

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 11.04.01 Радиотехника

Наименование образовательной программы: Киберфизические системы и интернет вещей

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очно-заочная

Рабочая программа дисциплины
ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

| | |
|---|--|
| Блок: | Блок 4 «Факультативы» |
| Часть образовательной программы: | Часть, формируемая участниками образовательных отношений |
| № дисциплины по учебному плану: | Б4.Ч.02 |
| Трудоемкость в зачетных единицах: | 2 семестр - 2; |
| Часов (всего) по учебному плану: | 72 часа |
| Лекции | 2 семестр - 36 часа; |
| Практические занятия | не предусмотрено учебным планом |
| Лабораторные работы | не предусмотрено учебным планом |
| Консультации | проводится в рамках часов аудиторных занятий |
| Самостоятельная работа | 2 семестр - 35,7 часа; |
| в том числе на КП/КР | не предусмотрено учебным планом |
| Иная контактная работа | проводится в рамках часов аудиторных занятий |
| включая: Тестирование Контрольная работа | |
| Промежуточная аттестация: | |
| Зачет | 2 семестр - 0,3 часа; |

Москва 2026

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

| | | |
|--|--|------------------------------|
| | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Серегин Д.А. |
| | Идентификатор | R5209bc37-SereginDA-9c53cea2 |

Д.А. Серегин

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

| | | |
|--|--|-------------------------------|
| | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Стрелков Н.О. |
| | Идентификатор | R784cde94-StrelkovNO-f448f943 |

Н.О. Стрелков

Заведующий выпускающей
кафедрой

| | | |
|--|--|--------------------------------|
| | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Шалимова Е.В. |
| | Идентификатор | Rf4bb1f0c-ShalimovaYV-f267ebd6 |

Е.В. Шалимова

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучить принципы конструирования печатных плат и системы автоматизированного проектирования печатных плат.

Задачи дисциплины

- изучить материалы, технические решения и технологии, применяемые при изготовлении печатных плат;
- освоить современные методы проектирования печатных плат;
- научиться разрабатывать документацию по спроектированным узлам радиоэлектронной аппаратуры.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Запланированные результаты обучения |
|---|---|---|
| ОПК-1 Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора | ИД-1 _{ОПК-1} Представляет современную научную картину мира, выявляет естественнонаучную сущность проблемы проектирования, производства и использования в практической деятельности радиоэлектронных устройств и систем | знать: - электротехнические материалы, применяемые при изготовлении печатных плат, и их свойства. |
| ПК-1 Способен определять цели, осуществлять постановку задач проектирования и эксплуатации, подготавливать технические задания на выполнение проектных и эксплуатационных работ по созданию устройств сбора данных и управления инфраструктурой | ИД-2 _{ПК-1} Умеет подготавливать технические задания на выполнение проектных работ и аналитические обзоры для обоснования проектов с учетом действующих стандартов и нормативных требований | уметь: - формировать требования к проектируемым печатным платам и рассчитывать их параметры, в том числе с использованием современных автоматизированных средств проектирования. |
| ПК-2 Способен проектировать радиотехнические устройства, приборы и их узлы, системы и комплексы сбора и обработки данных и управления устройствами с учетом заданных требований в том числе и бортового базирования | ИД-3 _{ПК-2} Имеет навыки разработки технологии монтажа и сборки радиотехнических устройств, приборов, систем и комплексов | уметь: - разрабатывать конструкцию и документацию для изготовления спроектированных узлов радиоэлектронной аппаратуры. |

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к факультативным дисциплинам основной профессиональной образовательной программе Киберфизические системы и интернет вещей (далее – ОПОП), направления подготовки 11.04.01 Радиотехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Базируется на уровне высшего образования (бакалавриат, специалитет).

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 часа.

