметры. Атрибуты.
**Тема 2.8.** Операторы. Выражения. Виды задержек. Задачи и функции.
**Тема 2.9.** Модуль. Порты. Связывание портов. Макро модули. Уровни описания. Операторы. Силы сигналов.
**Тема 2.10.** Примеры описания различных устройств на языке VERILOG. Сравнение описаний на языках VERILOG и VHDL.
**Тема 2.11.** 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.** VHDL-AMS и VERILOG -AMS - языки для описания поведения и моделирования аналоговых, цифро-аналоговых, аналого-цифровых и смешанных систем.
**Тема 3.2.** Язык VHDL-AMS. Дополнительные типы и подтипы.
**Тема 3.3.** **Т**ерминалы и физические величины. **А**трибуты и математические функции.
**Тема 3.4.** Совместно исполняемые операторы.
**Тема 3.5.** Структурное и потоковое описания, их согласование.
**Тема 3.6.** Язык VERILOG -AMS. Лексические соглашения, типы данных, выражения и операторы.
**Тема 3.7.** Встроенные математические функции.

**Тема 3.8.** Аналоговые сигналы, операции фильтрации, вычисления производных и интегралов.
**Тема 3.9.**Смешанные сигналы. Описание и моделирование смешанных систем.

## Раздел 4. Описание поведения и моделирование аппаратно-программных систем

**Тема 4.1.** 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.** 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

| Номер раздела, темы | Название раздела, темы | Количество аудиторных часов | | | | | Количество часов УСР | Форма контроля знаний |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Лекции | Практические занятия | Семинарские занятия | Лабораторные занятия | Иное | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| **1** | **Лингвистическое обеспечение проектирования программно-аппаратных систем** | **2** | | | | | | |
| 1.1 | Основные этапы, используемые языки и особенности проектирования программно-аппаратных систем | 2 | | | | | | |
| **2** | **Описание и моделирование поведения цифровых систем** | **22** | | | **24** | | **6** | |
| 2.1 | Язык **VHDL**. Лексические элементы и синтаксис. Предопределенные типы их атрибуты | 2 | | | 2 | | | |
| 2.2 | Структура описания. Test Bench. Подпрограммы. Пакеты. Блоки | 2 | | | 2 | | 2 | Контрольная работа |
| 2.3 | Сигналы. Процесс обработки. Интерфейс, список чувствительности и условие запуска процесса. Разрешимые сигналы. Различные стили описания | 2 | | | 2 | | | |
| 2.4 | Операторы. Примеры и приемы описания различных аппаратных устройств | 2 | | | 4 | | 2 | Контрольная работа |
| 2.5 | Примеры и приемы описания законченных систем: микропроцессоров и микроконтроллеров | 2 | | | 6 | | | |
| 2.6 | Синтезируемое подмножество языка **VHDL**. Примеры синтеза | 2 | | | | | | |
| 2.7 | Язык **VERILOG**. Лексические элементы и синтаксис. Типы данных и соединений. Операции. Преобразование типов. Параметры. Атрибуты | 2 | | | 2 | | | |
| 2.8 | Операторы. Выражения. Виды задержек. Задачи и функции | 2 | | | 2 | | | |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2.9 | Модуль. Порты. Связывание портов. Макро модули. Уровни описания. Операторы. Силы сигналов | 2 | | | 2 | | | |
| 2.10 | Примеры описания различных устройств на языке VERILOG. Сравнение описаний на языках VERILOG и VHDL | 2 | | | 2 | | 2 | Контрольная работа |
| 2.11 | Возможности преобразования описаний друг в друга. Совместное использование языков. Введение в VERILOG синтез. Синтезируемое подмножество | 2 | | | | | | |
| **3** | **Описание поведения и моделирование смешанных систем.** | **18** | | | **24** | | **4** | Контрольная работа |
| 3.1 | VHDL-AMS и VERILOG -AMS - языки для описания поведения и моделирования аналоговых, цифро-аналоговых, аналого-цифровых и смешанных систем | 2 | | | 2 | | | |
| 3.2 | Язык VHDL-AMS. Дополнительные типы и подтипы | 2 | | | 4 | | | |
| 3.3 | Терминалы и физические величины. Атрибуты и математические функции | 2 | | | 4 | | | |
| 3.4 | Совместно исполняемые операторы | 2 | | | 4 | | | |
| 3.5 | Структурное и потоковое описания, их согласование | 2 | | | 2 | | 2 | Контрольная работа |
| 3.6 | Язык VERILOG -AMS. Лексические соглашения, типы данных, выражения и операторы | 2 | | | 2 | | | |
| 3.7 | Встроенные математические функции | 2 | | | 2 | | | |
| 3.8 | Аналоговые сигналы, операции фильтрации, вычисления производных и интегралов | 2 | | | 2 | | 2 | Контрольная работа |
| 3.9 | Смешанные сигналы. Описание и моделирование смешанных систем | 2 | | | 2 | | | |
| **4** | **Описание поведения и моделирование аппаратно-программных систем** | **4** | | | | | **2** | |
| 4.1 | SystemC - средство для описания поведения и ускорения моделирования комплексных аппаратно-программных систем | 2 | | | | | | |
| 4.2 | Основная единица выполнения: процесс SystemC. Понятие | 2 | | | | | 2 | Контрольная работа |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | времени в SystemC. Параллелизм. Механизм моделирования в SystemC. | | | | | | | |
| | **ИТОГО** | **46** | | | **48** | | **12** | |

