

4.1. ПРИМЕРНАЯ БАЗОВАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)



Утверждаю
Первый проректор —
проректор по учебной работе
МГТУ им. Н.Э. Баумана
_____ Б.В. Падалкин
«__» _____ 20__ г.

Факультет «Информатика и системы управления»
Кафедра ИУ4 «Проектирование и технология производства электронной
аппаратуры»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ «Технология коммутационных систем»

для направления подготовки (уровень бакалавриата):
12.03.01 «Приборостроение»

Авторы программы:

Селиванов К.В., к.т.н., доцент

Жалнин В.П., к.т.н., доцент

Макушина Н.В., ст. преп.

Москва

Настоящая рабочая программа дисциплины устанавливает требования к знаниям и умениям студента, а также определяет содержание и виды учебных занятий и отчетности.

Программа разработана в соответствии с:

- самостоятельно устанавливаемым образовательным стандартом (СУОС 3++) по направлению подготовки (уровень бакалавриата): 12.03.01 «Приборостроение»;

- основной профессиональной образовательной программой по направлению подготовки 12.03.01 «Приборостроение»;

- учебным планом МГТУ им. Н.Э. Баумана по направлению подготовки 12.03.01 «Приборостроение».

При освоении дисциплины планируется формирование компетенций, предусмотренных ОПОП на основе СУОС 3++ по направлению подготовки 12.03.01 «Приборостроение» (уровень бакалавриата).

Раздел 1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины: формирование у обучаемых общих представлений и знаний в области изучения технологий изготовления коммутационных структур (КС); развитие умений разрабатывать КС и выбирать технологию ее производства; освоение современных интерактивных методов проектирование КС на персональном компьютере(ПК) в пакетах прикладных программ; выработка навыков чтения топологии КС и ее диагностирование на предмет ошибок; умение подготавливать ТЗ, пакет документации на разрабатываемые КС для электронных средств и электронной аппаратуры.

Задачами дисциплины является изучение:

- фундаментальных положений теории построения коммутационных структур;
- методов моделирования проходящих процессов в коммутационных структурах;
- моделей физико-механических компонентов ЭА и алгоритмов расчета процессов в ЭА;
- расчетов механической прочности и устойчивости несущих показателей печатных плат;
- расчета и технология производства коммутационной структуры печатных плат;
- методы проектирования и производства многослойных и других видов коммутационных структур;
- организации и подготовки производства различных видов коммутационных структур.

Примечание. Дисциплина входит в блок Б1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы бакалавриата по направлению 12.03.01 «Приборостроение».

Изучение дисциплины предполагает предварительное освоение следующих дисциплин учебного плана:

- Неорганическая химия.
- Физика.
- Физико-химические основы электронных средств.
- Материаловедение и материалы электронных средств

Освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее для следующих дисциплин образовательной программы:

- Технология сборки электронных средств.
- Современные технологии в производстве электронных средств.
- Подготовка и защита ВКР.

Освоение учебной дисциплины связано с формированием компетенций с учетом матрицы компетенций ОПОП для направления (уровень бакалавриата): 12.03.01 «Приборостроение».

Раздел 2. Знания, умения и навыки, получаемые после освоения дисциплины

2.1. Студент должен знать:

- стандарты единой системы конструкторской документации (ескд)
- стандарты единой системы технологической документации (естд)
- общие принципы построения конструкций электронно-вычислительной и радиоэлектронной аппаратуры
- структуру современных предприятий, функции технических подразделений, задачи отдела главного технолога в технологической подготовке производства

2.2. Студент должен уметь:

- читать технологическую документацию в специализированных системах электронного проектирования
- использовать справочные материалы для корректного оформления и составления конструкторской, отчетной и сопроводительной документации
- читать конструкторскую документацию в специализированных системах электронного проектирования
- осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования деталей, узлов и модулей электронных средств

2.3. Студент должен владеть:

- Комплексным рассмотрением вопросами схемотехнического и конструкторского проектирования печатных плат
- навыками составления и чтения чертежей деталей и сборочных единиц с использованием современных информационных технологий
- Навыками работы в типовых САПР схем электронной аппаратуры.
- Навыками создания проектной и технической документации.

