

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Галунин Сергей Александрович
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 24.10.2023 13:59:21
Уникальный программный ключ:
08ef34338325bdb0ac5a47baa5472ce36cc3fc3b



СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ

Приложение к ОПОП
«Микроволновая электроника»

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)»
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

**«ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ
БАЗЫ»**

для подготовки бакалавров

по направлению

11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»

по профилю

«Микроволновая электроника»

Санкт-Петербург

2022

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчики:

доцент каф. МВЭ, к.т.н. Синев А.Е.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры МВЭ
10.03.2022, протокол № 2

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией
ФЭЛ, 24.03.2022, протокол № 01/22

Согласовано в ИС ИОТ

Начальник ОМОЛА Загороднюк О.В.

1 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Обеспечивающий факультет	ФЭЛ
Обеспечивающая кафедра	МВЭ
Общая трудоемкость (ЗЕТ)	5
Курс	4
Семестр	7
Виды занятий	
Лекции (академ. часов)	34
Практические занятия (академ. часов)	51
Иная контактная работа (академ. часов)	3
Все контактные часы (академ. часов)	88
Самостоятельная работа, включая часы на контроль (академ. часов)	92
Всего (академ. часов)	180
Вид промежуточной аттестации	
Дифф. зачет (курс)	4
Курсовая работа (курс)	4

2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

«ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ»

В данном курсе рассмотрены методы математического моделирования электронных компонентов. На занятиях студенты знакомятся с программными пакетами по проектированию радиоэлектронных устройств с использованием современных САПР.

SUBJECT SUMMARY

«FOUNDATIONS OF ELECTRONIC COMPONENTS DESIGN»

It refers to the disciplines of engineering and design cycle. The methods of mathematical modeling of electronic components. In practical classes students get acquainted with the software packages for the design of electronic devices using the latest CAD systems. The study is supported disciplines laboratory practicum.

3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

3.1 Цели и задачи дисциплины

1. Целью дисциплины является изучение принципов построения компактных моделей элементов компонентной базы, формирование умений использования методов разработки таких моделей и навыков применения их на практике для проектирования элементов компонентной базы.

2. Задачи дисциплины включают:

-формирование представления о современном состоянии проектирования электронной компонентной базы и тенденциях развития.

-получение базовых умений в области построения компактных моделей элементов компонентной базы;

-формирование навыков (владение методикой) определения параметров компактных моделей элементов ЭКБ;

3. Приобретение знаний о принципах математического описания физических эффектов в вакуумных, плазменных, твердотельных приборах и устройствах электронной компонентной базы (ЭКБ), технологии изготовления, оптимизации параметров и характеристик; основных методах разработки алгоритмов и программ, структур данных, используемых для представления электронной компонентной базы.

4. Формирование умений обеспечивать технологическую и конструктивную реализацию материалов и элементов в приборах и устройствах ЭКБ; применять методы расчета параметров и характеристик, моделирования и проектирования приборов и устройств ЭКБ.

5. Освоение навыков владения современными программными средствами моделирования и проектирования электронной компонентной базы, навыками работы с информационными базами данных об отечественных и зарубежных элек-

тронных компонентах.

3.2 Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

1. «Информационные технологии»
2. «Квантовая механика и статистическая физика»
3. «Методы математической физики»
4. «Вакуумная и плазменная электроника»
5. «Научно-исследовательская работа студента»
6. «Электродинамика»
7. «Твердотельная электроника»

и обеспечивает изучение последующих дисциплин:

1. «Производственная практика (производственно-технологическая практика)»
2. «Программные средства моделирования электронной компонентной базы»
3. «Производственная практика (преддипломная практика)»

3.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен достичь следующие результаты обучения по дисциплине:

Код компетенции/ индикатора компетенции	Наименование компетенции/индикатора компетенции
ПК-1	Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования
<i>ПК-1.1</i>	<i>Умеет строить физические и математические модели моделей, узлов, блоков</i>
<i>ПК-1.2</i>	<i>Владеет навыками компьютерного моделирования</i>
ПК-3	Способен выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования
<i>ПК-3.2</i>	<i>Умеет проводить оценочные расчеты характеристик электронных приборов</i>
<i>ПК-3.3</i>	<i>Владеет навыками подготовки принципиальных и монтажных электрических схем</i>

4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Содержание разделов дисциплины

4.1.1 Наименование тем и часы на все виды нагрузки

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Лек, ач	Пр, ач	ИКР, ач	СР, ач
1	Введение	2			
2	Тема 1. Моделирование дискретных элементов	6	6		18
3	Тема 2. Функционально-логическое и схемотехническое проектирование на основе дискретных элементов	6	9		18
4	Тема 3. Функционально-логическое проектирование микросхем	6	12		18
5	Тема 4. Схемотехническое проектирование микросхем	6	12		18
6	Тема 5. Физико-топологическое проектирование полупроводниковых и гибридных микросхем	6	12	3	20
7	Заключение	2			
	Итого, ач	34	51	3	92
	Из них ач на контроль	0	0	0	0
	Общая трудоемкость освоения, ач/зе	180/5			

