

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учебно-методическое объединение по образованию
в области информатики и радиоэлектроники

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель Министра образования
Республики Беларусь

_____ И.А. Старовойтова

Регистрационный № ТД-_____/тип.

**АРИФМЕТИЧЕСКИЕ И ЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ**

Типовая учебная программа по учебной дисциплине
для специальности:

1- 40 02 01 Вычислительные машины, системы и сети

СОГЛАСОВАНО

Начальник Управления
электроники и приборостроения,
электротехнической и оптико-
механической промышленности
Министерства промышленности
Республики Беларусь

_____ А.С. Турцевич

СОГЛАСОВАНО

Председатель Учебно-методического
объединения по образованию в
области информатики и
радиоэлектроники

_____ В.А. Богущ

СОГЛАСОВАНО

Начальник Главного управления
профессионального образования
Министерства образования
Республики Беларусь

_____ С.А. Касперович

СОГЛАСОВАНО

Проректор по научно-методической
работе Государственного учреждения
образования «Республиканский
институт высшей школы»

_____ И.В. Титович

Эксперт-нормоконтролер

Минск 2021

СОСТАВИТЕЛЬ:

Ю.А. Луцик, доцент кафедры электронных вычислительных машин учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», кандидат технических наук, доцент.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Кафедра информационных систем управления Белорусского государственного университета (протокол № 9 от 25.03.2021 г.);

М.М. Лукашевич, руководитель проекта ИООО «Софтек Девелопмент», кандидат технических наук, доцент.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ В КАЧЕСТВЕ ТИПОВОЙ:

Кафедрой электронных вычислительных машин учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» (протокол № 13 от 15.03.2021 г.);

Научно-методическим советом учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» (протокол № 10 от 21.05.2021 г.);

Научно-методическим советом по разработке программного обеспечения и информационно-коммуникационным технологиям Учебно-методического объединения по образованию в области информатики и радиоэлектроники (протокол № 5 от 04.05.2021 г.).

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

ХАРАКТЕРИСТИКА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Типовая учебная программа по учебной дисциплине «Арифметические и логические основы цифровых устройств» разработана для студентов учреждений высшего образования, обучающихся по специальности 1-40 02 01 «Вычислительные машины, системы и сети» в соответствии с требованиями образовательного стандарта высшего образования первой ступени и типового учебного плана вышеуказанной специальности.

Актуальность изучения учебной дисциплины определяется необходимостью обладания знаниями об алгоритмах, лежащих в основе функционирования цифровых устройств, и методах их оптимизации для успешного решения задачи проектирования этих устройств. Учебная дисциплина «Арифметические и логические основы цифровых устройств» также направлена на развитие аналитического и системного мышления, инициативности, привитие обучающимся потребности в профессиональном самосовершенствовании и саморазвитии.

ЦЕЛЬ, ЗАДАЧИ, РОЛЬ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель учебной дисциплины: овладение студентами информационными основами цифровых автоматов; методами представления чисел в ЭВМ, алгоритмами выполнения основных арифметических и логических операций; логическими основами цифровых устройств на основе изучения алгебры логики; методами контроля передачи информации; знаниями в области синтеза операционных автоматов; методами синтеза управляющих автоматов.

Задачи дисциплины:

приобретение знаний о задачах разработки алгоритмов функционирования устройств цифровой техники;

освоение студентами основополагающих вопросов организации цифровых устройств;

изучение принципов построения отдельных составных частей устройств цифровой техники, их взаимосвязи;

овладение методами проектирования цифровых устройств.

Учебная дисциплина изучается на первом курсе и базируется на знаниях, полученных студентами при освоении содержания дисциплин «Информатика» и «Математика» уровня общего среднего образования, а также информационно связана с учебной дисциплиной «Основы алгоритмизации и программирования». В свою очередь учебная дисциплина «Арифметические и логические основы цифровых устройств» является базой для таких учебных дисциплин, как «Схемотехника» (компонент учреждения высшего образования), «Структурная и функциональная организация вычислительных машин», «Дискретная математика».

ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате изучения учебной дисциплины «Арифметические и логические основы цифровых устройств» формируются следующие компетенции *универсальные:*

1) владеть основами исследовательской деятельности, осуществлять поиск, анализ и синтез информации;

2) обладать навыками саморазвития и совершенствования в профессиональной деятельности;

3) проявлять инициативу и адаптироваться к изменениям в профессиональной деятельности;

базовые профессиональные:

строить схемы для реализации алгоритмов основных арифметических операций, описывать цифровые устройства в виде системы булевых функций и применять аппарат булевой алгебры для ее упрощения, синтезировать управляющие автоматы с помощью методов теории конечных автоматов.