Раздел 3. Объём дисциплины по видам учебных занятий

Виды учебной работы	Объём по семестрам, ч	
	Всего	1 семестр
Объём дисциплины	144	144
1. Аудиторная работа	85	85
лекции (Л)	34	34
семинары (С)	34	34
2. Самостоятельная работа обучающихся (СР)	59	59
Проработка учебного материала лекций	4.25	4.25
Подготовка к семинарам	4.25	4.25
Подготовка к лабораторным работам	8	8
Подготовка к экзамену	30	30
Подготовка к рубежному контролю	6	6
Другие виды самостоятельной работы	6.5	6.5
Вид промежуточной аттестации обучающегося		Экзамен

Раздел 4. Содержание дисциплины

№ п / п	Тема модуля	Лек	С	Лр	СР
	5-й семестр	ч	ч	ч	ч
1	Типы коммутационных структур и их конструкционные элементы	16	16	8	14
2	Технология и методы изготовления коммутационных структур	18	18	9	15
3	Экзамен	-	-	-	30
ИТОГО:		34	34	17	59

Содержание

№, п/п	Наименование модуля, содержание	Часы
1	«Типы коммутационных структур и их конструкционные элементы, типовые операции изготовления»	
	Лекции	16
1.1	Введение в технологию коммутационных структур. Виды коммутационных структур, примеры. Геометрические параметры некоторых видов коммутационных структур. Конструктивные элементы печатных плат (термины и определения). Понятие печатного монтажа. Проводящий рисунок печатной платы, элементы проводящего рисунка. Контактные площадки и их виды. Металлизированные монтажные и переходные отверстия. Координатная сетка. Виды основных отверстий ПП.	2

1.2	<p>Методы и средства автоматизации проектирования коммутационных структур. Развертывание цифрового инструментально-го производства в рамках единой цифровой среды. CALS-технологии. Концепция бережливого производства. САПР, поддерживающие сквозное проектирование коммутационных структур. Altium Designer. Алгоритм проектирования коммутационных структур.</p>	2
1.3	<p>Классы точности и плотности печатного монтажа. Виды узких мест проводящего рисунка и их геометрический расчет. Геометрический расчет геометрических параметров и точность печатного монтажа с учетом технологических ограничений метода изготовления. Предельные значения технологических параметров КС.</p>	2
1.4	<p>Особенности конструирования и технологии производства ПП различных типов. Материалы, области применения ПП различных типов.</p> <p>Конструкторско-технологические особенности односторонних (ОПП) и двухсторонних (ДПП) печатных плат, многослойных печатных плат (МПП) с металлизацией сквозных отверстий, МПП послойного наращивания, попарного прессования, с открытыми контактными площадками (КП), МПП с технологией достраиваемых слоев с открытыми и глухими микропереходами с высокой плотностью проводящего рисунка. Гибкие печатные платы (ГПП), гибкие печатные кабели (ГПК), гибко-жесткие ПП, рельефные ПП.</p>	2
1.5	<p>Способы получения проводящего рисунка печатной платы: фотографический, сеткографический, способ фотоформирования, механический, способ получения рисунка с использованием технологии ЛУТ. Физические схемы и технология реализации каждого способа, разрешающая способность, геометрическая точность рисунка печатной схемы.</p>	2
1.6	<p>Способы получения проводящего рисунка ПП: химический – травление медной фольги (проводящего слоя) с пробельных мест, химический – осаждение меди в зонах проводящего рисунка, электрохимический – наращивание меди в зонах проводящего рисунка, термический – вакуумное напыление меди в зонах проводящего рисунка. Прямая металлизация диэлектрика в переходных отверстиях.</p>	2
1.7	<p>Методы изготовления ПП. Физические схемы и технология реализации каждого способа. Геометрическая точность проводящего рисунка. Явления подтравливания и разрачивания проводящего рисунка в зависимости от применяемых материалов и длительности операций. Геометрический расчет точности про-</p>	2

