**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.

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ МОБИЛЬНЫХ СИСТЕМ**

**Типовая учебная программа по учебной дисциплине**

**для специальности:**

**1-39 03 02 Программируемые мобильные системы**

|  |  |
| --- | --- |
| **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.А. Касперович  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ |
|  | **СОГЛАСОВАНО**  Проректор по научно-методической работе Государственного учреждения образования «Республиканский  институт высшей школы»  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ И.В. Титович  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ |
|  | Эксперт-нормоконтролер  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ |

Минск 2022

**Составители:**

О.Ч.Ролич, доцент кафедры проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», кандидат технических наук, доцент;

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

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

Кафедра интеллектуальных систем Белорусского государственного университета (протокол № 2 от 08.09.2022);

В.Е.Тарасенко, заведующий кафедрой «Технологии и организация технического сервиса» учреждения образования «Белорусский государственный аграрный технический университет», кандидат технических наук, доцент

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ В КАЧЕСТВЕ ТИПОВОЙ:**

Кафедрой проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» (протокол № 26 от 27.06.2022);

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

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

Ответственный за редакцию: С.С. Шишпаронок

# **Пояснительная записка**

ХАРАКТЕРИСТИКА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Типовая учебная программа по учебной дисциплине «Проектирование электронных мобильных систем» разработана для студентов учреждений высшего образования, обучающихся по специальности 1-39 03 02 Программируемые мобильные системы в соответствии с требованиями образовательного стандарта высшего образования I ступени и типового учебного плана вышеуказанной специальности.

Учебная дисциплина связана с принципиальными основами организации и структуризации электронных средств современных программируемых мобильных систем и предусматривает изучение принципов проектирования и моделирования аппаратно-программного обеспечения электронных мобильных систем с использованием САПР, а также получение соответствующих практических навыков. Изучение данных вопросов является обязательным в рамках специальности 1-39 03 02 Программируемые мобильные системы.

Учебная дисциплина «Проектирование электронных мобильных систем» позволяет будущему специалисту закрепить знания в областях электроники, микропроцессорной техники, системо- и схемотехники, помогает овладеть инструментарием разработки структурных и принципиальных схем программируемых мобильных систем.

В рамках образовательного процесса по данной учебной дисциплине студент должен приобрести не только теоретические и практические знания, умения и навыки по специальности, но и развить свой ценностно-личностный, духовный потенциал, сформировать качества патриота и гражданина, готового к активному участию в экономической, производственной, социально-культурной и общественной жизни страны.

ЦЕЛЬ, ЗАДАЧИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель учебной дисциплины: освоение технологий проектирования и моделирования электронных мобильных систем.

Задачи учебной дисциплины:

приобретение навыков работы с инструментарием проектирования и моделирования электронных мобильных систем;

изучение методики расчета электромагнитной совместимости.

Базовыми учебными дисциплинами для курса «Проектирование электронных мобильных систем» являются «Физика», «Математический анализ», «Математические методы в программировании», «Технологии разработки программного обеспечения». В свою очередь учебная дисциплина «Проектирование электронных мобильных систем» является базой для дипломного проектирования и таких учебных дисциплин, как «Проектирование программируемых мобильных систем», «Конструкции программируемых мобильных устройств», тематически связана с учебной дисциплиной «Микропроцессорные устройства для мобильных систем».

ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ

СОДЕРЖАНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате изучения учебной дисциплины «Проектирование электронных мобильных систем» формируется следующая базовая профессиональная компетенция: создавать программируемые мобильные устройства, выбирать их архитектуру, операционную систему, конструктивное исполнение с последующим прогнозированием качественных показателей устройств.

В результате изучения учебной дисциплины студент должен:

*знать:*

суть и задачи, решаемые электронной мобильной системой;

особенности организации ресурсов в электронных мобильных системах;

принципы проектирования и анализа электронных мобильных систем;

*уметь:*

выбирать оптимальную структуру электронной мобильной системы для решения конкретной задачи по контролю и управлению объектом;

моделировать алгоритмы, выполняющие функции, возлагаемые на электронную мобильную систему;

*владеть:*

навыками проектирования и отладки аппаратно-программного обеспечения электронных мобильных систем, подготовки электронных мобильных систем к эксплуатации.

