

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учебно-методическое объединение по образованию
в области информатики и радиоэлектроники

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель Министра образования
Республики Беларусь

_____ А.Г. Баханович

Регистрационный № _____

**СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ**

**Примерная учебная программа по учебной дисциплине
для специальности**

6-05-0713-02 Электронные системы и технологии

СОГЛАСОВАНО

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

_____ В.А. Богуш

СОГЛАСОВАНО

Начальник Главного управления
профессионального образования
Министерства образования
Республики Беларусь

_____ С.Н. Пищов

СОГЛАСОВАНО

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

_____ И.В. Титович

Эксперт-нормоконтролер

Минск 2024

СОСТАВИТЕЛИ:

В.М.Бондарик, доцент кафедры электронной техники и технологии учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», декан факультета доуниверситетской подготовки и профессиональной ориентации, кандидат технических наук, доцент;

В.С.Колбун, доцент кафедры проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»;

М.С.Лушакова, старший преподаватель кафедры электронной техники и технологии учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», магистр технических наук.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Кафедра «Информационно-измерительная техника и технологии» Белорусского национального технического университета (протокол № 2 от 24.09.2024);

С.К.Букато, начальник отдела проектирования электромеханических устройств 2 открытого акционерного общества «АЛЕВКУРП».

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ В КАЧЕСТВЕ ПРИМЕРНОЙ:

Кафедрой электронной техники и технологии учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» (протокол № 3 от 30.09.2024);

Научно-методическим советом учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» (протокол № 3 от 22.10.2024);

Научно-методическим советом по электронным системам и технологиям Учебно-методического объединения по образованию в области информатики и радиоэлектроники (протокол № 2 от 16.10.2024)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

ХАРАКТЕРИСТИКА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Примерная учебная программа по учебной дисциплине «Системы автоматизированного проектирования электронных средств» разработана для студентов учреждений высшего образования, обучающихся по специальности 6-05-0713-02 «Электронные системы и технологии» в соответствии с требованиями образовательного стандарта общего высшего образования и примерного учебного плана вышеуказанной специальности.

Учебная дисциплина направлена на углубление профессиональной подготовки студентов вышеуказанной специальности и ориентирована на изучение информационных технологий конструкторского и технологического проектирования электронных устройств с целью обеспечения заданного уровня качества продукции при установленных сроках, объемах выпуска и затратах.

Воспитательное значение учебной дисциплины «Системы автоматизированного проектирования электронных средств» заключается в формировании у обучающихся технической культуры и научного мировоззрения; развитии исследовательских умений, аналитических способностей, креативности, необходимых для решения научных и практических задач; развитии познавательных способностей и активности: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности; формировании способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации.

Изучение данной учебной дисциплины способствует созданию условий для формирования интеллектуально развитой личности обучающегося, которой присущи стремление к профессиональному совершенствованию, активному участию в экономической и социально-культурной жизни страны, гражданская ответственность и патриотизм.

ЦЕЛЬ, ЗАДАЧИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель учебной дисциплины: овладение научными подходами и практическими знаниями информационных технологий и методов проектирования электронных средств, способов построения и реализации систем автоматизированного проектирования (САПР) и особенностей используемых при этом технических средств и программного обеспечения, получение навыков конструирования электронных устройств с помощью САПР.

Задачи учебной дисциплины:

приобретение навыков использования прикладных пакетов САПР с целью создания электронных средств и конструкторской документации на их изготовление;

освоение навыков разработки и модернизации информационных баз данных для прикладных пакетов САПР;

изучение характеристик электронных устройств с целью обоснования необходимости автоматизации проектирования;

анализ методов моделирования и математических моделей деталей и конструктивных узлов электронных средств;

изучение принципов построения и возможностей систем автоматизированного конструкторского проектирования;

овладение методами выбора технических средств для использования информационных технологий при автоматизированном проектировании электронных устройств.

Базовыми учебными дисциплинами для учебной дисциплины «Системы автоматизированного проектирования электронных средств» являются «Физика», «Теория электрических цепей». В свою очередь учебная дисциплина «Системы автоматизированного проектирования электронных средств» является базой для таких учебных дисциплин, как «Проектирование изделий интегральной электроники» содержательно связана с дисциплиной «Конструирование электронных средств».

ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате изучения учебной дисциплины «Системы автоматизированного проектирования электронных средств» формируются следующие компетенции:

универсальные:

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

быть способным к саморазвитию и совершенствованию в профессиональной деятельности;

проявлять инициативу и адаптироваться к изменениям в профессиональной деятельности;

базовая профессиональная: применять прикладные пакеты систем автоматизированного проектирования для создания модулей и блоков электронных средств.

