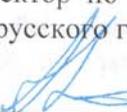


БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
Белорусского государственного университета


(подпись)

А.Л.Голстик

20.06.2014
(дата утверждения)

Регистрационный № УД- 1294 /баз.

ОСНОВЫ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

Учебная программа учреждения высшего образования по учебной дисциплине
для специальности:

1-31 03 01 **Математика (по направлениям)**

Направление

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

2014 г.

СОСТАВИТЕЛЬ

В.Я. СТЕПАНЕЦ, доцент кафедры математической кибернетики механико-математического факультета Белорусского государственного университета, кандидат технических наук, доцент.

РЕЦЕНЗЕНТЫ

П.И. Соболевский – главный научный сотрудник Института математики Национальной академии наук Беларуси, доктор физико-математических наук, профессор.

В.Р. Стемпицкий – доцент кафедры микро и наноэлектроники Государственного учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», кандидат технических наук, доцент.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой математической кибернетики механико-математического факультета Белорусского государственного университета
(протокол № ___ от _____ 20__ г.);

Научно-методическим советом Белорусского государственного университета
(протокол № __ от _____ 20__ г.).

Ответственный за редакцию: В. Я. Степанец
Ответственный за выпуск: В. Я. Степанец

Пояснительная записка

XXI столетие часто называют веком информационных технологий. Это обусловлено все более и более широким использованием различных универсальных и специализированных систем обработки информации в научной и производственной деятельности, в сфере организации досуга и в быту.

В соответствии с этим в мировом сообществе проблемы разработки сложных программно-аппаратных систем обработки данных, а соответственно, и подготовки нового поколения специалистов, способных успешно решать их, отнесены к наиболее актуальным проблемам современности. Принято считать, что специалисты этого профиля в ближайшее время станут наиболее востребованными в современном обществе.

Для Республики Беларусь, у которой отсутствует 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.

Целью настоящего курса является изучение студентами-математиками научно-конструкторского направления физико-математических основ реализации в современных программно-аппаратных «Системах на Кристалле» логических и арифметических преобразований, коммутации и хранения данных, представленных в цифровом и аналоговом виде.

Изложение дисциплины базируется на знаниях, полученных студентами при изучении таких дисциплин как «Введение в специальность», «Дискретная математика и теория графов», «Теория булевых функций», «Физика», «Физические основы электроники». В свою очередь знания, полученные при ее изучении, являются основой для последующего изучения дисциплин «Языки описания программно-аппаратных систем», «Теория сигналов, цепей и схемотехника», «Системотехника программно-аппаратных систем», «Прикладная теория автоматов», «САПР», а также ряда специальных дисциплин.

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

- основные понятия, определения, математические и алгоритмические описания базовых процессов ввода, передачи, преобразования, хранения, коммутации, шифрации и дешифрации данных в цифровых и аналоговых аппаратно-программных системах обработки информации;
- алгоритмы построения и электрические схемы основных компонентов цифровых и аналоговых аппаратно-программных систем обработки информации;

уметь:

- использовать полученные знания при подготовке описаний поведения различных регистровых блоков и комплексных программно-аппаратных систем обработки информации с использованием специальных алгоритмических языков и анализе результатов автоматического (автоматизированного) синтеза их электрических схем;

владеть:

- основными приемами проектирования базовых элементов и блоков аппаратной части программно-аппаратных систем;
- основными особенностями использования специальных языков при описании поведения базовых элементов и блоков аппаратной части программно-аппаратных систем;
- основными приемами использования программного обеспечения при описании поведения и конструкции элементов и блоков аппаратной части программно-аппаратных систем.

В соответствии с типовым учебным планом по направлению специальности 1-31 03 01-04 «Математика (научно-конструкторская деятельность)», учебная программа предусматривает для изучения дисциплины 142 часа, из которых 70 аудиторных часов, в том числе лекционных – 42 часа, практических (лабораторных) – 28 часов.

Примерный тематический план

Название раздела	Количество аудиторных часов		
	Всего	В том числе	
		Лекции	Лабораторные занятия
Раздел 1. Введение	4	4	
Раздел 2. Логические элементы.	24	12	12
Раздел 3. Управление потоками данных.	6	6	
Раздел 4. Элементы памяти.	6	6	
Раздел 5. Основные блоки цифровой системы обработки информации.	26	10	16
Раздел 6. Обработка аналоговых сигналов.	4	4	
Всего	70	42	28

Содержание учебного материала

Раздел 1. Введение.