Типовая учебная программа рассчитана на 120 учебных часов, из них – 60 аудиторных. Примерное распределение аудиторных часов по видам занятий: лекции – 26 часов, лабораторные занятия – 16 часов, практические занятия – 18 часов.

**ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН**

| Наименование раздела, темы | Всего аудиторных часов | Лекции | Лабораторные занятия | Практические занятия |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Введение | **2** | 2 | - | - |
| **Раздел 1. Проектирование электронных мобильных систем** | **24** | **12** | **-** | **12** |
| Тема 1. Методика проектирования структурных электрических схем электронных мобильных систем | 4 | 2 | - | 2 |
| Тема 2. Методика проектирования принципиальных электрических схем электронных мобильных систем | 8 | 4 | - | 4 |
| Тема 3. Методика проектирования печатных плат электронных мобильных систем | 12 | 6 | - | 6 |
| **Раздел 2. Конструкторские расчеты при проектировании печатных плат** | **12** | **6** | **-** | **6** |
| Тема 4. Расчет печатных плат на виброустойчивость | 4 | 2 | - | 2 |
| Тема 5. Расчет и оценка погонных электрических параметров печатных плат | 4 | 2 | - | 2 |
| Тема 6. Электромагнитные частотные характеристики печатных плат | 4 | 2 | - | 2 |
| **Раздел 3. Моделирование электронных мобильных систем** | **22** | **6** | **16** | **-** |
| Тема 7. Компьютерные модели электронных средств пользовательского интерфейса | 8 | 2 | 6 | - |
| Тема 8. Компьютерные модели UART-подобных интерфейсов | 8 | 2 | 6 | - |
| Тема 9. Компьютерные модели организации связи по SPI и I2C | 6 | 2 | 4 | - |
| **Итого:** | **60** | **26** | **16** | **18** |

**СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

ВВЕДЕНИЕ

Цель и задачи учебной дисциплины. Содержание учебной дисциплины и ее связь с другими курсами специальности. Основные термины и определения. Понятие электронной мобильной системы, ее применение, общие требования к проектированию, производству, моделированию.

РАЗДЕЛ 1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ МОБИЛЬНЫХ СИСТЕМ

Тема 1. МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТРУКТУРНЫХ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ ЭЛЕКТРОННЫХ МОБИЛЬНЫХ СИСТЕМ

Этапы проектирования электронных мобильных систем. Цифровая схемотехника. Основные структурные и принципиальные электрические схемы.

Обозначения на структурных электрических схемах и техника применения интерфейсов программирования и отладки, дисплейного модуля с сенсорной панелью, цифровой видеокамеры, аудиокодека и цифрового микрофона, Ethernet-адаптера с учетом технологии PoE, SD-карты, драйверов RS-232, RS-422, RS-485, USB-порта с учетом управления питанием, акселерометра, GPS и GSM модулей, считывателя RFID, BAR и QR-кодов, цифрового болометра, контроллера заряда аккумулятора.

Тема 2. МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ ЭЛЕКТРОННЫХ МОБИЛЬНЫХ СИСТЕМ

Методика разработки принципиальных электрических схем на основе структурных электрических схем. Условные графические обозначения на принципиальных электрических схемах интерфейсов программирования и отладки, дисплейного модуля с сенсорной панелью, цифровой видеокамеры, аудиокодека и цифрового микрофона, Ethernet-адаптера с учетом технологии PoE, SD-карты, драйверов RS-232, RS-422, RS-485, USB-порта с учетом управления питанием, акселерометра, GPS и GSM модулей, считывателя RFID, BAR и QR-кодов, цифрового болометра, контроллера заряда аккумулятора.