В результате изучения учебной дисциплины обучающийся должен:

знать:

сравнительные характеристики различных систем счисления;

способы кодирования информации для выполнения арифметических операций на основе машинных алгоритмов;

свойства булевых функций и методы их минимизации;

методы абстрактного и структурного синтеза конечных автоматов;

уметь:

выполнять арифметические операции в различных системах счисления;

выполнять арифметические операции на основе машинных алгоритмов и разрабатывать устройства их реализующие;

применять методы минимизации булевых функций для упрощения спроектированных устройств;

применять методы абстрактного и структурного синтеза конечных автоматов;

владеть:

основами исследовательской деятельности, осуществлять поиск, анализ и синтез информации;

навыками саморазвития и совершенствования в профессиональной деятельности;

способностью проявлять инициативу и адаптироваться к изменениям в профессиональной деятельности.

Программа рассчитана на 386 учебных часов, из них 174 – аудиторных.

Примерное распределение аудиторных часов по видам занятий: лекций – 74 часа, практических занятий – 100 часов. Курсовая работа – 30 часов.

ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Наименование раздела, темы	Всего аудиторных, часы	Лекции, часы	Практические занятия, часы
Раздел 1. Введение. Информационные основы работы цифровых устройств	8	4	4
Тема 1. Основные понятия теории информации	4	2	2
Тема 2. Электронные вычислительные машины	4	2	2
Раздел 2. Арифметические основы цифровых устройств	70	32	38
Тема 3. Системы счисления	6	2	4
Тема 4. Кодирование чисел	6	2	4
Тема 5. Устройства, обеспечивающие выполнение арифметических операций	6	2	4
Тема 6. Формы представления чисел в ЭВМ	8	4	4
Тема 7. Машинные методы умножения	18	8	10
Тема 8. Машинные методы деления	6	4	2
Тема 9. Двоично-десятичные коды (BCD-коды)	8	4	4
Тема 10. Некоторые другие системы счисления	4	2	2
Тема 11. Контроль передачи информации	8	4	4
Раздел 3. Логические основы цифровых устройств	58	22	36
Тема 12. Основные понятия алгебры логики	8	4	4
Тема 13. Методы минимизации ФАЛ	28	10	18
Тема 14. Стандартные функциональные узлы цифровой техники	8	2	6
Тема 15. Реализация (эмуляция) логических схем в среде проектирования Quartus	14	6	8
Раздел 4. Введение в теорию конечных автоматов	38	16	22
Тема 16. Основные понятия теории конечных автоматов	8	2	6
Тема 17. Канонический метод синтеза	12	6	6
Тема 18. Синтез микропрограммных автоматов	12	6	6
Тема 19. Проблемы в работе микропрограммных автоматов	6	2	4
Итого:	174	74	100

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. ВВЕДЕНИЕ. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ОСНОВЫ РАБОТЫ ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ

Тема 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ТЕОРИИ ИНФОРМАЦИИ

Формы представления информации, мера информации, передача информации.

Тема 2. ЭЛЕКТРОННЫЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ

Общая структура вычислительной техники. Структурные схемы вычислительных машин и вычислительных систем. Общее понятие алгоритма.

Раздел 2. АРИФМЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ

Тема 3. СИСТЕМЫ СЧИСЛЕНИЯ

Системы счисления (с.с.): общие понятия, разновидности. Весовые соотношения разрядов для разных с.с. Двоичная с.с. Критерии выбора с.с. Перевод чисел из одной с.с. в другую. Выполнение арифметических операций в различных с.с.

Тема 4. КОДИРОВАНИЕ ЧИСЕЛ

Кодирование чисел. Замена операции вычитания операцией сложения. Прямой код, дополнительный код, обратный код. Сравнительная оценка кодов чисел. Кодирование нуля в прямом, дополнительном и обратном кодах. Переполнение разрядной сетки. Модифицированные коды и их применение.

Тема 5. УСТРОЙСТВА, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ ВЫПОЛНЕНИЕ АРИФМЕТИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ

Регистр, сдвиговый регистр. Сумматор прямого, обратного и дополнительного кодов. Сумматор последовательного и параллельного сложения.

Тема 6. ФОРМЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЧИСЕЛ В ЭВМ

Формы представления чисел в ЭВМ (с фиксированной и плавающей точкой). Диапазон представления чисел. Сравнительная оценка различных форм представления чисел. Сложение чисел с фиксированной и плавающей точкой. Методы ускорения операции сложения.

