

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
КАФЕДРА ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ

Утверждено:  
на заседании кафедры  
протокол от «20» июня 2017 г. №7  
Зав. кафедрой  / Салихов Р.Б.

Согласовано:  
Председатель УМК ФТИ

 /Балапанов М.Х.

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

дисциплина КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ  
ПРИБОРОВ

*(наименование дисциплины)*

\_\_\_\_\_ дисциплина по выбору \_\_\_\_\_

*(Цикл дисциплины и его часть (базовая, вариативная, дисциплина по выбору))*

**программа бакалавриата**

Направление подготовки (специальность)

**11.03.04 электроника и нанoeлектроника,**

*(указывается код и наименование направления подготовки (специальности))*

Направленность (профиль) подготовки

\_\_\_\_\_ «Электронные приборы и устройства» \_\_\_\_\_

*(указывается наименование направленности (профиля) подготовки)*

Квалификация

**бакалавр**

*(указывается квалификация)*

Разработчик (составитель)

Доцент, к.т.н.,

*(должность, ученая степень, ученое звание)*



/Абдрахманов В.Х.

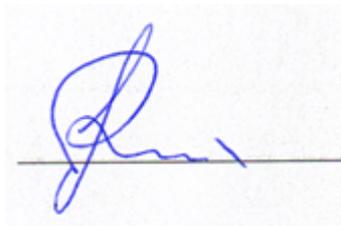
Для приема: 2017 г.

Уфа 2017г.

Составитель / составители:  
к.т.н. доцент Абдрахманов В.Х.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры инфокоммуникационных технологий и наноэлектроники, протокол № 7 от «20» июня 2017 г.

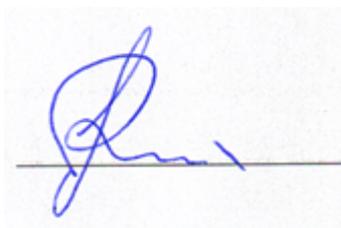
Заведующий кафедрой



Салихов Р.Б./

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры инфокоммуникационных технологий и наноэлектроники, протокол № 7 от «5» июня 2018 г.

Заведующий кафедрой



Салихов Р.Б /

### Список документов и материалов

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	4
2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы	5
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)	5
4. Фонд оценочных средств по дисциплине	6
4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания	6
4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	8
4.3. <i>Рейтинг-план дисциплины (при необходимости)</i>	9
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	15
5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	15
5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины	15
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	17

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

ОПК-4- готовностью применять современные средства выполнения и редактирования изображений и чертежей и подготовки конструкторско-технологической документации

ПК-5-готовностью выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования

Результаты обучения		Формируемая компетенция (с указанием кода)	Примечание
Знания	1. Знать принцип автоматизации расчета и проектирования электронных приборов и устройств;	ОПК-4	
	2. Знать основные математические модели и алгоритмы, используемые при решения задач расчета проектируемого устройства и оптимизации параметров;	ПК-5	
Умения	1. Уметь составить математические модели, алгоритмы и упрощенные программы для решения задач, связанных с расчетом и проектированием;	ОПК-4	
	3. Уметь осуществлять на практике решение указанных задач с использованием проблемно-ориентированных прикладных программ.	ПК-5	
Владения (навыки / опыт деятельности)	1. Владеть навыками расчета и проектирования электронных приборов и устройств и их узлов с использованием ЭВМ и проблемно-ориентированных прикладных программ.	ПК-5	
	2. Владеть навыками программирования	ОПК-4	

## **2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Компьютерное моделирование и проектирование электронных приборов» относится к *выборочной* части рабочего учебного плана.

Дисциплина изучается на 3 курсе в 5 семестре.

Цели изучения дисциплины: «Компьютерное моделирование и проектирование электронных приборов»

Данный курс предназначен для студентов направления 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника». Курс «Компьютерное моделирование и проектирование электронных приборов» рассматриваются вопросы, связанные с моделированием физических процессов в электронных приборах и устройствах на основе методов математической физики и с автоматизацией расчета и проектирования электронных приборов и устройств на основе широкого применения ЭВМ и соответствующего программного обеспечения.

Для усвоения дисциплины обучаемый должен обладать знаниями следующих дисциплинах, изучаемых ранее: «информатика», «инженерная и компьютерная графика», «прикладная информатика», "высшая математика", "физика", «специальные разделы физики», «электротехника и электроника, "метрология, стандартизация и сертификация", «методы математической физики», а также специальные курсы, содержащие разделы теории и расчета электронных приборов и устройств..

Дисциплина «Компьютерное моделирование и проектирование электронных приборов» призвана помочь студентам овладеть навыками и знаниями, необходимыми для выполнения научно-исследовательской работы, включая выполнение выпускной классифицированной работы.

## **3.Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)**

Содержание рабочей программы представлено в Приложении № 1.