| № п/п | Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации | Всего часов на раздел | Семестр | Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы | | | | | | | | | | Содержание самостоятельной работы/ методические указания |
|-------|---|-----------------------|---------|--|-----|----|--------------|---|-----|----|----|-------------------|-----------------------------------|---|
| | | | | Контактная работа | | | | | | | СР | | | |
| | | | | Лек | Лаб | Пр | Консультация | | ИКР | | ПА | Работа в семестре | Подготовка к аттестации /контроль | |
| КПР | ГК | ИККП | ТК | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 1 | Материалы, используемые при производстве печатных плат. Их свойства | 8 | 2 | 4 | - | - | - | - | - | - | - | 4 | - | <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Материалы, используемые при производстве печатных плат. Их свойства" <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Материалы, используемые при производстве печатных плат. Их свойства" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 37-63 [4], стр. 5-20</p> |
| 1.1 | Материалы, используемые при производстве печатных плат. Их свойства | 8 | | 4 | - | - | - | - | - | - | - | 4 | - | |
| 2 | Печатные платы: конструкция и требования | 12 | | 8 | - | - | - | - | - | - | - | - | 4 | |
| 2.1 | Печатные платы: конструкция и требования | 12 | 8 | - | - | - | - | - | - | - | - | 4 | - | <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Печатные платы: конструкция и требования" <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Печатные платы: конструкция и требования" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 20-36 [4], стр. 118-128</p> |
| 3 | Системы автоматизированного проектирования | 6 | 4 | - | - | - | - | - | - | - | - | 2 | - | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (САПР) печатных плат | | | | | | | | | | | | (САПР) печатных плат" <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Системы автоматизированного проектирования (САПР) печатных плат" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 8-26 |
| 3.1 | Системы автоматизированного проектирования (САПР) печатных плат | 6 | 4 | - | - | - | - | - | - | - | 2 | - | |
| 4 | Модели электронных компонентов в САПР | 12 | 4 | - | - | - | - | - | - | - | 8 | - | <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Модели электронных компонентов в САПР" |
| 4.1 | Модели электронных компонентов в САПР | 12 | 4 | - | - | - | - | - | - | - | 8 | - | <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Модели электронных компонентов в САПР" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 257-264 |
| 5 | Создание проекта печатной платы | 10 | 6 | - | - | - | - | - | - | - | 4 | - | <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Создание проекта печатной платы" |
| 5.1 | Создание проекта печатной платы | 10 | 6 | - | - | - | - | - | - | - | 4 | - | <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Создание проекта печатной платы" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 31-50 |
| 6 | Трассировка печатной платы | 14 | 6 | - | - | - | - | - | - | - | 8 | - | <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Трассировка печатной платы" |
| 6.1 | Трассировка печатной платы | 14 | 6 | - | - | - | - | - | - | - | 8 | - | <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Трассировка печатной платы" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 166-176 |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|--|------|----|---|---|---|---|---|---|-----|------|---|---|--|
| | | | | | | | | | | | | | | [3], стр. 30–75 |
| 7 | Конструкторская документация на печатную плату | 9.7 | 4 | - | - | - | - | - | - | - | 5.7 | - | - | <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Конструкторская документация на печатную плату" |
| 7.1 | Конструкторская документация на печатную плату | 9.7 | 4 | - | - | - | - | - | - | - | 5.7 | - | - | <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Конструкторская документация на печатную плату" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 410-442 |
| | Зачет | 0.3 | - | - | - | - | - | - | - | 0.3 | - | - | - | |
| | Всего за семестр | 72.0 | 36 | - | - | - | - | - | - | 0.3 | 35.7 | - | - | |
| | Итого за семестр | 72.0 | 36 | - | - | - | - | - | - | 0.3 | 35.7 | - | - | |

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Материалы, используемые при производстве печатных плат. Их свойства

1.1. Материалы, используемые при производстве печатных плат. Их свойства
Материалы, используемые при производстве печатных плат. Их свойства..

2. Печатные платы: конструкция и требования

2.1. Печатные платы: конструкция и требования
Однослойные и многослойные печатные платы. Основные этапы производства печатных плат. Требования, предъявляемые к печатным платам..

3. Системы автоматизированного проектирования (САПР) печатных плат

3.1. Системы автоматизированного проектирования (САПР) печатных плат
Функции САПР. Состав САПР. Настройка САПР как программной среды..

4. Модели электронных компонентов в САПР

4.1. Модели электронных компонентов в САПР
Создание библиотек, состоящих из нескольких частей и из нескольких компонентов. Редактирование группы компонентов. Создание графического символа и посадочного места компонента. Проверка правил библиотеки символа компонента. Использование мастера создания посадочных мест. Проверка правил библиотеки посадочного места компонента..

5. Создание проекта печатной платы

5.1. Создание проекта печатной платы
Создание принципиальной схемы. Средства автоматизированного проектирования, включая численное имитационное моделирование и верификацию разрабатываемого устройства. Импорт принципиальной схемы на печатную плату..

6. Трассировка печатной платы

6.1. Трассировка печатной платы
Виды слоев печатной платы. Параметры слоев печатной платы и их настройка. Требования к печатной плате и их связь с параметрами слоев. Нанесение контура печатной платы. Настройка слоев печатной платы. Отличие сигнальных слоев от слоев питания и земли. Добавление правил трассировки. Ручная и автоматическая трассировки печатной платы. Проверка выполнения правил трассировки. Моделирование целостности сигналов..

7. Конструкторская документация на печатную плату

7.1. Конструкторская документация на печатную плату
Формирование выходных файлов для производства (файлы межсоединений и сверловки). Формирование конструкторской документации по результатам проектирования печатной платы..