Тема 7. МАШИННЫЕ МЕТОДЫ УМНОЖЕНИЯ

Машинные методы умножения чисел в прямых кодах. Четыре метода (алгоритма) умножения чисел представленных в форме с фиксированной точкой. Структурная схема, временные характеристики операционных автоматов для алгоритмов умножения. Ускорение операции умножения на примере умножения: с хранением переносов, на 2, 4 и т.д. разрядов одновременно.

Умножение чисел в дополнительных кодах для всех случаев сочетания знаков сомножителей. Особенности умножения чисел представленных в форме с плавающей запятой.

Матричные методы умножения.

Тема 8. МАШИННЫЕ МЕТОДЫ ДЕЛЕНИЯ

Машинные методы деления: с восстановлением и без восстановления остатка. Деление в дополнительных кодах. Структурная схема операционного автомата для деления чисел. Методы ускорения операции деления чисел. Особенности деления чисел представленных в форме с плавающей запятой.

Тема 9. ДВОИЧНО-ДЕСЯТИЧНЫЕ КОДЫ (BCD-КОДЫ)

Двоично-десятичные коды (BCD-коды). Примеры кодирования десятичных цифр. Сложение чисел с одинаковыми и разными знаками. Одноразрядный комбинационный двоично-десятичный сумматор. Двоично-десятичные коды с избытком.

Тема 10. НЕКОТОРЫЕ ДРУГИЕ СИСТЕМЫ СЧИСЛЕНИЯ

Системы счисления в остаточных классах (СОК). Перевод чисел из позиционной с.с. в СОК и обратно. Способы введения отрицательных чисел. Арифметические операции в СОК.

Тема 11. КОНТРОЛЬ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

Основные понятия теории кодирования. Контроль передачи информации: контроль на четность, на нечетность. Условие обнаружения одиночных ошибок. Код Хемминга. Выбор числа контрольных разрядов. Выбор позиций, для которых должно быть соблюдено условие четности, выбор позиций для контрольных разрядов.

Раздел 3. ЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ

Тема 12. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ АЛГЕБРЫ ЛОГИКИ

Основные понятия алгебры логики. Простые и сложные высказывания, двоичные переменные (аргументы) и функции алгебры логики (ФАЛ). Способы задания и формы представления ФАЛ. Основные законы и правила алгебры логики. Запись ФАЛ в различных формах, их взаимосвязь. Понятие покрытия ФАЛ. Диаграммы Венна.

Логический базис. Функциональная полнота логического базиса. Классы функций алгебры логики. Функционально полная система функций алгебры логики. Функционально полные наборы.

Тема 13. МЕТОДЫ МИНИМИЗАЦИИ ФАЛ

Методы минимизации ФАЛ. Минимизация ФАЛ методом Квайна (Квайна Мак Класки). Метод минимизирующих карт Вейча (Карно). Минимизация не

полностью определенных (частичных) функций. Кубическое задание ФАЛ. Алгоритм извлечения (Рота).

Применения законов и правил алгебры логики на примерах синтеза некоторых цифровых устройств вычислительной техники: полусумматора и полного двоичного комбинационного сумматора, полного комбинационного сумматора на 2 полусумматорах, синтеза вычитающего устройства (вычитателя), сумматора-вычитателя, триггера со счетным входом как полного сумматора.

Тема 14. СТАНДАРТНЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ УЗЛЫ ЦИФРОВОЙ ТЕХНИКИ

Стандартные функциональные узлы цифровой техники – мультиплексоры (демультиплексоры), дешифраторы (шифраторы). Их внутренняя логическая структура. Использование при синтезе логических схем.

Тема 15. РЕАЛИЗАЦИЯ (ЭМУЛЯЦИЯ) ЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ В СРЕДЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ QUARTUS

Среда проектирования Quartus: характеристики, особенности функционирования. Описание логической схемы для ее эмуляции в Quartus. Эмуляция логической схемы.

Раздел 4. ВВЕДЕНИЕ В ТЕОРИЮ КОНЕЧНЫХ АВТОМАТОВ

Тема 16. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ТЕОРИИ КОНЕЧНЫХ АВТОМАТОВ

Основные понятия теории конечных автоматов. Абстрактный и структурный автоматы. Автоматы Мили и Мура. Способы задания автоматов.

Тема 17. КАНОНИЧЕСКИЙ МЕТОД СИНТЕЗА

Память автомата, триггеры. Канонический метод синтеза.

