

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Филиал федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»
в городе Борисоглебске

УТВЕРЖДАЮ
Директор филиала

 / Е.А. Позднова
«» 2023 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины**

«Сквозное проектирование функциональных узлов РЭС»

Направление подготовки 11.03.03 Конструирование и технология
электронных средств

Профиль Проектирование и технология радиоэлектронных средств

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года

Форма обучения Очная

Год начала подготовки 2023

Автор программы



А.В. Башкиров

Заведующий кафедрой
конструирования и
технологии ЭС



А.В. Башкиров

Руководитель ОПОП



А.В. Башкиров

Борисоглебск 2023

1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цели дисциплины:

приобретение теоретических знаний в области проектирования и технологии печатных плат и конструкций радиоэлектронных средств.

1.2 Задачи освоения дисциплины:

- приобретение знаний о современных технологиях производства печатных узлов и конструкций радиоэлектронных средств;
- ознакомление с современной элементной базой и существующими типами корпусов элементов;
- получение практических навыков проектирования топологии печатных плат.

2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Сквозное проектирование функциональных узлов РЭС» относится к факультативам ФТД. Факультативы учебного плана.

3 ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Сквозное проектирование функциональных узлов РЭС» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-2 – Способен выполнять проектирование радиоэлектронных устройств в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-2	Знать основные принципы конструирования радиоэлектронных средств, классификацию и технологии производства печатных плат с использованием современных средств автоматизированного проектирования
	Уметь проектировать топологию печатных узлов радиоэлектронных средств и систем различного назначения с использованием средств автоматизированного проектирования
	Владеть методами трассировки и размещения элементов на печатной плате

4 ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Сквозное проектирование функциональных узлов РЭС» составляет 2 зачётные единицы.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры
		5
Аудиторные занятия (всего)	36	36
В том числе:		
Лекции	18	18
Практические занятия (ПЗ)	18	18
Лабораторные работы (ЛР)		
Самостоятельная работа	36	36
Курсовой проект (работа)		
Контрольная работа		
Вид промежуточной аттестации – зачет	+	+
Общая трудоемкость	час	72
	зач. ед.	2

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	СРС	Всего, час
1	Конструкции и методы изготовления печатных плат	1. Односторонние печатные платы (ОПП) ОПП на фольгированном основании. Субтрактивный метод. ОПП на нефольгированном основании. Аддитивный метод. 2. Двусторонние печатные платы (ДПП) ДПП на фольгированном основании. Комбинированный позитивный метод (SMOTL, SMOBS). Тентинг-метод. Метод фрезерования. ДПП на нефольгированном основании. Полуаддитивный метод. Аддитивный метод. 3. Многослойные печатные платы (МПП) МПП на фольгированном основании. Метод металлизации сквозных отверстий. Метод открытых контактных площадок. Метод попарного прессования. Метод послойного наращивания. МПП на нефольгированном основании. Метод ПАФОС. 4. Гибкие печатные платы (ГПП), гибкие печатные кабели (ГПК) ДПП на гибком фольгированном основании. ДПП на гибком нефольгированном основании. Гибкие ДПП на нефротгированном полиимиде, изготовленные по тонкопленочной технологии. Многослойные ГПП. Конструктивные особенности ГПК. Проектирование ГПК. Процессы изготовления ГПК	8	8	18	34
2	Этапы изготовления печатных плат	1. Изготовление рисунков фотошаблонов (ФШ) печатных плат Изготовление эталонных ФШ. Изготовление рабочих ФШ. Экспонирование ФШ 2. Получение заготовок печатных плат (ПП) Получение заготовок ПП на роликовых ножницах. Получение заготовок ПП на дисковой пиле. Получение заготовок ПП на гильотинных ножницах. Получение заготовок ПП штамповкой с пробивкой базовых	10	10	18	38

	технологических отверстий. 3. Получение монтажных и переходных отверстий Сверление монтажных и переходных отверстий 4. Подготовка поверхности печатной платы 5. Металлизация печатных плат Химическое меднение. Гальваническая металлизация. 6. Нанесение защитного рельефа и паяльной маски печатной платы Фотохимический способ. Сеткографический способ. Офсетная печать. Паяльная маска. 7. Травление меди с пробельных участков 8. Маркировка печатной платы 9. Испытания, контроль Программа и методика испытаний. Методы испытаний. Оптический контроль. Электрический контроль. Механические испытания. Контроль металлизации ПП. Испытания на тепловой удар.				
Итого		18	18	36	72

Практическая подготовка при освоении дисциплины учебным планом не предусмотрена.