	<p>водящего рисунка. Области применения методов, класс точности получаемого рисунка.</p> <p>Химические методы изготовления ПП с защитой проводящего рисунка фото- или сеткографическим способом или маской Sn-Pb при травлении фольги с пробельных мест.</p> <p>Комбинированный позитивный метод и тентинг метод с образованием проводящего рисунка на поверхности и в объеме (металлизированные отверстия), фольгированного диэлектрика.</p> <p>Электрохимический и фотоаддитивный методы изготовления ПП на нефольгированном диэлектрике. Целесообразность применения методов для изготовления ПП высоких классов точности. Применение электрохимического метода для изготовления рельефных ПП с проводящим рисунком в объеме диэлектрического основания.</p> <p>Аддитивное производство печатных плат, 3D-печать. Сравнение субтрактивного и аддитивного производства.</p>	
1.8	<p>Типовые операции технологического процесса изготовления печатных плат. Химическое осаждение меди, гальваническое осаждение меди, травление меди, сверление монтажных отверстий. Используемые материалы и оборудование. Геометрические и технологические ограничения операций. Техника безопасности при работе со сверлильным станком.</p>	2
	Семинары	16
C1.1	<p>Семинарские занятия проводятся в компьютерном классе с использованием САПР КС. Знакомство с САПР КС для проектирования топологии печатных плат. Создание проектов, управление проектами, запуск приложений, файла программы, настройки среды, закрытие программы САПР КС.</p>	2
C1.2	<p>Концепция библиотек, понятие компонента, моделей, виды моделей. Разработка условно графических изображений (УГО) компонентов в САПР КС. Настройка рабочей области редактора для создания УГО. Графические команды создания УГО.</p>	2
C1.3	<p>Разработка посадочных мест (FOOTPRINT). Настройки рабочей области редактора посадочных мест: единицы измерения, сетки, слои. Графические команды создания посадочного места. Создание массива контактных площадок.</p> <p>Настройки рабочей области редактора посадочных мест: единицы измерения, сетки, слои. Графические команды создания посадочного места. Создание массива контактных площадок. Размещение 3D моделей в посадочном месте. Проверка библиотеки посадочных мест на ошибки.</p>	2
C1.4	<p>Технология получения глухих и скрытых микропереходных отверстий. Перспектива развития конструкций и технологий ПП.</p>	2

	Создание, подключение, открытие сторонних библиотек в САПР КС. Подключение посадочных мест к УГО. Создание интегрированной библиотеки. Подключение библиотек в проекты. Импорт библиотек из других САПР	
C1.5	Работа с редактором принципиальных схем САПР КС. Настройка редактора схем: единицы измерения, сетки, параметры листа. Создание и подключение стандартных (по ГОСТ) форматов для листов схемы. Перемещение в редакторе принципиальных схем. Просмотр принципиальных схем. Переходы в редакторе принципиальных схем;	2
C1.6	Размещение компонентов на листе принципиальной схемы в САПР КС. Редактирование параметров компонентов на схеме. Прорисовка связей на схеме. Построение шины. Именование цепей. Объекты редактора принципиальных схем. Электрические и графические примитивы. Редактирование объектов на принципиальной схеме.	2
C1.7	Ручное и автоматическое создание заготовки печатной платы. Интерактивная трассировка платы. Режимы интерактивной трассировки. Редактирование проводников на плате в интерактивном режиме. Инструменты трассировки платы и их настройки. Переходные отверстия: применение, настройка. Настройка способов подключения к полигонам, экранным слоям. Настройка технологических параметров переходных отверстий. Создание платы с помощью импорта файлов DXF и STEP. Настройка вывода готовой топологии печатной платы и конструкторской документации на разработанный образец.	2
C1.8	Подготовка файлов печатной платы к производству в САПР КС. Создание и экспортирование Gerber файлов. Формирование стоимости производства печатной платы. Особенности Gerber файлов для конкретных заводов-изготовителей. Генерация файлов для разработки спецификации и перечня элементов. Формирование текстовой документации.	2
	Лабораторные работы	8
ЛР1.1	Исследование способа изготовления печатной платы лазерно-утюжной технологией (ЛУТ). Изучение способов подготовки основания печатной платы, способов переноса рисунка топологии на основание и способов травления металлизации с пробельных мест в лабораторных условиях. Изучение техники безопасности при работе в лаборатории.	4
ЛР1.2	Исследование способа изготовления печатной платы с использованием фотолитографии. Изучение способов подготовки основания печатной платы, нанесения фоторезиста, экспонирования, проявления, травления в лабораторных условиях. Знаком-	4

