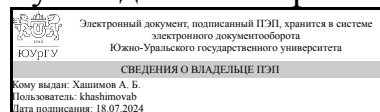


УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель направления



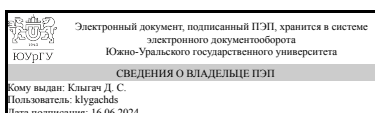
А. Б. Хашимов

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.02 Проектирование печатных плат быстродействующей аппаратуры
для направления 11.04.03 Конструирование и технология электронных средств
уровень Магистратура
форма обучения очная
кафедра-разработчик Радиоэлектроника и системы связи

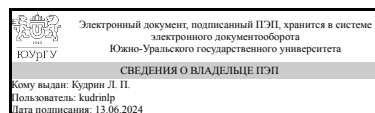
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 11.04.03 Конструирование и технология электронных средств, утверждённым приказом Минобрнауки от 22.09.2017 № 956

Зав.кафедрой разработчика,
к.техн.н., доц.



Д. С. Клыгач

Разработчик программы,
к.техн.н., доц., доцент



Л. П. Кудрин

1. Цели и задачи дисциплины

Целью дисциплины является подготовка специалистов по конструированию современных электронных средств (ЭС), обучение студентов методам проектирования печатных плат быстродействующих ЭС. В процессе изучения дисциплины студент должен ознакомиться с методами моделирования различных факторов, определяющих параметры быстродействия цифровых сигналов. Задачи изучения дисциплины состоят в подготовке обучаемого к дальнейшей самостоятельной работе в области проектирования печатных плат быстродействующих ЭС на базе систем автоматизированного проектирования.

Краткое содержание дисциплины

Выделяются проблемы, связанные с реализацией печатных плат для быстродействующей аппаратуры. Математическое моделирование - основа проектирования быстродействующих печатных плат. Рассматриваются электрофизические параметры печатных плат. Критерий моделирования - обеспечить требуемое полное сопротивление печатного монтажа. Линии передачи. Обеспечение целостности сигнала при его передаче по межсоединениям. Помехи на отражение в линиях передачи. Согласование линий передачи. Помехи в системе питания цифрового узла. Перекрестные помехи. Формирование структуры многослойной печатной платы.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-4 Готовность осуществлять постановку задач проектирования, подготавливать технические задания на выполнение проектов электронных средств	Знает: технические средства обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС), применяемых в печатных узлах; методики оценки параметров ЭМС; стандарты и нормативно-техническую документацию в области проектирования печатных плат Умеет: разрабатывать рекомендации по обеспечению целостности сигнала и повышению помехозащищенности печатных плат Имеет практический опыт: проведения конструкторских расчетов для проектирования печатных плат быстродействующей аппаратуры, определения помех отражения в линиях передачи
ПК-5 Способность разрабатывать проектно-конструкторскую документацию на конструкции электронных средств в соответствии с методическими и нормативными требованиями	Знает: содержание проблемы проектирования печатных плат быстродействующей аппаратуры; перспективные методы автоматизированного проектирования печатных узлов электронных средств Умеет: проводить конструкторские и технологические расчеты для проектирования печатных плат; снижения уровня помехоэмиссии от них Имеет практический опыт: проведения расчетов, моделирования различных мероприятий по

	снижению влияния помех в цепях быстродействующей аппаратуры; планирования, подготовки проектной документации с соблюдением требований нормативно-технической документации
--	---

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Нет	ФД.01 Проектирование антенных комплексов, Учебная практика (технологическая, проектно-технологическая) (2 семестр)

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Нет

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч., 56,5 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		1
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108
<i>Аудиторные занятия:</i>	48	48
Лекции (Л)	24	24
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	24	24
Лабораторные работы (ЛР)	0	0
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	51,5	51,5
Углубленное изучение лекционного материала.	26,5	26,5
Подготовка к экзамену.		
Подготовка к практическим занятиям	25	25
Консультации и промежуточная аттестация	8,5	8,5
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	экзамен

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Печатные платы в цифровых системах	1	1	0	0
2	Электрофизические параметры печатного монтажа	3	3	0	0