5.2 Перечень лабораторных работ

Не предусмотрено учебным планом

6 ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

7 ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-2	Знать основные принципы конструирования радиоэлектронных средств, классификацию и технологии производства печатных плат с использованием современных средств автоматизированного проектирования	Ответы на теоретические вопросы при устном опросе на практическом занятии.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	Уметь проектировать топологию печатных узлов радиоэлектронных средств и систем различного назначения с использованием средств автоматизированного проектирования	Выполнение индивидуальных заданий в соответствии с проектными нормами, ограничениями и ЕСТД	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть методами трассировки и размещения элементов на печатной плате	Высокий уровень самостоятельности при выполнении заданий.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 5 семестре по системе:

«зачтено»

«не зачтено»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ПК-2	Знать основные принципы конструирования радиоэлектронных средств, классификацию и технологии производства печатных плат с использованием современных средств автоматизированного проектирования	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	Уметь проектировать топологию печатных узлов радиоэлектронных средств и систем различного назначения с использованием средств автоматизированного проектирования	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	Владеть методами трассировки и размещения элементов на печатной плате	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типичные контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Стадии и этапы разработки РЭС.
2. Понятие конструкции и конструирования. Эволюция конструкций РЭС.
3. Структура конструкций РЭС. Основные задачи конструирования.
4. Основные требования, предъявляемые к РЭС. Кодификация климатических исполнений и объекта установки.
5. Классификация РЭС по категориям, классам и группам. Особенности

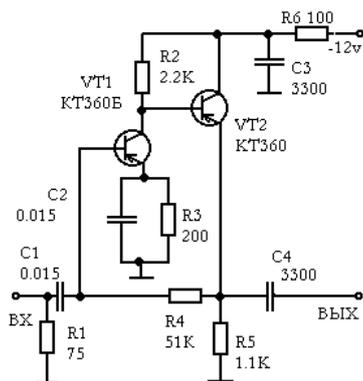
на земных РЭС.

6. Особенности морских РЭС.
7. Особенности бортовых РЭС.
8. Понятие конструкторской документации. Роль стандартизации в проектировании и производстве РЭС.
9. Классификация и комплектность конструкторской документации.
10. Назначение и структура спецификации.

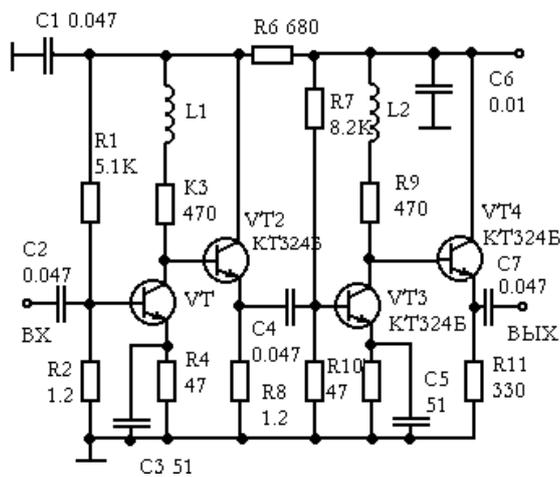
7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

Получить топологию печатной платы на основе заданной схемы:

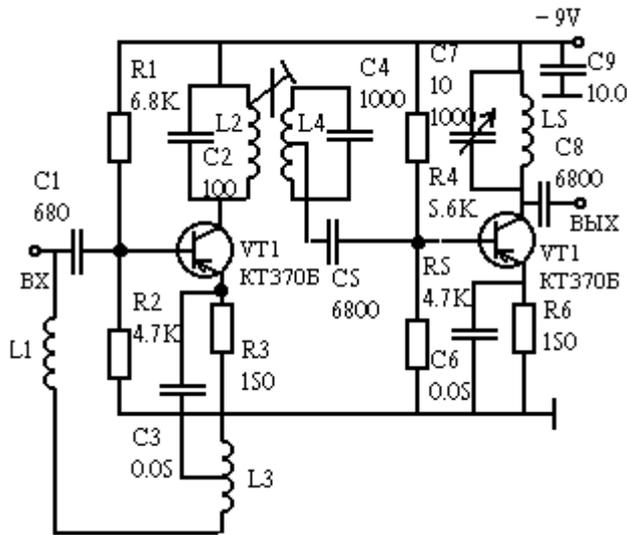
Вариант №1



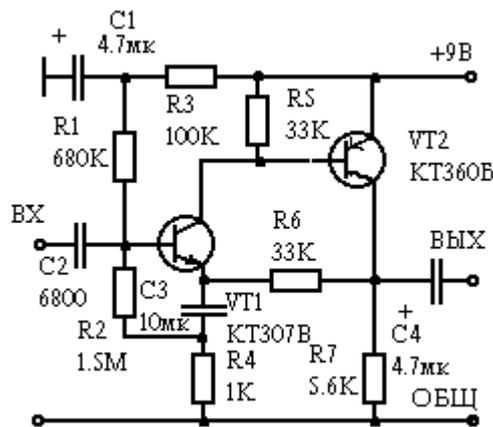
Вариант №2



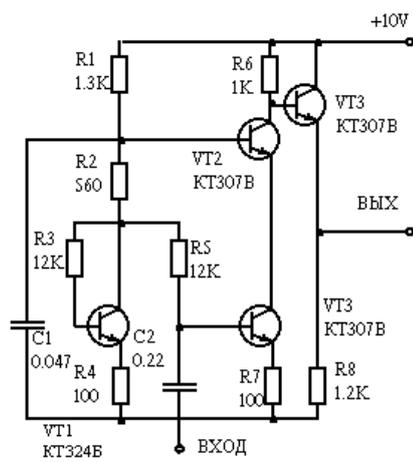
Вариант №3



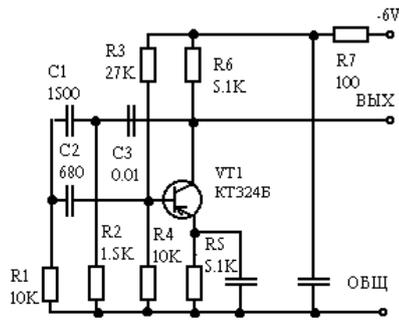
Вариант №4



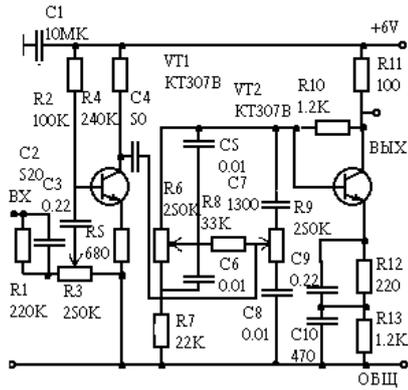
Вариант №5



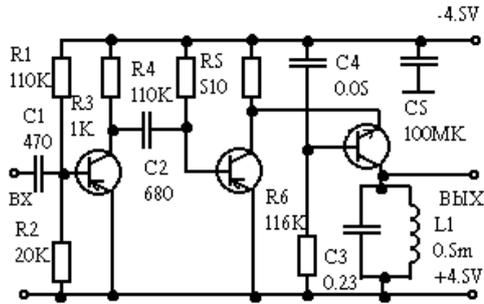
Вариант №6



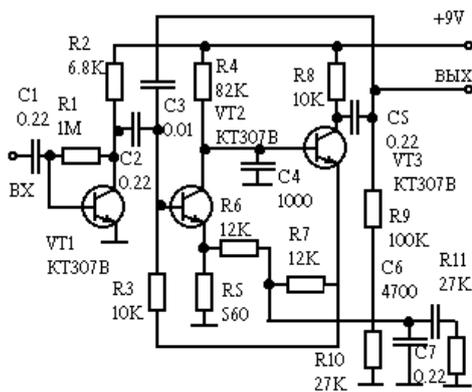
Вариант №7



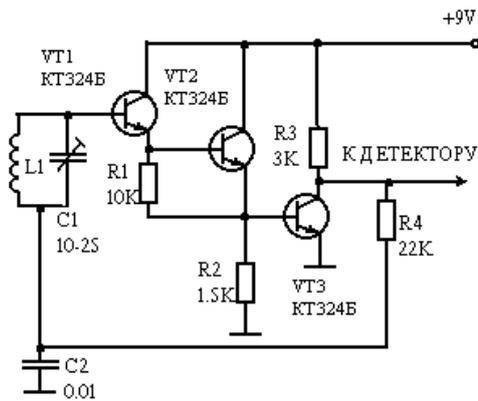
Вариант №8



Вариант №9



Вариант №10



7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Структура информационных связей АСК: ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- а) информация об обмене информацией между элементами АСК.
- б) информация об источниках и приемниках электрической энергии и их связях.

в) информация о механическом взаимодействии элементов в виде комплекта КД.

г) информация о составе и взаимодействии средств, входящих в систему.

2. Чем определяется допустимая инерционность первичного преобразователя(датчика)?

- а) временем опроса датчика $T_{\text{опр}}$.
- б) допустимым временем цикла между опросами датчика $T_{\text{ц. доп}}$.
- в) минимальной постоянной времени в передаточной функции объекта контроля.
- г) быстродействием АЦП.

3. Сколько точек подключения имеет дифференциальный вход измерительного устройства?

- а) одну.
- б) две.
- в) три.
- г) четыре.

4. Для устранения каких помех используют процедуру сглаживания?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- а) случайных импульсных помех.
- б) шумов помех с частотами близкими частоте сигнала.
- в) шумов.
- г) сетевых наводок.

5. Какие сигналы наиболее восприимчивы к помехам? ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- а) бинарные.