	ство с лабораторным оборудованием. Изучение техники безопасности при работе в лаборатории.	
	Самостоятельная работа	14
СР1.1	Проработка учебного материала лекций	2
СР1.2	Подготовка к семинарам	2
СР1.3	Подготовка к лабораторным работам	4
СР1.4	Подготовка к рубежному контролю	3
СР1.5	Другие виды самостоятельной работы	3
2	«Технология, методы изготовления и контроль качества коммутационных структур»	
	Лекции	18
2.1	<p>Анализ технологии изготовления односторонних печатных плат (ОПП) с неметаллизированными отверстиями, ОПП без монтажных отверстий, двусторонних печатных плат (ДПП) на диэлектрическом основании, ДПП на металлическом основании, ДПП без монтажных отверстий. Способ изготовления, применение, материалы. Рассмотрение типовых операций для производства ДПП и типового оборудования.</p> <p>Гибкие печатные платы, гибкие печатные кабели, рельефные платы – способ изготовления, материалы, применение, геометрические параметры проводящего слоя.</p> <p>Гибко-жесткие печатные платы. Конструкция, применение, особенности изготовления.</p>	2
2.2	<p>Анализ технологии изготовления многослойных печатных плат (МПП) попарного прессования, МПП с металлизацией сквозных отверстий, МПП послойного наращивания. Способ изготовления, применение, материалы. Рассмотрение комплекта типовых операций и типового оборудования для производства МПП.</p>	2
2.3	<p>Оборудование для макетирования и прототипирования печатных плат. Рассмотрение способов макетирования при помощи использования различных макетных плат. Рассмотрение способов, подразумевающих удаление проводящего слоя с пробельных мест проводящего рисунка.</p> <p>Обзор возможностей фрезерного станка, установки конвекционной печи, установки экспонирования, установки трафаретной печати и установки монтажа КПМ.</p>	2
2.4	<p>Обзор оборудования для серийного производства печатных плат комбинированным позитивным методом. Оборудование для резки листов текстолита, сверления переходных и монтажных отверстий, предварительная металлизация отверстий. Рассмотрение используемых материалов. Оборудование для получения</p>	2