Тема 18. СИНТЕЗ МИКРОПРОГРАММНЫХ АВТОМАТОВ

Принцип микропрограммного управления. Граф-схема алгоритма (ГСА). Микропрограммные автоматы (МПА). Таблица переходов и структурная таблица МПА. Матричные структуры. Синтез МПА Мили (Мура) по ГСА. Методы декомпозиции при синтезе МПА.

Тема 19. ПРОБЛЕМЫ В РАБОТЕ МИКРОПРОГРАММНЫХ АВТОМАТОВ

Синхронизация автоматов. Гонки. Риск сбоя.

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**ЛИТЕРАТУРА****ОСНОВНАЯ**

1. Савельев, А. Я. Прикладная теория цифровых автоматов : учебник для вузов по спец. ЭВМ / А. Я. Савельев. – М. : Высшая школа, 1987. – 272 с.
2. Савельев, А. Я. Основы информатики : учебник для вузов / А. Я. Савельев. – М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001. – 328 с.
3. Лысиков, Б. Г. Цифровая и вычислительная техника : учебник / Б. Г. Лысиков. – Минск : Экоперспектива, 2002. – 264 с.
4. Лысиков, Б. Г. Арифметические и логические основы цифровых автоматов : учебник для вузов по специальности «ЭВМ» / Б. Г. Лысиков. – 2-е изд. – Минск : Вышэйшая школа, 1980. – 336 с.
5. Баранов, С. И. Цифровые устройства на программируемых БИС с матричной структурой / С. И. Баранов, В. А. Складаров. – М. : Радио и связь, 1986. – 272 с.
6. Самофалов, К. Г. Прикладная теория цифровых автоматов / К. Г. Самофалов. – Киев : Вища школа, 1987. – 375 с.
7. Гашков, С. Б. Системы счисления и их применение / С. Б. Гашков. – М. : МЦНМО, 2004. – 52 с.
8. Андреева, Е. Н. Системы счисления и компьютерная арифметика / Е. Н. Андреева, И. Н. Фалина. – 2-е изд. – М. : Лаборатория Базовых Знаний, 2000. – 248 с.
9. Карпов, Ю. Г. Теория автоматов / Ю. Г. Карпов. – СПб. : Питер, 2003. – 208 с.
10. Луцик, Ю. А. Арифметические и логические основы вычислительной техники : учебное пособие / Ю. А. Луцик, И. В. Лукьянова. – Минск : БГУИР, 2014.
11. Искра, Н. А. Арифметические и логические основы вычислительной техники : пособие / Н. А. Искра, И. В. Лукьянова, Ю. А. Луцик. – Минск : БГУИР, 2016. – 75 с.
12. Куприянова, Д. В. Арифметические и логические основы вычислительной техники : пособие / Д. В. Куприянова, И. В. Лукьянова, Ю. А. Луцик. – Минск : БГУИР, 2021.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

13. Миллер, Р. Теория переключательных схем : в 2 т. Т. 1 : Комбинационные схемы / Р. Е. Миллер ; пер. с англ. В. В. Воржевой, Е. С. Согомояна ; под ред. П. П. Пархоменко. – М. : Наука, 1970. – 416 с.
14. Питерсон, У. Коды исправляющие ошибки / У. Питерсон, Э. Уэлдон. – М. : Мир, 1976.
15. Блейхут, Р. Э. Теория и практика кодов, контролирующих ошибки / Р. Э. Блейхут ; пер. с англ. И. И. Грушко, В. М. Блиновского ; под ред. К. Ш. Зигангирова. – М. : Мир, 1986. – 576 с.

16. Мак-Вильямс, Ф. Д. Теория кодов, исправляющих ошибки / Ф. Д. Мак-Вильямс, Слоэн Н. Д. А. ; пер. с англ. И. И. Грушко, В. А. Зиновьева ; под ред. Л. А. Бассалыго. – М. : Связь, 1979. – 744 с.

17. Баранов, С. И. Синтез микропрограммных автоматов / С. И. Баранов. – Л. : Энергия, 1979. – 232 с.

18. Акушинский, И. Я. Машинная арифметика в остаточных классах / И. Я. Акушинский, Д. И. Юдицкий. – М. : Советское радио, 1968.

19. Угрюмов, Е. П. Цифровая схемотехника : учебное пособие для студентов вузов / Е. П. Угрюмов. – 3-е изд. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2010. – 816 с.

20. Захаров, Н. Г. Синтез цифровых автоматов : учебное пособие / Н. Г. Захаров, В. Н. Рогов. – Ульяновск : УлГТУ, 2003. – 135 с.