3	Линии передачи в печатном монтаже	12	4	8	0
4	Обеспечение целостности сигнала в печатном монтаже	3	3	0	0
5	Отражения в линиях передачи	12	4	8	0
6	Перекрестные помехи	3	3	0	0
7	Проектирование шин питания и заземления.	8	4	4	0
8	Структура слоев МПП	6	2	4	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Тенденции развития электронных средств. Развитие методов проектирования печатных плат. Стратегия разработки и верификация печатных плат. Элементы цифровой обработки сигналов.	1
2	2	Печатный монтаж. Поверхностный монтаж. Многослойные печатные платы. Полное сопротивление элементов печатного монтажа. Полные сопротивления идеальных и реальных элементов цепей во временной и частотной областях. Эквивалентные схемы компонентов. Сопротивление, скин-эффект. Электрическая емкость в печатном монтаже. Инженерные методы оценки емкости. Индуктивность контура, взаимная индуктивность. Индуктивность контура питания. Переходные отверстия.	3
3	3	Модели линии передачи. Однородные линии передачи. Скорость распространения сигнала в линии передачи. Волновое сопротивление линии передачи. Путь возвратного тока в линии передачи. Инженерные методы расчета волнового сопротивления. Влияние потерь в линии передачи на качество функционирования цифрового узла.	4
4	4	Целостность сигнала и проектирование печатных плат. Причины нарушения целостности сигнала. Неоднородности в линиях передачи: разветвления, шлейфы, повороты сигнальных проводников, металлизированные отверстия, соединители, возвратный проводник в линии передачи.	3
5	5	Электрически короткие и длинные линии передачи. Помехи в коротких линиях передачи. Помехи отражения в длинных линиях передачи. Линейные и нелинейные нагрузки линии передачи. Согласование линий передачи.	4
6	6	Перекрестные помехи. Механизм связи активной и пассивной линий передачи. Модели описания перекрестных помех. Перекрестные помехи в коротких линиях. Перекрестные помехи в длинных линиях. Методы снижения перекрестных помех.	3
7	7	Полное сопротивление системы питания. Особенности систем питания цифровых микросхем. Минимизация полного сопротивления системы питания. Топология сплошных слоев питания. Развязывающие конденсаторы в электронных модулях. Рекомендации по проектированию шин питания и заземления.	4
8	8	Структура слоев многослойной печатной платы. Сигнально-потенциальные звенья МПП. Формирование структуры МПП.	2

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	3	Исследование параметров полосковой линии передачи. Компенсация	4

		неоднородностей.	
2	3	Исследование параметров микрополосковой линии передачи. Компенсация неоднородностей.	4
3	5	Отражения в линиях передачи. Расчет искажений сигнала в длинных линиях передачи. Расчет отражений сигнала для различных линейных нагрузок. Построение осциллограмм и диаграмм «координата-время».	4
4	5	Согласование в линиях передачи с построение осциллограмм и диаграмм «координата-время».	4
5	7	Проектирование шин питания и заземления. Расчет «провала» напряжения и «подскока» заземления в системе питания цифровой аппаратуры.	4
6	8	Формирование структуры многослойной печатной платы.	4

5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Углубленное изучение лекционного материала. Подготовка к экзамену.	Авдоченко, Б.И. Цифровые и аналоговые быстродействующие устройства. [Электронный ресурс] : учеб.-метод. пособие — Электрон. дан. — М. : ТУСУР, 2006. — 100 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/11447 — Загл. с экрана. Костиков, В.Г. Электромагнитная совместимость в электронной аппаратуре. [Электронный ресурс] / В.Г. Костиков, Р.В. Костиков, В.А. Шахнов. — Электрон. дан. — М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. — 125 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/52371 — Загл. с экрана.	1	26,5
Подготовка к практическим занятиям	Авдоченко, Б.И. Цифровые и аналоговые быстродействующие устройства. [Электронный ресурс] : учеб.-метод. пособие — Электрон. дан. — М. : ТУСУР, 2006. — 100 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/11447 — Загл. с экрана. Ефанов, В.И. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств и систем. [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.И. Ефанов, А.А. Тихомиров. — Электрон. дан. — М. : ТУСУР, 2012. — 229 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/5459 — Загл. с экрана.	1	25