Современные информационные технологии. Аппаратная и программная части систем обработки информации. Сигналы. Реализация передачи сигналов в различных системах. Переключатели и их реализация в различных системах. “Системы на Кристалле” (СнК). Общие сведения о языках формального описания поведения СнК (VHDL и VERILOG).

Цифровые сигналы. Положительная и отрицательная логики. Многозначная логика - алфавит для описания состояния и поведения цифровых СнК. Конструкторско-технологические ограничения (КТО). Основные этапы создания СнК. Оптимизация электрических параметров и конструкции СнК. Средства автоматизированного проектирования и их роль в создании СнК.

Раздел 2. Логические элементы.

Математические и алгоритмические описания инвертора. Условное графическое обозначение (УГО) инвертора. Электрическая схема комплементарного металл-окисел-полупроводникового (КМОП) инвертора. Топологический чертеж КМОП инвертора. Инерционный характер переключения инвертора. Переключательная и нагрузочная части электрической схемы КМОП инвертора. Зависимость времени переключения КМОП инвертора от размеров транзисторов.

Функционально-полные системы.

Математические и алгоритмические описания логического элемента 2И-НЕ (Штрих Шеффера). УГО элемента 2И-НЕ. Электрическая схема и топологический чертеж КМОП элемента 2И-НЕ. Зависимость времени переключения КМОП элемента 2И-НЕ от набора входных сигналов.

Математические и алгоритмические описания логического элемента nИ-НЕ. УГО элемента nИ-НЕ. Электрическая схема и топологический чертеж КМОП элемента nИ-НЕ.

Математические и алгоритмические описания логического элемента 2ИЛИ-НЕ (Стрелка Пирса). УГО элемента 2ИЛИ-НЕ. Электрическая схема и топологический чертеж КМОП элемента 2ИЛИ-НЕ.

Математические и алгоритмические описания логического элемента nИЛИ-НЕ. УГО элемента nИЛИ-НЕ. Электрическая схема и топологический чертеж КМОП логического элемента nИЛИ-НЕ.

Математические и алгоритмические описания логического элемента «Исключающее ИЛИ» (Сложение по модулю 2). УГО элемента «Исключающее ИЛИ». Примеры полностью заказной (full custom) реализации КМОП элемента «Исключающее ИЛИ».

Примеры заказной (custom) реализации элемента «Исключающее ИЛИ». Топологический чертеж заказной реализации логического элемента «Исключающее ИЛИ».

Математические и алгоритмические описания логического элемента «Равнозначность». Примеры реализации КМОП элемента «Равнозначность».

Маршруты полностью заказного и заказного проектирования сложных логических преобразователей. Математические основы синтеза конструкции

(топологического чертежа) полностью заказных и заказных КМОП логических элементов. Примеры полностью заказного и заказного синтеза сложных логических преобразователей. Достоинства и недостатки полностью заказного и заказного проектирования.

Раздел 3. Управление потоками данных .

Элементы, используемые для управления потоками данных.

Математические и алгоритмические описания, УГО и электрическая схема повторителя.

Математические и алгоритмические описания, УГО и электрическая схема передаточного вентиля.

Математические и алгоритмические описания, УГО и электрическая схема вентиля с тремя состояниями выхода.

Типы коммутаторов.

Математические и алгоритмические описания мультиплексора. УГО мультиплексора. Примеры реализации мультиплексора.

Математические и алгоритмические описания демультимплексора. УГО демультимплексора. Примеры реализации демультимплексора.

Математические и алгоритмические описания двунаправленного коммутатора информации. УГО двунаправленного коммутатора информации. Примеры реализации двунаправленного коммутатора информации.

Коммутация устройств на общей шине (UNIBUS) данных. Операция разрешения (объединения) сигналов на общей шине.

Реализация на мультиплексоре логических операций НЕ, И, ИЛИ. Генератор логических функций.

Раздел 4. Элементы памяти.

Комбинационные и последовательностные устройства. Основные понятия о конечных автоматах.

Математические, алгоритмические описания и простейшая схема для хранения одного бита информации.

Математические и алгоритмические описания асинхронного *RS*-триггера. УГО асинхронного *RS*-триггера. Примеры реализации асинхронного *RS*-триггера.

Математические и алгоритмические описания синхронного *RS*-триггера. УГО синхронного *RS*-триггера. Примеры реализации синхронного *RS*-триггера.

Математические и алгоритмические описания простейшего *D*-триггера. Примеры заказной реализации *D*-триггера. Реализация простейшего КМОП *D*-триггера. Реализация *D*-триггера с дополнительными входами сброса и установки. УГО *D*-триггеров.

Примеры реализации двухступенчатых триггеров и триггеров с управляемыми выходами. УГО двухступенчатых триггеров и триггеров с управляемыми выходами.