	<p>рисунка схемы: ламинатор для нанесения фоторезиста, установка экспонирования, линия химической обработки (проявление рисунка топологии). Режимы работы установок. Рассмотрение конвейерной линии травления. Сетконрафическая установка для нанесения жидкой паяльной маски. Установки нанесения флюса и горячего лужения. Установки оптического и электрического контроля.</p>	
2.5	<p>Конструкционные особенности КС жидкокристаллических и плазменных панелей. Понятие жидких кристаллов, пикселей. Технология изготовления прозрачных электродов адресной матрицы и коммутации тонкопленочных транзисторов, сравнение низкотемпературной кремниевой технологии и поликремниевой технологии изготовления тонкопленочных транзисторов, рассмотрение методов формирования пленки на стеклянной или пластиковой подложке.</p> <p>Рассмотрение конструкции плазменных панелей (газоразрядных экранов), принципа их работы. Достоинства и недостатки, особенности конструкции.</p>	2
2.6	<p>Оптоволоконные коммутационные структуры, коммуникации и проводящие среды. Основные понятия волоконной оптики.</p> <p>Оптическое волокно. Классификация оптических волокон. Печатные платы с оптоволоконными проводниками.</p> <p>Основные параметры оптоволокна. Конструкция волоконно-оптического кабеля. Влияние основных параметров на качественные характеристики. Дисперсия. Затухание. Численная апертура. Прочность волокна. Радиус изгиба. Многомодовое волокно. Одномодовое волокно.</p> <p>Технология изготовления световодов. Оценка эффективности использования оптоволоконных проводников в ПП. Варианты систем на основе оптических соединений.</p>	2
2.7	<p>Контроль коммутационных структур. Основные методы контроля КС (электрический, оптический, рентгеновский).</p> <p>Электрические методы локализации неисправностей. Принцип работы локализатора неисправностей. Аналоговые сигнатуры базовых элементов (резистора, конденсатора, индуктивности, диода, светодиода, стабилитрона).</p>	2
2.8	<p>Основные методы дефектоскопии КС (визуальный осмотр, микрошлифы, оптический контроль, рентгеновский контроль). Описание каждого метода, применение. Разрушающий и неразрушающий контроль.</p> <p>Оптические методы анализа паянных соединений. Основные дефекты паянных соединений. Описание и причины возникновения каждого дефекта. Способы предотвращения появления</p>	2

	<p>дефектов.</p> <p>Анализ дефектов печатных плат по микрошлифам. Дефекты монтажных и переходных отверстий. Описание и причины возникновения каждого дефекта. Способы предотвращения появления дефектов. Методика изготовления микрошлифов. Автоматическая обработка изображений микрошлифов.</p>	
2.9	<p>Разработка пакета документации на коммутационные структуры: правила оформления схемы электрической принципиальной, чертежа печатной платы, сборочного чертежа ячейки электронной и спецификации, электромонтажного чертежа и спецификации.</p> <p>Основные понятия и определения. Правила изображения электрических компонентов и их соединений, а также жгутов и кабелей. Оформление технических требований к чертежу.</p>	2
	Семинары	16
C2.1	<p>Семинарские занятия проводятся в компьютерном классе с использованием САПР КС. Каждый студент получает промышленно изготовленный образец ПП и проводит его конструктивно-технологический анализ. После анализа студент должен ввести в САПР КС конструктивно-технологические характеристики: тип ПП, класс точности, слой и т.д.</p>	2
C2.2	<p>Создание эскиза ПП индивидуального задания. Анализ особенностей проводящего рисунка, наличие всех видов отверстий и их диаметры, создание правил топологии в САПР КС. Определение отношения $d_{\text{мо}}/H_{\text{пп}}$, наличие и величина гарантированных поясков «b» в зоне круглых контактных площадок, особенности наружного контура ПП. По конфигурации и расположению посадочных мест прогнозировать типы устанавливаемых ИЭТ и определяется наличие их цифровых двойников в САПР КС. В случае отсутствия некоторых из них создает их сам.</p>	2
C2.3	<p>Студентами изучается методика расчета узких мест коммутационных структур, в соответствии с полученными значениями вносятся коррективы в разрабатываемый проект в САПР КС. Рассматриваются узкие места проводящего рисунка ПП. Приводятся формулы геометрического расчета узких мест. После расчета, полученные значения заносятся в САПР КС. Создание топологии печатной платы. Излагаются способы компенсации узких мест и способы их корректировки в САПР КС. На выданном образце ПП студент находит и эскизирует и вносят в САПР КС узкие места проводящего рисунка ПП.</p>	2
C2.4	<p>Студентами изучается методика расчета узких мест коммутационных структур, в соответствии с полученными значениями вносятся коррективы в разрабатываемый проект в САПР КС. Рассматриваются узкие места проводящего рисунка ПП. Приводятся формулы геометрического расчета узких мест. После расчета, полученные значения заносятся в САПР КС. Создание топологии печатной платы. Излагаются способы компенсации узких мест и способы их корректировки в САПР КС. На выданном образце ПП студент находит и эскизирует и вносят в САПР КС узкие места проводящего рисунка ПП.</p>	2
C2.5	<p>Студентами изучается методика расчета узких мест коммутационных структур, в соответствии с полученными значениями вносятся коррективы в разрабатываемый проект в САПР КС. Рассматриваются узкие места проводящего рисунка ПП. Приводятся формулы геометрического расчета узких мест. После расчета, полученные значения заносятся в САПР КС. Создание топологии печатной платы. Излагаются способы компенсации узких мест и способы их корректировки в САПР КС. На выданном образце ПП студент находит и эскизирует и вносят в САПР КС узкие места проводящего рисунка ПП.</p>	2
C2.6	<p>Расчёт частоты собственных колебаний ПП. Анализ способа закрепления образца ПП. Оценка работоспособности ПП при за-</p>	2