В результате изучения учебной дисциплины студент должен:

знать:

методики автоматизированного проектирования электрических схем, печатных плат, деталей и электронных модулей;

алгоритмы автоматического размещения и трассировки, реализованные в системах автоматизированного проектирования;

методы проектирования конструкций с использованием двумерного и пространственного проектирования;

методы параметрического проектирования электронных устройств в системах автоматизированного проектирования;

уметь:

проектировать электрические схемы, печатные платы и электронные модули в рамках сквозного процесса автоматизированного проектирования;
создавать библиотеки компонентов;
оформлять конструкторскую документацию;
использовать языки программирования для расширения возможностей систем автоматизированного проектирования и организации диалога;
разрабатывать и анализировать математические модели электронных систем;
разрабатывать процедуры решения основных задач проектирования: компоновки, размещения элементов в монтажном пространстве, трассировки соединений;

иметь навык:

работы с системами автоматизированного проектирования конструкций и технологических процессов сборки и монтажа радиоэлектронных средств;
грамотного оформления конструкторской и технологической документации на изготовление электронных средств.

Примерная учебная программа рассчитана на 252 учебных часа, из них – 120 аудиторных. Примерное распределение аудиторных часов по видам занятий: лекции – 56 часов, лабораторные занятия – 48 часов, практические занятия – 16 часов.

ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Наименование раздела, темы	Всего аудиторных часов	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия
Раздел 1. Методология автоматизированного проектирования электронных средств	2	2		
Тема 1. Общие вопросы автоматизации проектирования электронных средств	2	2		
Раздел 2. Математическое обеспечение автоматизации проектирования электронных средств	8	4		4
Тема 2. Алгоритмизация задач конструкторского проектирования электронных средств	8	4		4
Раздел 3. Информационные технологии проектирования печатных плат	58	30	24	4
Тема 3. Проектирование библиотечных элементов электрических схем и печатных плат	10	6	4	
Тема 4. Проектирование электрических схем	14	8	4	2
Тема 5. Проектирование печатных плат	34	16	16	2
Раздел 4. Информационные технологии проектирования конструкций	36	12	24	
Тема 6. Геометрическое программирование с параметризацией	6	2	4	
Тема 7. Геометрическое моделирование	18	6	12	
Тема 8. Параметрическое проектирование	12	4	8	
Раздел 5. Информационное и техническое обеспечение автоматизации конструкторско-технологического проектирования электронных средств	16	8		8
Тема 9. Автоматизация технологического проектирования электронных средств	14	6		8
Тема 10. Техническое обеспечение информационных технологий проектирования электронных средств	2	2		
Итого:	120	56	48	16

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. МЕТОДОЛОГИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Тема 1. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Краткий обзор и основные тенденции развития информационных технологий проектирования электронных средств. Общая характеристика прикладного программного обеспечения информационных технологий проектирования электронных средств. Жизненный цикл изделия и CALS-технологии.

Раздел 2. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Тема 2. АЛГОРИТМИЗАЦИЯ ЗАДАЧ КОНСТРУКТОРСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Основные классы задач математического программирования. Математическая формулировка. Компоновка типовых элементов конструкций. Последовательные алгоритмы разрезания схем. Итерационные алгоритмы компоновки. Алгоритмы размещения. Алгоритмы трассировки проводных и печатных соединений.

Раздел 3. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Тема 3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ БИБЛИОТЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ И ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Структура библиотек элементов. Создание символов (УГО) и посадочных мест. Типы компонентов. Типы библиотек.

Тема 4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ

Работа с редактором схем. Методика проектирования электрических схем. Электрические цепи и применение шин в схеме. Создание многостраничных проектов. Иерархические проекты. Проверка электрической схемы. Формирование схемной документации.

Тема 5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Структура слоев печатной платы. Переход от электрической схемы к печатной плате. Описание основных правил проектирования для печатных плат. Решение задач размещения и трассировки соединений. Оптимизация размещения. Интерактивная и автоматическая трассировка. Области металлизации на печатной плате. Проверка печатных плат. Внесение изменений в проект. Проектирование многослойных печатных плат. Получение программ и кодов для управления технологическим оборудованием. Формирование

трехмерного представления печатных плат и конструкторской документации. Обмен данными с другими пакетами проектирования.