Счетные триггера. УГО и примеры реализации счетных триггеров.

Раздел 5. Основные блоки цифровой системы обработки информации.

Структура простейшей цифровой системы обработки информации.

Описание и примеры реализации логической обработки многоразрядных кодов.

Описание и реализация управления многоразрядными потоками данных.

Назначение, описание поведения и примеры реализации компаратора.

Сравнение битов. Математические и алгоритмические описания цифрового компаратора. УГО и электрическая схема цифрового компаратора. Примеры реализации цифрового компаратора. Варианты кодирования положительных и отрицательных чисел. Сравнение многоразрядных кодов и чисел.

Назначение, описание поведения и примеры реализации арифметико-логического устройства (АЛУ).

Сложение битов. Математические и алгоритмические описания полусумматора и полного сумматора. УГО и примеры реализации полусумматора и полного сумматора.

Сложение и вычитание многоразрядных кодов. УГО и примеры реализации последовательного сумматора (вычитателя) многоразрядных кодов. УГО и примеры реализации сумматора (вычитателя) с параллельным вычислением разрядов суммы и последовательным вычислением разрядов переноса. УГО и примеры реализации сумматора (вычитателя) с ускоренным переносом.

Умножение битов. УГО и примеры реализации параллельного умножителя многоразрядных кодов.

УГО и примеры реализации простейшего комбинированного сумматора-вычитателя многоразрядных кодов.

УГО и примеры реализации АЛУ.

Назначение, описание поведения, УГО и примеры реализации шифраторов и дешифраторов информации.

Назначение, описание поведения и примеры реализации простейшего дешифратора адреса. Примеры других шифраторов и дешифраторов информации.

Программируемая логическая матрица (ПЛМ). Описание поведения и УГО ПЛМ. Оптимизация площади ПЛМ. «n-МОП» и «p-МОП» реализации логических элементов. Алфавит для описания поведения «n-МОП» и «p-МОП» реализаций логических элементов. Варианты реализации и программирования матрицы «И» и матрицы «ИЛИ» ПЛМ. Примеры реализации на ПЛМ различных преобразователей информации.

Назначение, описание поведения, УГО и примеры реализации n-разрядного параллельного регистра.

Назначение, описание поведения, УГО и примеры реализации регистрового файла.

Назначение, описание поведения, УГО и примеры реализации статического и динамического оперативного запоминающего устройства (ОЗУ).

Назначение, описание поведения, УГО и примеры реализации постоянного запоминающего устройства (ПЗУ). Оптимизация записи информации в ПЗУ. Примеры реализации на ПЗУ различных преобразователей информации.

Назначение, описание поведения, УГО и примеры реализации и использования n-разрядного последовательного (сдвигового) регистра.

Назначение, описание поведения, УГО и примеры реализации и использования n-разрядного параллельно-последовательного регистра.

Назначение, описание поведения, УГО и примеры реализации и использования n-разрядного счетчика. Последовательный счетчик, счетчик со сквозным переносом, счетчик с групповым переносом.

Назначение, описание поведения, УГО и примеры реализации устройства управления (УУ).

Раздел 6. Обработка аналоговых сигналов.

Аналоговые сигналы.

Дифференциальный и операционный усилители. Аналоговый компаратор. Аналого-цифровой (АЦП) и цифроаналоговый (ЦАП) преобразователи. Основные особенности описания поведения преобразователей аналоговых сигналов. Описание поведения компаратора, АЦП, ЦАП.

Операционный усилитель с отрицательной обратной связью. Инвертирующий и неинвертирующий усилители. Повторитель. Простейшая электрическая схема хранения аналоговых сигналов.

Сложение и вычитание аналоговых сигналов. Вычисление логарифма и антилогарифма. Умножение и деление аналоговых сигналов.

Дифференцирование и интегрирование аналоговых сигналов. Примеры описания поведения преобразователей аналоговых сигналов.

Информационно-методическая часть

Литература

Основная

1. Казеннов Г.Г. Основы проектирования интегральных схем и систем. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005. – 295с.
2. Кучумов А.И. Электроника и схемотехника.- М.: Гелиос АРВ, 2002. -304с.
3. Угрюмов Е.П. Цифровая схемотехника.- С.Пб.: БВХ, 2000. -582с.
4. Быстров Ю.А., Мироненко И.Г., Хижа Г.С. Электронные цепи и устройства. Учебник для вузов.- С.Пб.: Энергоатомиздат. Санкт-Петербургское отделение, 1999. - 512с.
5. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники.- М.: Мир, 1998.- 704с.
6. Гурский Л.И., Степанец В.Я. Проектирование микросхем. - Мн.: Навука і техника, 1991. - 295с.
7. Ватанабэ М., Асада К., Кани К., Оцуки Т. Проектирование СБИС.- М.: Мир, 1988. -301с.
8. Соломатин Н.М. Логические элементы ЭВМ.- М.: Высшая школа, 1987. -144с.
9. Муруга С. Системное проектирование сверхбольших интегральных схем: В 2-х книгах. Кн.1. Пер. с англ.- М.: Мир, 1985. - 288с.
10. Мулярчик С.Г. Интегральная схемотехника (функционально-логический уровень). - Мн.: Изд-во БГУ, 1983.– 189с.