C2.7	данном диапазоне частот Оценка собственной частоты нагруженной платы. Анализ способов уменьшения частоты колебаний ПП.	2
C2.8	Расчёт минимальной ширины печатного проводника. Исследование геометрии проводящего рисунка. Анализ возможного способа изготовления ПП индивидуального задания. Анализ материалов, используемых для производства ПП. Анализ допустимой токовой нагрузки ПП.	2
	Лабораторные работы	9
ЛР2.1	Исследование геометрических параметров проводящего рисунка коммутационных структур.	3
ЛР2.2	Исследование качества переходных отверстий печатной платы.	2
ЛР2.3	Локализация неисправностей компонентов на смонтированных коммутационных структурах. Контроль при помощи аналогового сигнатурного анализа. Контроль пассивных компонентов (резисторов, конденсаторов, индуктивностей) и полупроводниковых компонентов (диодов, светодиодов, стабилитронов, транзисторов).	4
	Самостоятельная работа	15
СР2.1	Проработка учебного материала лекций.	2.25
СР2.2	Подготовка к семинарам.	2.25
СР2.3	Подготовка к лабораторным работам.	4
СР2.4	Подготовка к рубежному контролю.	3
СР2.5	Другие виды самостоятельной работы.	3.5
3	Экзамен.	30
СР3.1	Подготовка к экзамену.	30

Раздел 5. Самостоятельная работа

№ п / п	Тема самостоятельной работы	Объем, ч	Литература
	5-й семестр		
1	Проработка учебного материала лекций	4,25	[1–6]
2	Подготовка к семинарам	4,25	[1–6]
3	Подготовка к лабораторным работам	8	[1–6]
4	Подготовка к экзамену	30	[1–6]
5	Подготовка к рубежному контролю	6	[1–6]
6	Другие виды самостоятельной работы	6,5	[1–6]

Содержание

Самостоятельная работа студентов по дисциплине обеспечивается следующими учебно-методическими материалами:

1. Рабочая программа дисциплины.
2. Учебная литература и дополнительные материалы.
3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».
4. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины, обеспечивающие самостоятельную работу студента при подготовке к учебным занятиям, выполнении домашних работ, подготовке к контрольным мероприятиям и аттестациям.

5. Комплект индивидуальных заданий.

Студенты получают доступ к указанным материалам начиная с первого занятия по дисциплине.

Рубежные контроли.

Первый рубежный контроль – 7-я неделя,

1. Типы ПП и их конструктивно-технологические особенности.
2. Фотоаддитивный метод изготовления ПП: операции, точность, материалы, области применения.
3. Технология получения рисунка ПП сеткографическим способом: схема, операции, точность, применение.
4. Технология получения рисунка ПП механическим способом: схема, операции, точность, применение.

Второй рубежный контроль – 15-я неделя,

1. Назначение технологического поля в заготовках; элементы заготовки ПП, размещаемые на технологическом поле. Отличия единичных и групповых заготовок.
2. Способы получения заготовок из листового материала в массовом и серийном производстве
3. Механическая подготовка поверхности: цель операции, используемые материалы и оборудование.
4. Электрохимическая подготовка поверхности: цель операции, декапирование и пассивирование – краткое описание процессов.