Тема 3. МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ  
ЭЛЕКТРОННЫХ МОБИЛЬНЫХ СИСТЕМ

Состав и назначение системы автоматизированного проектирования (САПР). Алгоритм проектирования печатной платы с помощью САПР. Проект в САПР, типы проектов. Проект печатной платы, интегрированная библиотека. Управление документами в проекте. Концепция библиотек САПР. Типы библиотек. Создание библиотеки символов. Создание библиотеки посадочных мест. Подключение трехмерных моделей компонентов. Проектирование электрической схемы в САПР. Линии групповой связи (шины) при проектировании схем. Проверка электрической схемы (компиляция проекта). Оформление документации электрической схемы. Перечень элементов. Создание неоднородного компонента. Создание компонентов с общими выводами. Компоненты поверхностного монтажа. Структура печатной платы. Настройки редактора, управление слоями. Переход от схемы к плате. Размещение компонентов. Оптимизация цепей. Настройка правил проектирования печатной платы. Контактные площадки печатной платы. Переходные отверстия на печатной плате, их виды. Маски на печатной плате, параметры трафаретов для нанесения пасты. Интерактивная трассировка проводников. Автоматическая трассировка проводников. Алгоритмы трассировки цепей. Области металлизации на сигнальных слоях и на слоях питания. Контактные площадки в областях металлизации. Проверка печатной платы. Получение графической документации печатной платы. Спецификация на плату. Понятие о системах трехмерного параметрического проектирования. Эскиз в САПР. Назначение, свойства эскиза. Взаимосвязи между элементами эскиза в САПР. Понятие элементов «бобышка» и «вырез». Параметры получения этих элементов. Параметры элементов «скругление», «фаска», «оболочка», «уклон». Твердотельные элементы «по сечениям» и «по траектории». Параметры касания в начале и в конце элементов. Элементы вспомогательной геометрии в САПР (плоскости, оси, кривые, системы координат). Дерево конструирования в САПР. Понятие конфигураций детали. Таблица параметров. Производные детали. Понятие о родительско-дочерних взаимосвязях. Методы проектирования сборок. Соединение деталей в сборках. Сопряжения между деталями в сборках. Получение чертежей на основе твердотельной модели. Три стандартных вида. Вид по модели. Получение производных видов на чертежах в САПР (ортогональная проекция, вспомогательный, именованный виды). Получение производных видов на чертежах в САПР (местный, разъединенный, выровненный разрез).

РАЗДЕЛ 2. КОНСТРУКТОРСКИЕ РАСЧЕТЫ   
ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Тема 4. РАСЧЕТ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ НА ВИБРОУСТОЙЧИВОСТЬ

Конструкторские расчеты печатных плат на виброустойчивость и электромагнитную совместимость.

Разновидности вибрации. Параметры гармонических вибраций. Оценка спектра механических частот собственных колебаний печатных плат в зависимости от формы и точек крепления. Способы виброзащиты печатных плат. Способы защиты печатных плат от ударов, линейных нагрузок и акустических шумов.

Тема 5. РАСЧЕТ И ОЦЕНКА  
ПОГОННЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Особенности анализа электромагнитной совместимости и синтеза моделей компонентов с учетом паразитных параметров. Моделирование печатных узлов с учетом паразитных параметров компонентов и их посадочных мест. Методики анализа пассивных цепей и вычисления паразитных параметров. Анализ индуктивности цепи земля-питание в печатных платах. Расчет электрических параметров линий связи.

Тема 6. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ЧАСТОТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ  
ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Вычисление частотных характеристик пассивных цепей. Моделирование вариантов микрополоскового делителя мощности. Расчет печатных антенн. Синтез многорезонансных моделей пассивных электронных компонентов.

РАЗДЕЛ 3. МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ МОБИЛЬНЫХ СИСТЕМ

Тема 7. КОМПЬЮТЕРНЫЕ МОДЕЛИ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ  
ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА

Способы моделирования электронных мобильных систем. Методика компьютерного моделирования электрических схем электронных мобильных систем. Модели базовых звеньев электронных мобильных систем.

Методика организации и способы компьютерного моделирования и программирования средств пользовательского интерфейса электронных мобильных систем.

Тема 8. КОМПЬЮТЕРНЫЕ МОДЕЛИ UART-ПОДОБНЫХ ИНТЕРФЕЙСОВ

Создание компьютерных моделей модулей связи и адаптеров электронных мобильных систем с базовым интерфейсом UART. Методика асинхронного декодирования сообщений.

Тема 9. КОМПЬЮТЕРНЫЕ МОДЕЛИ ОРГАНИЗАЦИИ СВЯЗИ ПО SPI И I2C

Моделирование I2C и SPI адаптеров различного назначения. Компьютерная модель управления SD-картой посредством SPI. Низкоуровневое программирование и отладка файловых систем. Моделирование wav, bmp, jpeg, avi файлов.

**ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

### ЛИТЕРАТУРА

###### Основная

1. Ролич, О. Ч. Мобильные вычислительные системы. Курсовое проектирование : пособие / О. Ч. Ролич, В. С. Колбун. – Минск : БГУИР, 2022. – 119 с.
2. Лопаткин, А. В. Проектирование печатных плат в AltiumDesigner / А. В. Лопаткин. – Москва : ДМК Пресс, 2016. – 400 с.
3. Мадвейко, С. И. Конструирование и технология электронных устройств. Лабораторный практикум : пособие / С. И. Мадвейко, А. А. Костюкевич. – Минск : БГУИР, 2020. – 66 с.
4. Калимулин, И. Ф. Методики и модели для учета паразитных параметров печатных узлов при анализе электромагнитной совместимости бортовой радиоэлектронной аппаратуры космических аппаратов : моногр. / И. Ф. Калимулин, А. М. Заболоцкий, Т. Р. Газизов. – Томск : Изд-во Томск. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники, 2015. – 160 с.
5. Романова, Е. Б. Основы конструирования электронных средств : практикум / Е. Б. Романова, О. В. Кузнецова, А. Ю. Кузнецов. – Санкт-Петербург : Университет ИТМО, 2017. – 53 с.

Дополнительная

1. ГОСТ Р 50648 – 94 (МЭК 1000-4-8 – 93) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к магнитному полю промышленной частоты. Технические требования и методы испытаний.
2. ГОСТ Р 51317.4.1 – 2000 (МЭК 61000-4-1 – 2000) Совместимость технических средств электромагнитная. Испытания на помехоустойчивость. Виды испытаний.
3. ГОСТ Р 51317.4.2 – 99 (МЭК 61000-4-2 – 95) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к электростатическим разрядам. Требования и методы испытаний.
4. ГОСТ Р 51317.4.3 – 2006 (МЭК 61000-4-3 – 2006) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к радиочастотному электромагнитному полю. Требования и методы испытаний.
5. ГОСТ Р 51317.4.6 – 99 (МЭК 61000-4-6 – 96) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к кондуктивным помехам, наведенным радиочастотными электромагнитными полями. Требования и методы испытаний.
6. ГОСТ Р 51317.4.11 – 99 (МЭК 61000-4-11 – 94) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к динамическим изменениям напряжения электропитания. Требования и методы испытаний.
7. ГОСТ Р 51317.4.17 – 2000 (МЭК 61000-4-17 – 99) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к пульсациям напряжения электропитания постоянного тока. Требования и методы испытаний.
8. ГОСТ Р 51317.6.1 – 2006 (МЭК 61000-6-1 – 2005) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к электромагнитным помехам технических средств, применяемых в жилых, коммерческих зонах и производственных зонах с малым энергопотреблением. Требования и методы испытаний.
9. ГОСТ Р 51317.6.2 – 99 (МЭК 61000-6-2 – 99) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к электромагнитным помехам технических средств, применяемых в промышленных зонах. Требования и методы испытаний.
10. ГОСТ Р 51317.6.4 – 99 (МЭК 61000-6-4 – 97) Совместимость технических средств электромагнитная. Помехоэмиссия от технических средств, применяемых в промышленных зонах. Нормы и методы испытаний.
11. ГОСТ Р 51318.24 – 99 (СИСПР 24 – 97) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость оборудования информационных технологий к электромагнитным помехам. Требования и методы испытаний.
12. ГОСТ Р 51522 – 99 (МЭК 61326-1 – 97) Совместимость технических средств электромагнитная. Электрическое оборудование для измерения, управления и лабораторного применения. Требования и методы испытаний.
13. ГОСТ Р 51525 – 99 (МЭК 60255-22-2 – 96) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость измерительных реле и устройств защиты к электростатическим разрядам. Требования и методы испытаний.
14. ГОСТ 30372 – 95/ГО С ТР 50397 – 92 Совместимость технических средств электромагнитная. Термины и определения.
15. Ролич, О. Ч. Основы программирования информационных систем. Курсовое проектирование : пособие / О. Ч. Ролич. – Минск : БГУИР, 2020. – 84 с.
16. Ролич, О. Ч. Основы автоматики в электроэнергетике : учебное пособие / О. Ч. Ролич, Ю. А. Сидоренко, А. Г. Сеньков. – Минск : Беларусь, 2011. – 191 с.
17. Логин, В. М. Интеллектуальные электронные системы безопасности. Лабораторный практикум : пособие : в 2 ч. / В. М. Логин, И. Н. Цырельчук, О. Ч. Ролич. – Минск : БГУИР, 2014. – Ч. 1 : Микроконтроллеры семейства AVR. – 112 с.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И

ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

При изучении учебной дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

проработка конспекта лекций;

подготовка рефератов на практические занятия;

выполнение индивидуальных заданий;

подготовка выступлений по разработанной студентом теме;

решение проблемных (творческих) задач, предполагающих неформализованный ответ.

ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМЫХ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИКИ

КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТА

Типовым учебным планом по специальности 1-39 03 02 Программируемые мобильные системы в качестве формы промежуточной аттестации по учебной дисциплине «Проектирование электронных мобильных систем» рекомендуется экзамен. Оценка учебных достижений студента производится по десятибалльной шкале.

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

собеседование;

отчеты по лабораторным работам с их устной защитой;

проведение текущих контрольных опросов по отдельным темам на практических занятиях.

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ МЕТОДЫ (ТЕХНОЛОГИИ) ОБУЧЕНИЯ

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

элементы проблемного обучения (проблемное изложение, вариативное изложение, частично-поисковый метод), реализуемые на лекционных занятиях;

элементы учебно-исследовательской деятельности, творческий подход, реализуемые на практических занятиях;

элементы дистанционного обучения с использованием электронных образовательных ресурсов при подготовке к коллоквиуму, практическим занятиям.

Примерный перечень ТЕМ лабораторных ЗАНЯТИЙ

1. Компьютерное моделирование схемотехнических решений для организации пользовательского интерфейса электронной мобильной системы.
2. Моделирование пользовательского интерфейса электронного прибора исследования цифрового аналога RLC-фильтра.
3. Моделирование пользовательского интерфейса электронной мобильной системы автоматического регулирования.
4. Моделирование управления электронной мобильной системой посредством интерфейса UART.
5. Моделирование средств интерфейса RS-232 для управления электронной мобильной системой.
6. Управление электронной мобильной системой посредством интерфейса RS-485.
7. Компьютерное моделирование схемотехнических средств интерфейса SPI.
8. Компьютерное моделирование схемотехнических средств шины I2C.

Примерный перечень ТЕМ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

1. Алгоритм проектирования печатной платы с помощью САПР. Структура печатной платы. Создание библиотеки символов и посадочных мест.
2. Компьютерное проектирование схемотехнических решений функциональных узлов электронных мобильных систем.
3. Подготовка проектной документации на схемотехнические решения функциональных узлов электронных мобильных систем.
4. Настройка правил проектирования печатной платы. Размещение компонентов. Оптимизация цепей.
5. Интерактивная и автоматическая трассировка проводников.
6. Построение трехмерной модели печатной платы и получение графической документации на печатную плату.
7. Оценка спектра механических частот собственных колебаний печатной платы.
8. Анализ пассивных цепей и вычисление паразитных параметров печатной платы.
9. Расчет печатных антенн.

Примерный перечень компьютерных программ

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

1. AutoCAD (или КОМПАС).
2. Solidworks смодулем Cosmosworks Simulation (или Autodesk Inventor).
3. Altium Designer (или Mentor Graphics, DipTrace, OrCAD).
4. MatLAB (или LabView).
5. MathCAD 14 / 15.
6. Microsoft Visio (или Visual Paradigm, Sparx Enterprise Architect).
7. CorelDraw Х6.
8. Microsoft Office.
9. Proteus 8.
10. Multisim 14.
11. Micro-Cap 11.
12. Система Java Runtime Environment.
13. Среда программирования Eclipse MARS (или LUNA, KEPLER, JUNO) со встроенным инструментом org.eclipse.cdt.cross.arm.gnu.
14. Инструментарий Java Development Kit (JDK.)
15. Инструментарий С Development Toolkit (СDT).
16. Инструментарий Software Development Kit (SDK).
17. GNU ARM Tools Embedded: gcc-arm-elf, gcc-arm-none-eabi.
18. Winavr-20100110-install.