21. Бартоломей, П. И. Логические основы теории дискретных автоматов : учебное пособие / П. И. Бартоломей. – Екатеринбург, Уральский ГТУ, 2001. – 52 с.

22. Гашков, С. Б. Занимательная компьютерная арифметика: быстрые алгоритмы операций с числами и многочленами / С. Б. Гашков. – М. : ЛИБРОКОМ, 2012. – 224 с.

23. Окулов, С. М. Алгоритмы компьютерной арифметики / С. М. Окулов. – М. : БИНОМ, 2020. – 288 с.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

При изучении учебной дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

контролируемая самостоятельная работа в виде решения индивидуальных задач в аудитории во время проведения практических занятий под контролем преподавателя;

подготовка курсовой работы по индивидуальным заданиям, в том числе разноуровневым.

ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМЫХ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИКИ КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТА

Типовым учебным планом по специальности 1-40 02 01 «Вычислительные машины, системы и сети» в качестве формы текущей аттестации по учебной дисциплине «Арифметические и логические основы цифровых устройств» рекомендуется экзамен и курсовая работа.

Оценка учебных достижений студента производится по десятибалльной шкале.

Для промежуточного контроля по учебной дисциплине и диагностики компетенций студентов могут использоваться следующие формы:

устный опрос по теме занятия;

проведение проверочных работ по изученной теме (разделу);

контроль (процентвка) выполнения курсовой работы;
защита курсовой работы.

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ МЕТОДЫ (ТЕХНОЛОГИИ) ОБУЧЕНИЯ

Основные рекомендуемые методы (технологии) обучения, отвечающие целям и задачам учебной дисциплины:

проблемное обучения (проблемное изложение, вариативное изложение, частично-поисковый метод), реализуемое на лекционных занятиях;

учебно-исследовательская деятельность, творческий подход, реализуемые на практических занятиях;

проектные технологии, используемые при проектировании конкретного объекта, реализуемые при выполнении курсовой работы.

КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Курсовая работа предполагает синтез цифровых схем арифметических устройств, выполняющих операции сложения и умножения над числами, представленными в форме с плавающей запятой.

По исходным данным необходимо разработать:

1. Алгоритм выполнения операции умножения и сложения;
2. Структурную схему вычислительного устройства, выполняющего сложение и умножение, определить время умножения с учетом временных задержек в комбинационных схемах;
3. Функциональные схемы основных узлов проектируемого устройства в заданном логическом базисе.

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ КУРСОВЫХ РАБОТ

1. Синтез устройства умножения, согласно алгоритму умножения начиная с младших разрядов множителя со сдвигом частичной суммы вправо в заданном элементном базисе;

2. Синтез устройства умножения, согласно алгоритму умножения начиная с младших разрядов множителя со сдвигом частичного произведения влево в заданном элементном базисе;

3. Синтез устройства умножения, согласно алгоритму умножения начиная со старших разрядов множителя со сдвигом частичной суммы влево в заданном элементном базисе;

4. Синтез устройства умножения, согласно алгоритму умножения начиная со старших разрядов множителя со сдвигом частичного произведения вправо в заданном элементном базисе.

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

1. Основные понятия информатики;
2. Системы счисления;
3. Кодирование чисел;
4. Переполнение разрядной сетки;
5. Регистр, сумматор;
6. Формы представления чисел в ЭВМ;
7. Машинные методы умножения в прямых кодах;
8. Машинные методы ускоренного умножения в прямых кодах;
9. Машинные методы умножения в дополнительных кодах;
10. Машинные методы ускоренного умножения в дополнительных кодах;
11. Машинные методы деления чисел;
12. Двоично-десятичные коды;
13. Операции в других системах счисления;
14. Контроль передачи информации;
15. Булевы функции;
16. Представление булевых функций;
17. Применение законов булевой алгебры;
18. Методы минимизации булевых функций;
19. Не полностью определенные (частичные) функции;
20. Применение дискретных элементов при построении функциональных схем;
21. Использование стандартных функциональных узлов цифровой техники при построении функциональных схем;
22. Описание абстрактных автоматов (автомат Мили/Мура);
23. Канонический метод синтеза структурного автомата Мили/Мура;
24. Граф-схема алгоритма;
25. Синтез структурного автомата Мили/Мура по граф-схеме алгоритма.

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ

(необходимого оборудования, наглядных пособий и т. п.)

1. MS Windows.
2. Платы с ПЛИС Altera.
3. Quartus.
4. Proteus.
5. MS Office (Visio, Word).