#### 4. Фонд оценочных средств по дисциплине

##### 4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Код и формулировка компетенции:

ОПК-4- готовностью применять современные средства выполнения и редактирования изображений и чертежей и подготовки конструкторско-технологической документации

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Не удовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
Первый этап	Знать принцип автоматизации расчета и проектирования электронных приборов и устройств (ЭПр и У);	Имеет фрагментарные знания профессиональной лексики, не готов к участию в дискуссии на профессиональные темы;	Фрагментарные знания профессиональной лексики, не всегда готов к участию в дискуссии на профессиональные темы;	Достаточно уверенно знает профессиональную лексику, быть готовым к участию в дискуссии на профессиональные темы; знать основы делового общения, принципы и методы организации деловой коммуникации на русском и иностранном языках.	Уверенно знает профессиональную лексику, быть готовым к участию в дискуссии на профессиональные темы; знать основы делового общения, принципы и методы организации деловой коммуникации на русском и иностранном языках.
Второй этап	Уметь составить математические модели, алгоритмы и упрощенные программы для решения задач, связанных с расчетом и проектированием ЭПр и У;	Умеет фрагментарно проводить информационно-поисковую работу	Уверенно проводит информационно-поисковую работу, но не умеет адекватно отбирать данные для решения профессиональных задач	Уверенно проводит информационно-поисковую работу, но испытывает небольшие трудности при выборе необходимых данных для решения профессиональных задач	Уверенно проводит информационно-поисковую работу и выбор данных для решения профессиональных задач
Третий этап	Владеть навыками программирования	Не способен работать с различными источниками информации; применения современных инструментальных средств для	Способен работать с различными источниками информации; испытывает сложности с выбором современных	Владеет способностью работать с различными источниками информации; применять современные инструменталь	Владеет навыками программирования

		проведения информационно-поисковой работы с последующим внедрением данных для решения поставленных задач	инструментальных средств для проведения информационно-поисковой работы с последующим внедрением данных для решения поставленных задач	ные средства для проведения информационно-поисковой работы, не способен внедрять данные для решения поставленных задач	
--	--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

ПК-5 -готовностью выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Не удовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
Первый этап	Знать основные математические модели и алгоритмы, используемые при решения задач расчета проектируемого устройства и оптимизации параметров ЭПр и У;	Не знает	Имеет фрагментарные знания профессиональной лексики, не готов к участию в дискуссии на профессиональные темы;	Фрагментарные знания профессиональной лексики, не всегда готов к участию в дискуссии на профессиональные темы;	Достаточно уверенно знает профессиональную лексику, быть готовым к участию в дискуссии на профессиональные темы; знать основы делового общения, принципы и методы организации деловой коммуникации на русском и иностранном языках.
Второй этап	Уметь осуществлять на практике решение указанных задач с использованием проблемно-ориентированных прикладных программ.	Умеет фрагментарно проводить информационно-поисковую работу	Уверенно проводит информационно-поисковую работу, но не умеет адекватно отбирать данные для решения профессиональных задач	Уверенно проводит информационно-поисковую работу, но испытывает небольшие трудности при выборе необходимых данных для решения профессиональных задач	Уверенно проводит информационно-поисковую работу и выбор данных для решения профессиональных задач
Третий этап	Владеть навыками расчета и проектирования	Не способен работать с различными	Способен работать с различными	Владеет способностью работать с	Владеет навыками работы с различными

	электронных приборов и устройств и их узлов с использованием ЭВМ и проблемно-ориентированных прикладных программ.	источниками информации; применения современных инструментальных средств для проведения информационно-поисковой работы с последующим внедрением данных для решения поставленных задач	источниками информации; испытывает сложности с выбором современных инструментальных средств для проведения информационно-поисковой работы с последующим внедрением данных для решения поставленных задач	различными источниками информации; применять современные инструментальные средства для проведения информационно-поисковой работы, не способен внедрять данные для решения поставленных задач	источниками информации; применения современных инструментальных средств для проведения информационно-поисковой работы с последующим внедрением данных для решения поставленных задач
--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Показатели сформированности компетенции:

Критериями оценивания являются баллы, которые выставляются преподавателем за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения модулей (разделов дисциплины), перечисленных в рейтинг-плане дисциплины (*для экзамена*: текущий контроль – максимум 40 баллов; рубежный контроль – максимум 30 баллов, поощрительные баллы – максимум 10; *для зачета*: текущий контроль – максимум 50 баллов; рубежный контроль – максимум 50 баллов, поощрительные баллы – максимум 10).

Шкалы оценивания:

(*для экзамена*:

от 45 до 59 баллов – «удовлетворительно»;

от 60 до 79 баллов – «хорошо»;

от 80 баллов – «отлично».