## ИНФОРМАЦИОННО - МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.

### Рекомендуемая учебная литература

| | |
|---|---|
| | **Основная литература** |
| 1 | Степанец В.Я. Языки описания РЭА и ЭВА: Набор слайдов. Электронное учебно-методическое пособие.- Минск: ММФ БГУ, 2015. – 370с. |
| 2 | Бибило П.Н. Системы проектирования интегральных схем на основе языка VHDL. StateCAD, ModelSim, LeonardoSpectrum.- М.: СОЛОН-Пресс, 2005. - 384с. |
| 3 | Перельройзен Е.З. Проектируем на VHDL. – М.: СОЛОН-Пресс, 2004. – 448с. |
| 4 | Суворова Е.А., Шейнин Ю.Е. Проектирование цифровых систем на VHDL. - СПб.: БХВ-Петербург, 2003.- 574с. |
| 5 | Поляков А.К. Языки VHDL и Verilog в проектировании цифровой аппаратуры. - М.: СОЛОН-Пресс, 2003.- 320с. |
| 6 | Бибило П.Н. Основы языка VHDL.- М.: СОЛОН-Р, 2002.- 224с. |
| 7 | Бибило П.Н. Синтез логических схем с использованием языка VHDL.- М.: СОЛОН-Р, 2002.- 384с. |
| 8 | Грушвицкий Р.И., Мурсаев А.Х., Угрюмов Е.П. Проектирование систем на микросхемах программируемой логики. – СПб.: БХВ-Петербург, 2002. – 608 с. |
| 9 | Бибило П.Н. Основы языка VHDL.- Минск:: Ин-т техн. Кибернетики НАН Беларуси, 1999. – 202с. |
| | **Дополнительная литература** |
| 10 | Казённов Г.Г. Основы проектирования интегральных схем и систем. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005. – 295с. |
| 11 | VHDL для моделирования, синтеза и формальной верификации аппаратуры / Пер. с англ.-М.: Радио и связь, 1995.- 360с. |
| 12 | VHDL’92. Новые свойства языка описания аппаратуры VHDL / Пер. с англ.-М.: Радио и связь, 1995.- 256с. |

| | |
|---|---|
| 13 | Армстронг Дж.Р. Моделирование цифровых систем на языке VHDL / Пер. с англ.-М.: Мир, 1992.- 175с. |
| 14 | Ashenden P.J., Lewis J. The Designer's Guide to VHDL-2008. – Morgan Kufmann publisher, 2008. – 910p. |
| 15 | Ashenden P.J. VHDL-2008. Just the New Stuff. – Morgan Kufmann publisher, 2008. – 255p. |
| 16 | Black D.C., Donovan J. SystemC: From the Ground Up. - Kluwer Acad. Publisher, 2004. – 263p. |
| 17 | Singh L., Drucker L., Khan N. Advanced Verification Techniques: A SystemC Based Approach for Succesfull. - Kluwer Acad. Publisher, 2004. – 387p. |
| 18 | VHDL-AMS Quick Reference.- Mentor Graphics Corporation, 2002.- 8p. |
| 19 | Verilog-AMS Language Reference Manual. Analog & Mixed-Signal Extension to Verilog HDL. – Accellera Inc., 2004.- 424p. |
| 20 | Sutherland S. Verilog@ HDL Quick Reference Guide – based on Verilog-2001 standard.- Sutherland HDL, Inc., 2001. - 48p. |
| 21 | Lee J. Verilog – Quickstart.- Kluwer Acad. Publisher, 1999. – 324p. |
| 22 | Cristen E., Bakalar K., Demey A.M., Moser E. Analog and Mixed-Signal Modeling Using the VHDL-AMS Language // Tutorial of 36-th Design Automation Conference, New Orleans, June 21-25, 1999. – 199p. |
| 23 | Carlson S. Introduction to HDL-Based Design Using VHDL. – Synopsys Inc., 1991. – 178. |
| 24 | Asheden P.J. The VHDL Cookbook.- University of Adelaide, South Australia.- 1990.- 111p. |
| 25 | IEEE Standard VHDL Laguage Reference Manual.- IEEE Std 1076-1993 |
| 26 | IEEE Standard VHDL Analog and Mixed-Signal Extensions.- ISBN 0-7381-1640-8 |

## Диагностика компетенций студента

С целью текущего контроля предусматривается проведение контрольных и лабораторных работ. По итогам первого семестра обучения проводится зачет, по итогам второго семестра обучения - экзамен.

## Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы студентов по учебной дисциплине

Самостоятельная работа студентов - это любая деятельность, связанная с воспитанием мышления будущего специалиста. Под самостоятельной работой при изучении дисциплины понимается совокупность всей самостоятельной деятельности студентов как в учебной аудитории, так и вне её, в контакте с преподавателем и в его отсутствии.

Самостоятельная работа реализуется:

1. Непосредственно в процессе аудиторных занятий - на лекциях и при выполнении лабораторных работ.
2. В контакте с преподавателем вне рамок расписания - на консультациях по учебным вопросам, в ходе творческих контактов, при ликвидации задолженностей, при выполнении индивидуальных заданий и т.д.
3. В библиотеке, дома, в общежитии, на кафедре при выполнении студентом учебных и творческих задач.

При изучении дисциплины организация самостоятельной работы студентов должна представлять единство трех взаимосвязанных форм:

1. Внеаудиторная самостоятельная работа;
2. Аудиторная самостоятельная работа, которая осуществляется под непосредственным руководством преподавателя;
3. Творческая, в том числе научно-исследовательская работа.

Виды внеаудиторной самостоятельной работы студентов должны быть разнообразны: подготовка и написание рефератов, докладов, очерков и других письменных работ на заданные темы.

Аудиторная самостоятельная работа может реализовываться при выполнении лабораторного практикума и во время чтения лекций.

При чтении лекционного материала дисциплины непосредственно в аудитории необходимо контролировать усвоение материала основной массой студентов путем проведения экспресс-опросов, в том числе в начале лекции по материалу предыдущей лекции и в конце текущей лекции по материалу текущей секции. Это позволяет сделать процесс обучения более интересным и поднять активность значительной части студентов в группе.

Результативность самостоятельной работы студентов во многом определяется наличием активных методов ее контроля. При изучении дисциплины рекомендуется использовать следующие виды контроля:

– входной контроль знаний и умений студентов при начале изучения дисциплины;

– текущий контроль, то есть регулярное отслеживание уровня усвоения материала на лекциях и лабораторных занятиях;

– промежуточный контроль по окончании изучения раздела дисциплины при проведении контрольной работы и по окончании выполнения лабораторной работы;

– самоконтроль, осуществляемый студентом в процессе изучения дисциплины при подготовке к контрольным мероприятиям;

– итоговый контроль по дисциплине в виде зачета или экзамена;

– контроль остаточных знаний и умений спустя определенное время после завершения изучения дисциплины, в частности при изучении дисциплины САПР аппаратно-программных систем.

## Рекомендуемые темы контрольных работ и лабораторных занятий

**Контрольные работы:**

1. Лексические элементы, типы данных и операции языка VHDL.
2. Последовательные операторы языка VHDL.
3. Параллельные операторы языка VHDL.
4. Лексические элементы, типы данных, операции и операторы языка VERILOG.
5. Лексические элементы, типы данных, операции, операторы и примеры использования языка VHDL-AMS.
6. Описание микропроцессора на языке VHDL.
7. Основные особенности SystemC.

**Лабораторные занятия:**

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.

## Рекомендации по организации обучения на основе модульного подхода

По содержанию материала и срокам его изложения дисциплина «Языки описания РЭА и ЭВА» соответствует четырем учебным модулям.

## Рекомендации по изложению материала и организации внеаудиторной работы студентов

При изложении учебного материала и проведение практических занятий рекомендуется использовать слайды.

Для облегчения усвоения материала, его повторения и закрепления в ходе внеаудиторной работы рекомендуется использование специализированных интерактивных электронных учебных пособий.

Выполнение практических занятий рекомендуется проводить с использованием соответствующих программных средств.

# ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

| Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование | Название кафедры | Предложения об изменениях в содержании учебной программы УВО по изучаемой учебной дисциплине | Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола) |
|---|---|---|---|
| «Введение в специальность», «Дискретная математика и теория графов», «Теория булевых функций», «Основы математической электроники» | Кафедра математической кибернетики | Нет. | Оставить содержание учебной дисциплины без изменения. Протокол заседания кафедры МК № 9 от 25.05.2015 |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ**
**К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УВО ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ на _____/_____ учебный год**

| № п/п | Дополнения и изменения | Основание |
|---|---|---|
| | | |

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры «Математической кибернетики» (протокол № от 201 г.)

Заведующий кафедрой
д-р ф.-м. н., профессор _____
(степень, звание) (подпись) (И.О.Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета
к. ф.-м. н., доцент _____
(степень, звание) (подпись) (И.О.Фамилия)