Раздел 6. Курсовой проект, курсовая работа

№ п / п	Тема курсового проектирования, курсовой работы	Объем, ч	Литература
5-й семестр		–	

Раздел 7. Учебно-методические материалы Литература

Основные материалы:

1. Конструкторско-технологическое проектирование электронной аппаратуры : учебник для вузов / Билибин К. И., Власов А. И., Журавлева Л. В. [и др.] ; ред. Шахнов В. А. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2005. - 563 с., [4] л. ил. : ил. - (Информатика в техническом университете). - Библиогр.: с. 561-562. - ISBN 5-7038-2716-7.
2. Гриднев В. Н., Гриднева Г. Н. Проектирование коммутационных структур электронных средств : учеб. пособие для вузов / Гриднев В. Н., Гриднева Г. Н. ; ред. Шахнов В. А. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. - 342 с. : ил. - (Библиотека "Конструирование и технология электронных средств" : в 25 кн. ; кн. 7). - Библиогр.: с. 336-338. - ISBN 978-5-7038-4075-7.
3. Пирогова Е. В. Проектирование и технология печатных плат : учебник для вузов / Пирогова Е. В. - М. : Форум : Инфра-М, 2005. - 559 с. : ил. - (Высшее образование). - Библиогр.: с. 557-559. - ISBN 5-8199-0138-X. - ISBN 5-16-001999-5.
4. Печатные платы : справ. : в 2 кн. / ред. Кумбз К. Ф. ; пер. с англ. Медведев А. М. - М. : Техносфера, 2024. - (Мир электроники). - ISBN 978-5-94836-258-8. Кн. 2. - 2024. - 1020-2031 с. : ил. - Библиогр. в конце гл.
5. Печатные платы : справ. : в 2 кн. / ред. Кумбз К. Ф. ; пер. с англ. Медведев А. М. - М. : Техносфера, 2024. - (Мир электроники). - ISBN 978-5-94836-258-8. Кн. 1. - 2024. - 1015 с. : ил. - Библиогр. в конце гл.
6. Преснухин Л. Н., Шахнов В. А. Конструирование электронных вычислительных машин и систем : учебник для втузов / Преснухин Л. Н., Шахнов В. А. - М. : Высш. шк., 1986. - 512 с. : ил. - Библиогр.: с. 507.

Дополнительные материалы:

1. Медведев А. Печатные платы. Конструкции и материалы. – М., Техносфера, 2005. – 304 с.
2. Леухин В.Н. Основы конструирования и технологии производства РЭС: учебное пособие. – Йошкар-Ола: МарГУ, 2006. – 344 с.
3. Технологии в производстве электроники. Часть I. Справочник по производству печатных плат. / Под ред. П. Семенова. – М.: ООО Группа ИТД, 2007. – 586 с., ил, табл.
4. Методические материалы компании ООО "Резонит" (<https://www.rezonit.ru/>).
5. Система открытого инженерного образования:
<https://e-learning.bmstu.ru/iu4/>

Раздел 8. Методические указания для студентов по освоению дисциплины

Приступая к работе, каждый студент должен принимать во внимание нижеследующие положения.

Дисциплина построена по модульному принципу, каждый модуль представляет собой логически завершённый раздел курса. Дисциплина делится на три модуля (включая экзамен).

На первом занятии студент получает информацию для доступа к комплексу учебно-методических материалов по дисциплине.

Лекционные занятия посвящены рассмотрению ключевых, базовых положений курса и разъяснению учебных заданий, выносимых на самостоятельную проработку.

Семинарские занятия проводятся для закрепления усвоенной информации, приобретения навыков ее применения для решения практических задач в предметной области дисциплины.

Лабораторные работы предназначены для приобретения опыта практической реализации основной профессиональной образовательной программы. Методические указания к лабораторным работам прорабатываются студентами во время самостоятельной подготовки. Необходимый уровень подготовки контролируется перед проведением лабораторных работ.