#### **4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы.**

##### **Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Этапы освоения	Результаты обучения	Компетенция	Оценочные средства
1-й этап Знания	Знать принцип автоматизации расчета и проектирования электронных приборов и устройств;	ОПК-4	Отчет по лабораторной работе, коллоквиум
	Знать основные математические модели и алгоритмы, используемые при решения задач расчета проектируемого устройства и оптимизации параметров;	ПК-5	
2-й этап Умения	Уметь составить математические модели, алгоритмы и упрощенные программы для решения задач, связанных с расчетом и проектированием;	ОПК-4	Отчет по лабораторной работе, коллоквиум
	Уметь осуществлять на практике решение указанных задач с использованием проблемно-ориентированных прикладных	ПК-5	

	программ.		
3-й этап Владеть навыками	Владеть навыками расчета и проектирования электронных приборов и устройств и их узлов с использованием ЭВМ и проблемно-ориентированных прикладных программ.	ПК-5	Отчет по лабораторной работе, коллоквиум

### 4.3 Рейтинг-план дисциплины

Рейтинг–план дисциплины представлен в приложении 2.

### Экзаменационные билеты

Структура экзаменационного билета:

*Билет состоит из двух теоретических вопросов.*

Примерные вопросы для экзамена:

1. Основные типы уравнений математической физики:  
Волновое уравнение (гиперболического типа).  
Уравнение Фурье или уравнение теплопроводности (параболического типа).
2. Уравнение Лапласа (эллиптического типа).
3. Запись уравнений в дифференциальной форме с частными производными.
4. К каким физическим процессам проводит исследование перечисленных уравнений математической физики?
5. Шаблоны перехода от записи в дифференциальной форме к записи этих уравнений в разностной форме для различных систем координат. Математические модели.
6. Математические модели. Что такое математическая модель ЭП ? Какие математические модели Вы знаете? Каковы требования к математическим моделям?
7. Методы анализа переходных процессов. Классификация методов численного интегрирования (систем) обыкновенных (частных) дифференциальных уравнений.
8. Методы численного интегрирования. Приведите примеры численного решения дифференциальных и интегральных уравнений. Методы численного интегрирования (например, методы Эйлера, Рунге – Кутта, Адамса, Милна, Крылова и т. д.).
9. По предложенному фрагменту программы исходному модулю пояснить действие ЭВМ, и ответить на вопросы: - какая информация будет выводиться на печать? - какая информация будет выводиться на экран? - какая информация должна будет вводиться с клавиатуры в ОЗУ ЭВМ? - какие будут действия ЭВМ при введении той или иной информации?
10. Что такое метод конечных элементов ( МКЭ), метод конечных разностей ( МКР), метод граничных элементов ( МГЭ).
11. Начальные и краевые условия. Задачи Каши, Дирихле и Неймана их отличие и особенности.
12. Поясните сущность блочно-иерархического подхода, приведите примеры декомпозиции описания сложных технических систем.
13. Уравнения распространения тепла. Фундаментальное решение. Решение задачи Каши.

14. Микро-, макро- и метауровни. Дать определения и отношения между ними по сложности использования математического аппарата.
15. Изложите и поясните требования к математическим моделям (адекватность, универсальность, экономичность).
16. Основные положения метода конечных разностей. В каком микро-, макро- или метауровне этот метод используется? Приведите примеры.
17. Методы построения моделей электронных приборов(8 этапов).
18. Какова последовательность построения математической модели. Какие еще виды параметров проектируемого объекта Вы знаете. Какова между ними математическая зависимость.
19. Дайте определения следующим понятиям: параметрический синтез, структурный синтез, анализ, оптимизация, параметрическая оптимизация и их задачи при техническом проектировании.
20. Выбор критериев оптимальности. Что такое целевая функция? Какие критерии оптимизации Вы знаете? Приведите примеры.
21. Какие итерационные процессы Вы знаете? Их преимущества и недостатки.
22. Напишите фрагмент программы для выполнения простой итерации методом Ричардсона при решении уравнения Лапласа.
23. Напишите фрагмент программы для выполнения итерации методом Либмана – Зейделя при решении уравнения Лапласа.
24. Напишите фрагмент программы для выполнения итерации методом верхней релаксации или интерполяционным методом Либмана при решении конечно-разностного уравнения Лапласа.
25. Напишите уравнение движения электронов в дифференциальной форме.
26. Напишите уравнение движения электронов в интегральной форме.
27. Перечислите методы численного интегрирования уравнений движения электронов, записанных в дифференциальной форме.
28. Напишите фрагмент программы для выполнения численного решения уравнения движения электронов.
29. Напишите фрагмент программы для решения уравнения движения электронов, записанного в интегральной форме.
30. Напишите фрагмент программы для выполнения расчета траектории движения электрона, записанного в параметрической форме.
31. Опишите основные (три) способа проектирования электронных приборов.
32. Перечислите основные компоненты комплекса технических средств САПР (в частности, приведите функциональную схему АРМ-Р), опишите задачи, назначения и краткие характеристики основных блоков.
33. Общие сведения о проектировании. Основные этапы создания электронных приборов.
34. Что такое проектирование электронных приборов?
35. Что такое стадии проектирования? Что такое этапы проектирования?
36. Какие вы знаете 8 стадий проектирования?
37. Перечислите основные (три) этапы создания электронных приборов, какие стадии они включают?
38. Какие вертикальные и горизонтальные уровни проектирования вы знаете?
39. В чем заключаются функциональное, алгоритмическое, конструкторское и технологическое проектирование?
40. Для чего используется алгоритмическое проектирование?
41. Горизонтальные или иерархические уровни проектирования (уровни проектирования по степени подробности). Вертикальные или аспектные (по характеру отражаемых свойств).
42. Блочный-иерархический подход к процессу проектирования.
43. Дать определение процессу проектирования.