4.1.2 Содержание

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
1	Введение	Общая характеристика процесса проектирования. Восходящее и нисходящее проектирование. Виды и способы проектирования ЭКБ. Маршруты и этапы проектирования. Основы функционально-логического, схемотехнического и физико-топологического проектирования.
2	Тема 1. Моделирование дискретных элементов	Моделирование компонентов с двумя контактами: р-п переходы, гетеропереходы, барьер Шоттки, омический контакт, конденсатор. Моделирование биполярных транзисторов: модель Эберса-Молла, модель Гуммеля-Пуна, гетеропереходный БТ. Моделирование полевых транзисторов: универсальная модели МОП-транзистора, ПТШ на GaAs, ГПТ.
3	Тема 2. Функционально-логическое и схемотехническое проектирование на основе дискретных элементов	Моделирование КМОП ОУ. Основы схемотехнического проектирования.

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
4	Тема 3. Функционально-логическое проектирование микросхем	Современный стиль проектирования СБИС. Языки проектирования высокого уровня. Основные способы описания цифровых схем с помощью языков VHDL и VERILOG. Верификация проектных решений. Реализация заказных ИМС на основе ПЛИС
5	Тема 4. Схемотехническое проектирование микросхем	Методы схемотехнического моделирования электронных схем. Роль схемотехнического моделирования при разработке топологии СБИС.
6	Тема 5. Физико-топологическое проектирование полупроводниковых и гибридных микросхем	Основные этапы проектирования топологии ИМС. Методы и алгоритмы компоновки, размещения элементов и трассировки соединений. Технические требования на разработку топологии элементной базы. Расположение тестовых элементов. Метки совмещения фотошаблонов. Проверка топологии на соответствие технологическим и электрическим правилам проекта. Диагностика и исправление ошибок проектирования. Проектирование топологии заказных микросхем на основе БМК. Классификация БМК.
7	Заключение	Подведение итогов. Обобщение пройденного материала

4.2 Перечень лабораторных работ

Лабораторные работы не предусмотрены.

4.3 Перечень практических занятий

Наименование практических занятий	Количество ауд. часов
1. Основные приёмы работы с программой PSPICE	3
2. Исследование SPICE-моделей диода	6
3. Исследование SPICE-моделей биполярного транзистора	6
4. Исследование SPICE-моделей МОП-транзистора	6
5. Определение SPICE-параметров диода	6
6. Определение SPICE-параметров БП-транзистора	6
7. Определение SPICE-параметров МОП-транзистора	6
8. Проектирование приборов в среде TCAD Synopsys	6
9. Проектирование балансного диодного смесителя	6
Итого	51

4.4 Курсовое проектирование

Цель работы (проекта): приобретение необходимого опыта работы с современными программными продуктами, которые наиболее востребованы на современном этапе при проектировании электронной компонентной базы.

Содержание работы (проекта): Расчет направленного ответвителя на микрополосковых элементах:

переходное ослабление < -5 дБ

направленность > -30 дБ

Расчет микроволнового диодного смесителя. Частота сигнала, f_C и промежуточная частота, f_П выбираются из таблицы, где номер варианта определяется порядковым номером в ведомости.

Корпус SOT23

Материал диода Si

Частота сигнала:

№ 0xxx 1xxx 2xxx 3xxx 4xxx 5xxx 6xxx 7xxx 8xxx 9xxx

11200122012401260128013001320134013601380

21400142014401460148015001520154015601580

31600162016401660168017001720174017601780

256000602060406060608061006120614061606180

Промежуточная частота:

5060708090100110120110120

Разработка конструкции и технологии изготовления функционального узла микроэлектронной схемы»

Схема представляет собой простейший несимметричный мультивибратор, который используется для обеспечения прерывистого свечения светодиода. Частота вспышек светодиода определяется частотой генерации мультивибратора.

При включении источника питания ток коллектора транзистора VT2 скачком

изменится от нуля до начального значения, которое определяется номиналами резисторов R1, R2 и коэффициентом $h_{21э}$ транзисторов VT1, VT2. Силу начального тока коллектора VT2, устанавливают подбором резистора R2, при отключенном конденсаторе C1. При этом светодиод еще не должен светиться. Подбор начинают со значений сопротивления R1, при котором светодиод светится, затем увеличивают сопротивление R1, до погасания светодиода. Подбором конденсатора C1, добиваются требуемой частоты миганий. Номиналы резисторов, могут отличаться от указанных на схеме, на $\pm 10\%$. Транзисторы маломощные группы МП, вместо МП41, можно ставить МП39, МП42, с любым буквенным индексом. В место МП37 можно ставить МП10, МП38. Светодиод можно применить любой имеющийся в продаже.