Дополнительная

1. Плотников А.Д. Дискретная математика. – М.: Новое знание, 2006. – 304с.
2. Кононов С.Г., Тышкевич Р.И., Янчевский В.И. Введение в математику (в трех частях). – Минск : Издательство БГУ, 2003 - 2004. – 369с.
3. Поляков А.К. Языки VHDL и VERILOG в проектировании цифровой аппаратуры. – М.: СОЛОН-Пресс, 2003. - 320с.
4. Петцольд М. Код. - М.: Издательство торговый дом «Русская редакция», 2001.- 512с.
5. Лекции по теории графов / Емеличев В.А., Мельников О.И., Сарванов В.И., Тышкевич Р.И.- М.: Наука, 1990.- 384с.
6. Мищенко В.А., Гурский Л.И., Степанец В.Я. и др. Интеллектуальные системы автоматизированного проектирования больших и сверхбольших микросхем. – М.: Радио и связь, 1988. – 272с.
7. Киносита К., Асада К., Карацу О. Логическое проектирование СБИС.- М.: Мир, 1988.- 309с.
8. Яблонский С.В. Введение в дискретную математику. - М.: Наука, 1986. - 384с.
9. Мейзда Ф. Интегральные схемы: Технология и применение. Пер. с англ.- М.: Мир, 1981.– 280с.
10. Поспелов Д.А. Логические методы анализа и синтеза схем. - М.: Энергия, 1974.-368с.
11. Миллер Р. Теория переключательных схем. – М.: Наука, 1970.- 253с.

Общие рекомендации

На лекционных занятиях по дисциплине «Основы математической электроники» следует обратить особое внимание на новые для студента обозначения и термины, их связь с уже известными математическими и алгоритмическими понятиями и обозначениями. Интенсивность подачи материала рекомендуется постепенно наращивать к концу семестра.

В силу различного уровня готовности студентов к восприятию новых понятий рекомендуется проводить консультации для дополнительного объяснения и закрепления сложного материала.

Для создания необходимых условий выполнения студентами самостоятельной работы и подготовки к проведению контрольных работ рекомендуется предоставлять им соответствующие учебно-методические материалы и пособия.

Текущий контроль усвоения теоретических знаний в течение семестра по дисциплине «Основы математической электроники» рекомендуется осуществлять в виде устных опросов и трех-четырех письменных контрольных работ. Для закрепления и проверки знаний и умений студентов (практическая часть курса) необходимо проведение трех-четырех лабораторных работ.

Успеваемость студентов в рамках дисциплины «Основы математической электроники» рекомендуется оценивать в конце семестра в форме экзамена.

Рекомендации по проведению практических (лабораторных) занятий.

Практические (лабораторные) занятия рекомендуется проводить в компьютерных классах, с использованием учебных программ, позволяющих в облегченном виде ознакомить студента с основными этапами разработки электронных изделий. Примера таких программ могут служить программы «MICROWIND» и «DSCH», зарегистрированные и рекомендованные европейским агентством INSA для использования в учебном процессе, свободно распространяемые через сеть Интернет и широко применяемые в отечественных и европейских университетах.

Рекомендуемые темы лабораторных и контрольных работ и текущей проверки самостоятельной работы студента

Лабораторные работы:

1. Реализация и оптимизация параметров КМОП инвертора.
2. Реализация сложных логических преобразователей.
3. Реализация систем логических уравнений.
4. Реализация простейшей цифровой системы обработки информации.

Темы текущей проверки самостоятельной работы студента:

1. Основные сведения о создании электронных компонентов.

2. Логические элементы и коммутаторы информации.
3. Элементы хранения информации.
4. Цифровые и аналоговые блоки хранения и преобразования информации.

Рекомендации по организации обучения на основе модульного подхода

По объему, содержанию материала и срокам его изложения курс «Основы математической электроники» соответствует двум учебным модулям.

Дополнительные рекомендации по изложению материала и организации внеаудиторной работы студентов

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