3.3. Темы практических занятий
не предусмотрено

3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено

3.5 Консультации

Текущий контроль (ТК)

1. Подготовка к тесту. Вопросы по пройденному материалу
2. Подготовка к контрольной работе. Вопросы по пройденному материалу. Типовые требования на разработку печатной платы
3. Подготовка к контрольной работе. Вопросы по пройденному материалу. Современные САПР, наиболее распространенные пакеты. Общие черты САПР печатных плат
4. Подготовка к контрольной работе. Вопросы по пройденному материалу. Компоненты: представление в САПР. Известные типы электронных компонентов, их параметры, отражение в библиотеках САПР
5. Подготовка к контрольной работе. Вопросы по пройденному материалу. Современные САПР - порядок создания проекта. Возможные сложности
6. Подготовка к контрольной работе. Вопросы по пройденному материалу. Трассировка печатных проводников. Практические рекомендации. Расчет, решение задач
7. Подготовка к контрольной работе. Вопросы по пройденному материалу. Выполнение конструкторской документации

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

| Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1) | Коды индикаторов | Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1) | | | | | | | Оценочное средство (тип и наименование) | |
|--|-----------------------|--|---|---|---|---|---|---|--|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | | |
| Знать: | | | | | | | | | | |
| электротехнические материалы, применяемые при изготовлении печатных плат, и их свойства | ИД-1 _{ОПК-1} | + | | | | | | | | Тестирование/Тест "Технологии и материалы печатных плат" |
| Уметь: | | | | | | | | | | |
| формировать требования к проектируемым печатным платам и рассчитывать их параметры, в том числе с использованием современных автоматизированных средств проектирования | ИД-2 _{ПК-1} | | + | + | + | + | + | | | Контрольная работа/Контрольная работа "Расчет паразитных параметров печатной платы" |
| разрабатывать конструкцию и документацию для изготовления спроектированных узлов радиоэлектронной аппаратуры | ИД-3 _{ПК-2} | | | | + | + | + | + | | Контрольная работа/Контрольная работа "Документация на печатную плату" |

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

2 семестр

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Тест "Технологии и материалы печатных плат" (Тестирование)

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа "Документация на печатную плату" (Контрольная работа)
2. Контрольная работа "Расчет паразитных параметров печатной платы" (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Зачет (Семестр №2)

Оценка за освоение дисциплины выставляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой структуре НИУ "МЭИ".

В диплом выставляется оценка за 2 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Пирогова, Е. В. Проектирование и технология печатных плат : учебник для вузов по направлению "Проектирование и технология электронных средств* / Е. В. Пирогова. – М. : Форум : ИНФРА-М, 2011. – 560 с. – (Высшее образование). – ISBN 5-8199-0138-X.;
2. Разевиг, В. Д. Система P-CAD 8.5:Руководство пользователя / В. Д. Разевиг, С. М. Блохнин. – 2-е изд., стереотип. – М. : ДМК, 1998. – 288 с. – ISBN 5-89818-002-8 : 50.00.;
3. Справочник по силовой электронике / Ю. К. Розанов, П. А. Воронин, С. Е. Рывкин, Е. Е. Чаплыгин ; ред. Ю. К. Розанов. – М. : Издательский дом МЭИ, 2014. – 472 с. – ISBN 978-5-383-00872-0.;
4. Мылов Г. В.- "Печатные платы: выбор базовых материалов", Издательство: "Горячая линия-Телеком", Москва, 2016 - (172 с.)
<https://e.lanbook.com/book/90138>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др);
5. Eagle.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных ВИНИТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
6. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
7. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
8. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
9. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
10. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
11. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Тип помещения | Номер аудитории, наименование | Оснащение |
|---|---|--|
| Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля | Ж-120, Машинный зал ИВЦ | сервер, кондиционер |
| Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации | Ж-120, Машинный зал ИВЦ | сервер, кондиционер |
| Помещения для самостоятельной работы | НТБ-303, Лекционная аудитория | стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер |
| Помещения для консультирования | Е-101, Учебная аудитория | парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая |
| Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря | Е-324/5, Методический кабинет каф. "Пром.эл." | парта, стул, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, доска маркерная передвижная, ноутбук |

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Технологии проектирования печатных плат

(название дисциплины)

2 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

КМ-1 Тест "Технологии и материалы печатных плат" (Тестирование)

КМ-2 Контрольная работа "Расчет паразитных параметров печатной платы" (Контрольная работа)

КМ-3 Контрольная работа "Документация на печатную плату" (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Зачет.

| Номер раздела | Раздел дисциплины | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 |
|---------------|---|------------|------|------|------|
| | | Неделя КМ: | 4 | 8 | 12 |
| 1 | Материалы, используемые при производстве печатных плат. Их свойства | | | | |
| 1.1 | Материалы, используемые при производстве печатных плат. Их свойства | | + | | |
| 2 | Печатные платы: конструкция и требования | | | | |
| 2.1 | Печатные платы: конструкция и требования | | | + | |
| 3 | Системы автоматизированного проектирования (САПР) печатных плат | | | | |
| 3.1 | Системы автоматизированного проектирования (САПР) печатных плат | | | + | |
| 4 | Модели электронных компонентов в САПР | | | | |
| 4.1 | Модели электронных компонентов в САПР | | | + | + |
| 5 | Создание проекта печатной платы | | | | |
| 5.1 | Создание проекта печатной платы | | | + | + |
| 6 | Трассировка печатной платы | | | | |
| 6.1 | Трассировка печатной платы | | | + | + |
| 7 | Конструкторская документация на печатную плату | | | | |
| 7.1 | Конструкторская документация на печатную плату | | | | + |
| Вес КМ, %: | | | 30 | 30 | 40 |