Задание выдаётся на группу из двух человек, каждый из которых проектирует конструкцию одного из биполярных транзисторов, а затем совместными усилиями проверяется, как спроектированные приборы работают в составе заданной схемы.

Общие требования к оформлению курсовой работы изложены в ГОСТ 7.32-2017 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. ОТЧЕТ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ. Структура и правила оформления.

Отчет должен содержать не менее трех и не более 10 литературных источников, объем не менее 20 и не более 40 страниц, передается в электронном виде на проверку преподавателю и в бумажном, подписанном виде на защиту.

Темы:

№ п/п	Название темы	Перевод темы
1	Проектирование микроволнового диодного смесителя	Microwave diode mixer design
2	Разработка конструкции и технологии изготовления функционального узла микросхемы	Microelectronic scheme functional node structure and technology design

4.5 Реферат

Реферат не предусмотрен.

4.6 Индивидуальное домашнее задание

Индивидуальное домашнее задание не предусмотрено.

4.7 Доклад

Доклад не предусмотрен.

4.8 Кейс

Кейс не предусмотрен.

4.9 Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

Изучение дисциплины сопровождается самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателем литературными источниками и информационными ресурсами сети Интернет.

Текущая СРС	Примерная трудоемкость, ач
Работа с лекционным материалом, с учебной литературой	8
Опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	5
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	6
Выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	0
Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	8
Подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	0
Выполнение расчетно-графических работ	0
Выполнение курсового проекта или курсовой работы	35
Поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	0
Работа над междисциплинарным проектом	0

Текущая СРС	Примерная трудоемкость, ач
Анализ данных по заданной теме, выполнение расчетов, составление схем и моделей, на основе собранных данных	0
Подготовка к зачету, дифференцированному зачету, экзамену	30
ИТОГО СРС	92

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№ п/п	Название, библиографическое описание	К-во экз. в библ.
Основная литература		
1	Петров, Михаил Николаевич. Моделирование компонентов и элементов интегральных схем [Текст] : учеб. пособие для вузов в обл. радиотехники, электроники, биомед. техники и автоматизации, по специальности 210104 (200100)-"Микроэлектроника и твердотельная электроника" / М.Н. Петров, Г.В. Гудков, 2011. -462 с.	34
2	Синев, Александр Евгеньевич. Проектирование микроволнового диодного смесителя [Текст] : учеб.-метод. пособие / А. Е. Синев, А. Д. Тупицын, С. А. Шевченко, 2020. -61 с.	60
3	Синев, Александр Евгеньевич. Основы проектирования электронной компонентной базы [Текст] : учеб.-метод. пособие / А. Е. Синев, А. А. Смирнов, С. А. Шевченко, 2021. -62, [1] с.	60
Дополнительная литература		
1	Электроника СБИС [Текст] : проектирование микроструктур / Ганнет Дж., Домич А., Катавенис М. ; под ред. Н. Айнспрука; пер. с англ. Н.А. Николаева, Л.А. Теплицкого; под ред. И.П. Норенкова, 1989. -256 с.	21
2	Ульман, Джеффри Д. Вычислительные аспекты СБИС [Текст] / Дж.Д. Ульман ; пер. А.В. Неймана ; под ред. П.П. Пархоменко, 1990. -480 с.	8
3	Шилков, Валентин Михайлович. Применение системы OrCAD 9.1 на этапе схемотехнического проектирования микросхем [Текст] : Учеб. пособие / В.М.Шилков, 2001. -32 с.	58

5.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при освоении дисциплины

№ п/п	Электронный адрес
1	Сайт программы AIM-SPICE http://www.aimspice.com
2	Сайт программы Synopsys http://www.synopsys.com
3	Сайт программы Microwave Office https://pcbsoftware.com/tag/awr/
4	Шаблон оформления курсовой работы/курсового проекта: https://etu.ru/assets/files/3004_3_ShABLON-kursovika.doc
5	ГОСТ 7.32-2017 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. ОТЧЕТ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ. Структура и правила оформления https://cs.msu.ru/sites/cmc/files/docs/2021-11gost_7.32-2017.pdf

5.3 Адрес сайта курса

Адрес сайта курса: <https://vec.etu.ru/moodle/course/view.php?id=14044>

6 Критерии оценивания и оценочные материалы

6.1 Критерии оценивания

Для дисциплины «Основы проектирования электронной компонентной базы» предусмотрены следующие формы промежуточной аттестации: зачет с оценкой.