- б) аналоговые.

в) импульсные.

г) цифровые.

6. Какой метод измерения не относится к группе методов сравнения?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

а) мостовой.

б) дифференциальный.

в) непосредственной оценки.

г) компенсационный.

7. Какие дефекты формируют участок прямой ветви статической ВАХ р-п перехода с отрицательным дифференциальным сопротивлением (Собразный)?

а) замыкание металлизации на переход через поры в окисле.

б) неоднородность распределения примеси в базовой области (последовательно включенный паразитный р-п переход).

в) выпрямляющий контакт (последовательно включенный паразитный переход металл-полупроводник).

г) дефекты "посадки" кристалла в корпус.

8. Какой метод наиболее информативен для оценки неоднородности лавинного пробоя р-п перехода? ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

а) вольт-фарадных характеристик (ВФХ).

б) переходных характеристик.

в) т- характеристик.

г) производных ВАХ.

9. Какие дефекты вызывают сдвиг прямой ветви статической ВАХ р-п перехода в большую сторону вдоль оси напряжений? ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

а) загрязнение поверхности кристалла.

б) перегрев.

в) интерметаллические включения или другие причины, увеличивающие эквивалентное сопротивление омических контактов.

г) микротрещины в кристалле.

10. Какой вид имеют сигналы тестового воздействия при внутрисхемном контроле коэффициента передачи тока биполярного транзистора при неизвестных значениях шунтирующих сопротивлений?

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

а) пилообразные импульсы.

б) прямоугольные униполярные импульсы.

в) двухполярное периодическое напряжение.