6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учитывается в ПА
1	1	Текущий контроль	Защита практической работы №1	1	3	3 балла - Отчет представлен в течение двух недель после выполнения ЛР. Замечания по отчету не существенные. При защите на поставленные вопросы даны обстоятельные ответы. 2 балла - Вариант а): Отчет представлен позднее двух недель. Защита без существенных замечаний. Вариант б): Отчет представлен в течение двух недель, но защита сопровождалась значительными ошибками, студент не уверенно ориентируется в представленных материалах. 1 балл - отчет представлен вовремя или не вовремя, в отчете грубые ошибки. При защите на вопросы нет аргументированных ответов. Плохо ориентируется в представленном материале. 0 баллов - Отчета нет или выполнен с грубыми ошибками. При защите (если отчет представлен) студент совсем не ориентируется в представленных материалах.	экзамен
2	1	Текущий контроль	Защита практической работы №2	1	3	3 балла - Отчет представлен в течение двух недель после выполнения ЛР. Замечания по отчету не существенные. При защите на поставленные вопросы даны обстоятельные ответы. 2 балла - Вариант а): Отчет представлен позднее двух недель. Защита без существенных замечаний. Вариант б): Отчет представлен в течение двух недель, но защита сопровождалась значительными ошибками, студент не уверенно ориентируется в представленных материалах. 1 балл - отчет представлен вовремя или не вовремя, в отчете грубые ошибки. При защите на вопросы нет аргументированных ответов. Плохо ориентируется в представленном материале. 0 баллов - Отчета нет или выполнен с грубыми ошибками. При защите (если	экзамен

						отчет представлен) студент совсем не ориентируется в представленных материалах.	
3	1	Текущий контроль	Защита практической работы №3	1	3	3 балла - Отчет представлен в течение двух недель после выполнения ЛР. Замечания по отчету не существенные. При защите на поставленные вопросы даны обстоятельные ответы. 2 балла - Вариант а): Отчет представлен позднее двух недель. Защита без существенных замечаний. Вариант б): Отчет представлен в течение двух недель, но защита сопровождалась значительными ошибками, студент не уверенно ориентируется в представленных материалах. 1 балл - отчет представлен вовремя или не вовремя, в отчете грубые ошибки. При защите на вопросы нет аргументированных ответов. Плохо ориентируется в представленном материале. 0 баллов - Отчета нет или выполнен с грубыми ошибками. При защите (если отчет представлен) студент совсем не ориентируется в представленных материалах.	экзамен
4	1	Текущий контроль	Защита практической работы №4	1	3	3 балла - Отчет представлен в течение двух недель после выполнения ЛР. Замечания по отчету не существенные. При защите на поставленные вопросы даны обстоятельные ответы. 2 балла - Вариант а): Отчет представлен позднее двух недель. Защита без существенных замечаний. Вариант б): Отчет представлен в течение двух недель, но защита сопровождалась значительными ошибками, студент не уверенно ориентируется в представленных материалах. 1 балл - отчет представлен вовремя или не вовремя, в отчете грубые ошибки. При защите на вопросы нет аргументированных ответов. Плохо ориентируется в представленном материале. 0 баллов - Отчета нет или выполнен с грубыми ошибками. При защите (если отчет представлен) студент совсем не ориентируется в представленных материалах.	экзамен
5	1	Текущий контроль	Защита практической работы №5	1	3	3 балла - Отчет представлен в течение двух недель после выполнения ЛР. Замечания по отчету не существенные. При защите на поставленные вопросы даны обстоятельные ответы.	экзамен

						2 балла - Вариант а): Отчет представлен позднее двух недель. Защита без существенных замечаний. Вариант б): Отчет представлен в течение двух недель, но защита сопровождалась значительными ошибками, студент не уверенно ориентируется в представленных материалах. 1 балл - отчет представлен вовремя или не вовремя, в отчете грубые ошибки. При защите на вопросы нет аргументированных ответов. Плохо ориентируется в представленном материале. 0 баллов - Отчета нет или выполнен с грубыми ошибками. При защите (если отчет представлен) студент совсем не ориентируется в представленных материалах.	
6	1	Текущий контроль	Защита практической работы №6	1	3	3 балла - Отчет представлен в течение двух недель после выполнения ЛР. Замечания по отчету не существенные. При защите на поставленные вопросы даны обстоятельные ответы. 2 балла - Вариант а): Отчет представлен позднее двух недель. Защита без существенных замечаний. Вариант б): Отчет представлен в течение двух недель, но защита сопровождалась значительными ошибками, студент не уверенно ориентируется в представленных материалах. 1 балл - отчет представлен вовремя или не вовремя, в отчете грубые ошибки. При защите на вопросы нет аргументированных ответов. Плохо ориентируется в представленном материале. 0 баллов - Отчета нет или выполнен с грубыми ошибками. При защите (если отчет представлен) студент совсем не ориентируется в представленных материалах.	экзамен
7	1	Промежуточная аттестация	Экзамен	-	5	5 баллов (отлично) - Ответы представлены полные, замечаний по наполнению ответа нет. Необходимости в собеседовании нет. 4 балла (хорошо) - Ответы на вопросы полные, есть не существенные замечания. Необходимости в собеседовании нет. 3 балла (удовлетворительно) - Есть ответы на оба вопроса. Ответы имеют существенные ошибки. В ходе собеседования студент объясняет эти ошибки, показывает знания материала и по другим вопросам.	экзамен