Зачет с оценкой

Оценка	Описание
Неудовлетворительно	Курс не освоен. Студент испытывает серьезные трудности при ответе на ключевые вопросы дисциплины
Удовлетворительно	Студент в целом овладел курсом, но некоторые разделы освоены на уровне определений и формулировок
Хорошо	Студент овладел курсом, но в отдельных вопросах испытывает затруднения. Умеет решать задачи
Отлично	Студент демонстрирует полное овладение курсом, способен применять полученные знания при решении конкретных задач

Особенности допуска

Промежуточная аттестация в виде дифф. зачета производится при выполнении всех показателей текущей аттестации:

- посещаемость лекций и практических занятий не ниже 80%;
- представлены отчёты по всем практическим работам и произведена их защита;
- получена оценка за курсовую работу не ниже удовлетворительно.

6.2 Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Вопросы к дифф.зачету

№ п/п	Описание
1	Восходящее и нисходящее проектирование.
2	Классификация интегральных схем.
3	Методы проектирования ЭКБ.
4	Этапы проектирования ЭКБ.
5	Типы моделей полупроводниковых устройств.
6	Физико-технологическое моделирование ЭКБ.
7	Моделирование электрофизических параметров ЭКБ.
8	Конструкции и особенности современных МОП-транзисторов.
9	Физические эффекты в субмикронных и нанометровых МОП-транзисторах.
10	Входные и выходные характеристики биполярного транзистора в схеме с ОБ.
11	Выходные и передаточные характеристики полевого транзистора с управляющим р-п переходом (JFET).
12	Выходные и передаточные характеристики полевого транзистора с изолированным затвором (MOSFET).
13	Требования к компактным моделям.
14	Модель полупроводникового диода.
15	Модель биполярного транзистора.
16	Модель полевого транзистора с управляющим р-п переходом (JFET).
17	Модель Шихмана-Ходжеса.
18	Методика экстракции параметров модели диода.
19	Методика экстракции параметров модели Гуммеля-Пуна.
20	Методика экстракции параметров модели Шихмана-Ходжеса.
21	Принцип действия направленного ответвителя на микрополосковых линиях.

Весь комплект контрольно-измерительных материалов для проверки сформированности компетенции (индикатора компетенции) размещен в закрытой части по адресу, указанному в п. 5.3

6.3 График текущего контроля успеваемости

Неделя	Темы занятий	Вид контроля
3	Тема 1. Моделирование дискретных элементов (30 акад. час)	
4		Практическая работа
11	Тема 4. Схемотехническое проектирование микросхем	
12		Практическая работа
16	Тема 5. Физико-топологическое проектирование полупроводниковых и гибридных микросхем (30 акад. час)	
17		Защита КР / КП

6.4 Методика текущего контроля

на лекционных занятиях

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее **80** % занятий), по результатам которого студент получает допуск на дифф.зачет.

на практических (семинарских) занятиях

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее **80** % занятий), по результатам которого студент получает допуск на дифф.зачет.

В ходе проведения семинарских и практических занятий целесообразно привлечение студентов к как можно более активному участию в дискуссиях, решении задач, обсуждениях и т. д. При этом активность студентов также может учитываться преподавателем, как один из способов текущего контроля на практических занятиях.

самостоятельной работы студентов

Контроль самостоятельной работы студентов осуществляется на лекционных практических занятиях студентов по методикам, описанным выше.

при выполнении курсового проекта (работы)

Текущий контроль при выполнении курсового проекта (работы) осуществляется в соответствии с методическими указаниями по курсовому проектированию и заданием на курсовой проект (работу).

Оформление пояснительной записки на курсовой проект (работу) выполняется в соответствии с требованиями к студенческим работам принятым в СПбГЭТУ.

Защита курсового проекта (работы) осуществляется в соответствии с требованиями «Положения о промежуточной аттестации».

Оценка за курсовой проект (работу) по четырехбалльной шкале выставляется по следующим критериям:

«отлично» вопрос раскрыт полностью, задача работы решена правильно;

«хорошо» вопрос раскрыт не полностью, задача работы решена частично;

«удовлетворительно» в ответе на вопрос имеются существенные ошибки; задача работы не решена или решена неправильно, ход решения правильный;

«неудовлетворительно» отсутствует ответ на вопрос или содержание ответа не совпадает с поставленным вопросом, задача работы не решена, ход решения неправильный.

7 Описание информационных технологий и материально-технической базы

Тип занятий	Тип помещения	Требования к помещению	Требования к программному обеспечению
Лекция	Лекционная аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, меловая или маркерная доска.	
Практические занятия	Аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, проектор, ПК, экран, меловая или маркерная доска	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше
Самостоятельная работа	Помещение для самостоятельной работы	Оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше

8 Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Дата	Изменение	Дата и номер протокола заседания УМК	Автор	Начальник ОМОЛА