г) ШИМ сигнал.

11. Какие виды анализа схем не позволяет выполнять система Protel DXP, входящая в состав Altium Designer? ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

а) аналого-цифровое моделирование с использованием алгоритмов Berkeley SPICE3f5/XSPICE.

б) моделирование аналоговых схем, описанных на языке Verilog.

в) моделирование цифровых схем, описанных на языке VHDL (модуль PeakFPGA).

12. Какой командой меню Protel DXP (Altium Designer) происходит замена разъёмов источниками питания? ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- a) View| Toolbars | Power Supply.
- б) View| Toolbars | Simulation.
- в) View| Toolbars | Members.
- г) View| Toolbars | Simulation Sources.

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Конструктивные особенности 3ДИС.
2. Особенности технологии медной металлизации кремниевых ИС
3. Формирование глубоких отверстий в кремнии.
4. Методы осаждения диэлектрических и металлических слоёв.
5. Заполнение глубоких отверстий медью
6. Особенности механической обработки кремния.
7. Химико-механическое полирование кремния.
8. Химико—механическое полирование меди.
9. Тестирование перемычек через кремний
10. Формирование матричной структуры выводов для флип-чип монтажа.
11. Плазменная активация поверхностей при флип-чип монтаже.
12. Cu-Sn интерметаллическое соединение для 3D интеграции
13. Ультразвуковая пайка.
14. Термокомпрессионная пайка.
15. Термозвуковая пайка
16. Методы соединения кремниевых пластин/кристаллов.
17. 3D межсоединения с использованием интерпозера
18. Технология пайки оплавлением.
19. Технология соединения кремниевых кристаллов с использованием медных столбиков
20. Резка пластин на кристаллы.
21. Виды корпусов. Технология корпусирования 3ДИС
22. Стохастические системы и их особенности. Принципы построения и интерпретации математических моделей стохастических систем.
23. Основные идеи и методы статистического планирования
24. Статистические методы управления качеством продукции.
25. Анализ и контроль процессов статистическими методами

7.2.5 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

Не предусмотрено учебным планом

7.2.6 Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Зачёт проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов. Максимальное количество набранных

баллов – 20.

1. Оценка «не зачтено» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.

2. Оценка «зачтено» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 20 баллов .

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Конструкции и методы овления печатных плат	ПК-2	Тест, индивидуальное задание, вопросы к зачёту
2	Этапы изготовления печатных плат	ПК-2	Тест, индивидуальное задание, вопросы к зачёту

7.3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации..

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Handbook of 3D Integration. N.-Y.: Willey-VCH, 2008. 798 p.
2. Handbook of 3D Integration: Technology and Applications of 3D Integrated Circuits / Ed.P. Garrou, C. Bower, P. Ramm. Weinheim: Wiley-Verlag GmbH & Co. KGaA, 2008.
3. Handbook of 3D Integration: Volume 1 – Technology and Applications of 3D Integrated Circuits. Willey-VCH, 2011.
4. Handbook of Semiconductor Interconnection Technology / Ed.Srikrishman, G.C.Schwartz. N.-Y.: CRC Press, 2006. 476 p.
5. Handbook of Semiconductor Manufacturing Technology / Ed.R. Doerin

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

При изучении дисциплины можно пользоваться электронно-библиотечными системами: «Elibrary», «IPRbooks», «Лань», Электронная библиотека диссертаций РГБ, «Университетская библиотека онлайн».

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Реализация программы предполагает наличие учебной аудитории, оборудованной для проведения лекционных занятий, компьютерного класса с мультимедийным комплексом и выходом в интернет, мультимедийного проектора, экрана

10 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

По дисциплине «Сквозное проектирование функциональных узлов РЭС» читаются лекции, проводятся практические занятия.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Самостоятельная	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому

<p>работа</p>	<p>усвоения учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие:</p> <ul style="list-style-type: none"> - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации..
<p>Подготовка к промежуточной аттестации</p>	<p>Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.</p>

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
1			
2			
3			