					2 балла (неудовлетворительно) - Нет ответа на один вопрос. При наличии ответов на оба вопроса присутствуют грубые ошибки. В ходе собеседования студент показывает, что он не ориентируется ни по вопросам билета, ни по материалу дисциплины в целом.	
--	--	--	--	--	---	--

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
экзамен	Экзамен проводится письменно. В экзаменационном билете два вопроса. Для ответа на билет дается 1 час. После проверки ответов при необходимости проводится собеседование со студентом индивидуально. Необходимость в собеседовании вызвана недостаточным объемом и наполнением ответа.	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ						
		1	2	3	4	5	6	7
ПК-4	Знает: технические средства обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС), применяемых в печатных узлах; методики оценки параметров ЭМС; стандарты и нормативно-техническую документацию в области проектирования печатных плат	+	+	+	+	+	+	+
ПК-4	Умеет: разрабатывать рекомендации по обеспечению целостности сигнала и повышению помехозащищенности печатных плат	+	+	+	+	+	+	+
ПК-4	Имеет практический опыт: проведения конструкторских расчетов для проектирования печатных плат быстродействующей аппаратуры, определения помех отражения в линиях передачи	+	+	+	+	+	+	+
ПК-5	Знает: содержание проблемы проектирования печатных плат быстродействующей аппаратуры; перспективные методы автоматизированного проектирования печатных узлов электронных средств	+	+	+	+	+	+	+
ПК-5	Умеет: проводить конструкторские и технологические расчеты для проектирования печатных плат; снижения уровня помехоэмиссии от них	+	+	+	+	+	+	+
ПК-5	Имеет практический опыт: проведения расчетов, моделирования различных мероприятий по снижению влияния помех в цепях быстродействующей аппаратуры; планирования, подготовки проектной документации с соблюдением требований нормативно-технической документации	+	+	+	+	+	+	+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

Не предусмотрена

б) дополнительная литература:

1. Князев, А. Д. Конструирование радиоэлектронной и электронновычислительной аппаратуры с учетом электромагнитной совместимости. - М.: Радио и связь, 1989. - 223 с. ил.

в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:
Не предусмотрены

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Кудрин Л.П. Конструктивно-технологический расчет печатного монтажа: Учебное пособие. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2014

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Кудрин Л.П. Конструктивно-технологический расчет печатного монтажа: Учебное пособие. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2014

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Костиков, В.Г. Электромагнитная совместимость в электронной аппаратуре. [Электронный ресурс] / В.Г. Костиков, Р.В. Костиков, В.А. Шахнов. — Электрон. дан. — М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. — 125 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/52371 — Загл. с экрана.
2	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Авдоченко, Б.И. Цифровые и аналоговые быстродействующие устройства. [Электронный ресурс] : учеб.-метод. пособие — Электрон. дан. — М. : ТУСУР, 2006. — 100 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/11447 — Загл. с экрана.
3	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Ефанов, В.И. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств и систем. [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.И. Ефанов, А.А. Тихомиров. — Электрон. дан. — М. : ТУСУР, 2012. — 229 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/5459 — Загл. с экрана.

Перечень используемого программного обеспечения:

Нет

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лекции	1012	Конструкторский кабинет, в котором размещаются образцы электронных

	(3б)	средств и их составляющих, а также библиотека нормативно-технических документов (ГОСТы, ОСТы, ТУ, справочники, образцы конструкторской документации и др.).
Практические занятия и семинары	1012 (3б)	Конструкторский кабинет, в котором размещаются образцы электронных средств и их составляющих, а также библиотека нормативно-технических документов (ГОСТы, ОСТы, ТУ, справочники, образцы конструкторской документации и др.).