Раздел 4. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ

Тема 6. ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ С ПАРАМЕТРИЗАЦИЕЙ

Основы графического программирования, автоматизация формирования чертежей и их модификация, построение параметризуемых чертежей.

Тема 7. ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Геометрическое моделирование и синтез форм деталей. Виды геометрических моделей. Аналитические, алгебрологические, канонические, каркасные, кинематические, геометрические макромодел и их применение при автоматизированном проектировании.

Тема 8. ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Понятие параметризации. Связь документов детали, сборки и чертежа. Размерные и геометрические ограничения на параметры модели. Эскиз и плоскости построения. Взаимосвязи между объектами эскиза, твердотельные элементы. Конфигурации деталей. Методы проектирования сборок, сопряжения между деталями. Создание чертежей деталей и сборок. Стандартные виды, ортогональная проекция, вспомогательный, именованный, местный, разъединенный виды, вид по модели. Разрезы. Условные обозначения. Элементы оформления.

Раздел 5. ИНФОРМАЦИОННОЕ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АВТОМАТИЗАЦИИ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Тема 9. АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Требования к моделям, используемым при решении типовых задач проектирования электронных устройств. Функциональные и структурные модели технологических процессов изготовления электронных средств. Индивидуальный и обобщенный технологические маршруты. Алгоритм синтеза технологического маршрута из обобщенного технологического процесса. Виды технологических процессов.

Тема 10. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Состав технических средств САПР электронных устройств. Перспективы развития методов, алгоритмов и подсистем автоматизированного проектирования конструкций и технологических процессов производства электронных устройств.

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

ЛИТЕРАТУРА

ОСНОВНАЯ

1. Суходольский, В. Ю. Altium Designer : сквозное проектирование функциональных узлов РЭС на печатных платах : учебное пособие / В. Ю. Суходольский. – 3-е изд., перераб. и доп. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2022. – 592 с.
2. Лопаткин, А. Проектирование печатных плат в системе Altium Designer : учебное пособие для практических занятий / А. Лопаткин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : ДМК Пресс, 2017. – 554 с.
3. Федоткин, И. М. Математическое моделирование технологических процессов : учебное пособие / И. М. Федоткин. – Москва : URSS, 2018. – 416 с.
4. Белоус, А. И. Основы конструирования высокоскоростных электронных устройств : краткий курс «белой магии» / А. И. Белоус, В. А. Солодуха, С. В. Шведов ; под общ. ред. А. И. Белоуса. – Москва : Техносфера, 2017. – 872 с.
5. Мылов, Г. В. Методологические основы автоматизации конструкторско-технологического проектирования гибких многослойных печатных плат / Г. В. Мылов, А. И. Таганов. – Москва : Горячая линия-Телеком, 2014. – 168 с.
6. Головицына, М. В. Проектирование радиоэлектронных средств на основе современных информационных технологий : учебное пособие / М. В. Головицына. – Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 503 с.
7. Твердотельное моделирование сборочных единиц в САД-системах : учебное пособие / В. П. Большаков [и др.]. – Санкт-Петербург : Питер, 2018. – 368 с.
8. Основы автоматизированного проектирования : учебник / под ред. А. П. Карпенко. – Москва : ИНФРА-М, 2021. – 329 с.
9. Семеновых, В. И. Проектирование автоматизированных систем : учебное пособие / В. И. Семеновых, А. А. Перминов. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. – 116 с.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

1. Муромцев, Д. Ю. Математическое обеспечение САПР : учебное пособие / Д. Ю. Муромцев, И. В. Тюрин. – Санкт-Петербург : Лань, 2014. – 464 с.
2. Ли, К. Основы САПР (CAD/CAM/CAE) / К. Ли. – Санкт-Петербург : Питер, 2004. – 560 с.
3. Алямовский, А. А. SolidWorks/COSMOSWorks 2006-2007 : инженерный анализ методом конечных элементов / А. А. Алямовский. – Москва : ДМК, 2007. – 784 с.
4. Жарков, Н. В. AutoCAD 2020 : полное руководство / Н. В. Жарков, М. В. Финков. – Санкт-Петербург : Наука и техника, 2020. – 640 с.
5. Медведев, А. М. Сборка и монтаж электронных устройств / А. М. Медведев. – Москва : Техносфера, 2007. – 256 с.
6. Пирогова, Е. В. Проектирование и технология печатных плат : учебник / Е. В. Пирогова. – Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2005. – 560 с.