Практическая подготовка при реализации учебной дисциплины организуется путем проведения практических занятий, практикумов, лабораторных работ и индивидуальных и(или) групповых консультаций, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практическая подготовка может включать в себя отдельные занятия лекционного типа, которые предусматривают передачу учебной информации обучающимся, необходимой для последующего выполнения работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Самостоятельная работа студентов включает следующие виды: проработка учебного материала лекций, подготовка к семинарам, подготовка к лабораторным работам, подготовка к экзамену, подготовка к рубежному контролю. Результаты всех видов работы студентов формируются в виде их личного рейтинга, который учитывается на промежуточной аттестации. Самостоятельная работа предусматривает не только проработку материалов лекционного курса, но и их расширение в результате поиска, анализа, структурирования и представления в компактном виде современной информации из всех возможных источников.

Текущий контроль проводится в течение каждого модуля, его итоговые результаты складываются из оценок по следующим видам контрольных мероприятий: рубежный контроль.

Освоение дисциплины и ее успешное завершение на стадии промежуточной аттестации возможно только при регулярной работе во время семестра и планомерном прохождении текущего контроля. Набрать рейтинг по всем модулям в каждом семестре, пройти по каждому модулю плановые контрольные мероприятия в течение экзаменационной сессии невозможно.

Для завершения работы в семестре студент должен выполнить все контрольные мероприятия.

Промежуточная аттестация по дисциплине проходит в форме экзамена, контролирующего освоение ключевых, базовых положений дисциплины, составляющих основу остаточных знаний по ней.

Методика оценки по рейтингу

Студент, выполнивший все предусмотренные учебным планом задания и сдавший все контрольные мероприятия, получает итоговую оценку по дисциплине за семестр в соответствии со шкалой:

Рейтинг	Оценка на экзамене
85 – 100	отлично
71 – 84	хорошо
60 – 70	удовлетворительно
0 – 59	неудовлетворительно

Оценивание дисциплины ведется в соответствии с Положением о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Раздел 9. Перечень информационных технологий, используемых при изучении дисциплины, включая перечень программного обеспечения, информационных справочных систем и профессиональных баз данных

Электронная информационно-образовательная среда МГТУ им. Н.Э. Баумана обеспечивает доступ к учебным планам, рабочим программам дисциплин (модулей), программам практик, электронным учебным изданиям и электронным образовательным ресурсам, указанным в рабочих программах дисциплин (модулей), программах практик, формирование электронного портфолио обучающегося, в том числе сохранение его работ и оценок за эти работы. Предусмотрена возможность синхронного и асинхронного взаимодействия студентов и преподавателей посредством технологий и служб по пересылке и получению электронных сообщений между пользователями компьютерной сети Интернет.

Информационные справочные системы:

1. Каталог национальных стандартов
<https://www.gostinfo.ru/catalog/gostlist/>
2. Электронно-информационный портал по электронике
<http://www.radioradar.net/>.
3. Российская государственная библиотека. <http://www.rsl.ru>.
4. Государственная публичная научно-техническая библиотека России.
<http://www.gpntb.ru>.
5. Библиотека МГТУ им. Н.Э. Баумана. <http://library.bmstu.ru>.
6. Научная электронная библиотека <http://eLIBRARY.RU>.
7. Электронно-библиотечная система издательства «Лань»
<http://e.lanbook.com>.
8. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» <http://biblioclub.ru>.
9. Электронно-библиотечная система «IPRbooks»
<http://www.iprbookshop.ru>.
10. Электронно-библиотечная система (ЭБС) «Юрайт» <https://biblio-online.ru>.
11. Центральная библиотека образовательных ресурсов Минобрнауки РФ.
www.edulib.ru.
12. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов <http://school-collection.edu.ru>.
13. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов.
<http://fcior.edu.ru>.
14. Научно-образовательный центр «Функциональные Микро/Наносистемы» <http://fnn.bmstu.ru/>