7. Мактас, М. Я. Проектирование печатных плат в САПР Altium Designer : сборник лабораторных работ : в 2 ч. Ч. 2 / М. Я. Мактас. – Ульяновск : УлГТУ, 2015. – 94 с.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЩАЮЩИХСЯ

При изучении учебной дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

- работа с учебной, справочной, аналитической и другой литературой и материалами;

- оформление отчетов по выполненным лабораторным работам;

- изучение вынесенного на самостоятельную проработку теоретического материала.

ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМЫХ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИКИ КОМПЕТЕНЦИЙ ОБУЩАЮЩИХСЯ

Примерным учебным планом по специальности 6-05-0713-02 «Электронные системы и технологии» в качестве формы промежуточной аттестации по учебной дисциплине «Системы автоматизированного проектирования электронных средств» рекомендуются зачет, экзамен и курсовой проект. Оценка учебных достижений обучающихся производится по системе «зачтено/не зачтено» и десятибалльной шкале.

Для текущего контроля по учебной дисциплине и диагностики компетенций обучающихся могут использоваться следующие формы:

- контрольный опрос;

- защита лабораторной работы;

- контрольная работа.

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ МЕТОДЫ (ТЕХНОЛОГИИ) ОБУЧЕНИЯ

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

- интерактивные технологии, реализуемые на лекционных, практических и лабораторных занятиях;

- проектный метод;

- использование информационных компьютерных технологий.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО КУРСОВОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ

Цель курсового проекта: систематизация и закрепление теоретических знаний по основным разделам дисциплины, углубленное изучение методик проведения конструкторских расчетов, а также изучение методики использования информационных технологий при автоматизированном проектировании блоков электронных устройств, получение практических навыков работы с пакетами САПР.

Исходными данными для работы являются: схема электрическая функциональная либо схема электрическая принципиальная электронного блока устройства, технические требования к условиям эксплуатации. Тематика курсового проекта должна быть актуальной, соответствовать современному состоянию и перспективам развития науки, техники и образования. При выполнении курсовых проектов решаются задачи оптимального конструкторского проектирования на базе типовых методик с применением персонального компьютера.

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ

1. Микропроцессорная система с разнополярным тактированием.
2. Блок селекции сигналов по минимальному периоду.
3. Счетчик последовательный с двухпроводной связью.
4. Распределитель импульсов.
5. Счетчик с последовательным переносом.
6. Блок совпадения.
7. Счетчик реверсивный со схемой управления.
8. Микропроцессорная система с внутренней задержкой.
9. Регистр сдвигающий.
10. Микропроцессорная система с коммутирующим триггером.

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

1. Создание электронной библиотеки компонентов для Altium Designer.
2. Создание принципиальной электрической схемы в Altium Designer.
3. Проектирование печатной платы в Altium Designer.
4. Интерактивная трассировка печатной платы в Altium Designer.
5. Создание проекта печатной платы с 3D визуализацией в среде Altium Designer.
6. Создание гибко-жесткой конструкции печатной платы в Altium Designer.
7. Создание конструкторской документации по проекту печатной платы в среде Altium Designer.
8. Исследование возможностей пакета AutoCAD: программирование на языке AutoLISP.
9. Изучение способов построения и редактирования 3D-изображения в Solid Works.
10. Изучение порядка формирования 2D- изображения в проекциях по 3D- модели сборок в системе Solid Works.
11. Изучение процесса автоматизированного проектирования кабельных соединений в системе Solid Works.
12. Создание параметрической двухмерной модели детали с использованием пакета T-FLEX CAD.
13. Создание параметрической трехмерной модели детали с использованием пакета T-FLEX CAD.

14. Создание трехмерной сборки электронного блока с использованием пакета T-FLEX CAD.

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

1. Формализованное представление электрических принципиальных схем при автоматизированном проектировании.
2. Модели трассировки проводных соединений. Алгоритм Прима.
3. Модели трассировки печатных соединений. Волновой алгоритм.
4. Модели трассировки печатных соединений. Модифицированные волновые алгоритмы.
5. Компонентный расчет электрической схемы.
6. Расчет размещения электронного блока.
7. Конструктивный расчет печатной платы.
8. Проектирование электронного блока и оформление конструкторской документации с помощью систем автоматизированного проектирования.

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ

1. Персональные компьютеры.
2. Пакет MS Office.
3. Система автоматизированного проектирования Altium Designer.
4. Система автоматизированного проектирования Solid Works.
5. Система автоматизированного проектирования AutoCAD.
6. Система автоматизированного проектирования T-Flex CAD.

Допускается использование иных пакетов САПР с адаптацией лабораторных работ.