44. Описать блочно-иерархический подход к процессу проектирования.
45. Привести примеры.
46. Приведите и опишите схему процесса проектирования. Назовите типовые проектные процедуры.
47. Какие виды обеспечения САПР Вы знаете ?
48. Охарактеризуйте математическое, техническое, программное, информационное, лингвистическое, методическое и организационное обеспечение САПР ЭП.
49. Какие вертикальные и горизонтальные уровни проектирования вы знаете?
50. Что такое нисходящее проектирование?
51. Поясните сущность блочно-иерархического подхода, приведите примеры декомпозиции описания сложных технических систем.
52. Три типа задач проектирования: синтез, анализ и оптимизация.
53. Два типа синтеза: структурный и параметрический.
54. Общие задачи Дирихле и Неймана к интегральным уравнениям. Внутренняя задача. Внешняя задача.

Образец экзаменационного билета:

Приведен в приложении 3.

В рамках использования модульно-рейтинговой системы обучения и оценки успеваемости студентов итоговая оценка знаний студента по дисциплине производится по сумме баллов, полученных в рамках текущего и рубежного контроля знаний, умений и навыков в течение семестра, и баллов, полученных на экзамене.

За работу в семестре студент получает до 70 баллов за выполнение заданий в рамках текущего и рубежного контроля и дополнительно до 10 баллов за результаты участия в олимпиаде студентов. Для допуска к экзамену студент должен набрать в семестре не менее 35 баллов.

Максимальное количество баллов, получаемое студентом на экзамене, составляет 30 баллов.

Перевод оценки из 100-балльной в четырехбалльную производится следующим образом:

- отлично – от 80 до 110 баллов (включая 10 поощрительных баллов);
- хорошо – от 60 до 79 баллов;
- удовлетворительно – от 45 до 59 баллов;
- неудовлетворительно – менее 45 баллов.

#### **Критерии оценивания ответа на экзамене:**

Максимальная оценка – 30 баллов складывается из оценки за ответ на теоретические вопросы билета (два вопроса оцениваются максимально по 12 баллов каждый), и оценок за ответы на дополнительные вопросы (два вопроса, оцениваемых каждый в 3 балла максимально).

#### **За ответы на вопросы билета выставляется**

- **12-24 баллов**, если студент дал полные, развернутые ответы на все теоретические вопросы билета, продемонстрировал знание формул, терминологии, понимание физической сути явлений и экспериментов, умение последовательно и логично отвечать на вопросы билета в объеме рекомендованной литературы.

Студент без затруднений ответил на уточняющие вопросы преподавателя по материалам билета.

- **7-11 баллов** выставляется студенту, если студент раскрыл без серьезных ошибок оба теоретических вопроса, однако показал пробелы в знаниях 20-25 % объема билета. Не на все уточняющие вопросы были даны корректные ответы.

- **4-6** баллов выставляется студенту, если даны ответы на оба теоретических вопроса в объеме 35-50 % от полного ответа. Студентом допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий, законов и формул, описании основных экспериментов. Студент не дает удовлетворительных ответов на уточняющие вопросы по билету.

- **1-3** балла выставляется студенту, если ответ на теоретические вопросы свидетельствует о непонимании и крайне неполном знании основных понятий, законов и экспериментов, или полностью отсутствует ответ на один вопрос и допущены серьезные ошибки и пробелы при ответе на второй вопрос. На уточняющие вопросы по билету не получены ответы или ответы на них в корне ошибочны.

**За ответ на дополнительный вопрос на экзамене выставляется:**

- 3 балла, если студент дал исчерпывающе полный и правильный ответ;
- 2 балла, если ответ верен, но дан не в полном объеме учебной программы, или содержит незначительные ошибки;
- 1 балл, если ответ на вопрос дан, но содержит серьезные ошибки или большие пробелы в изложении;
- 0 баллов, если студент не ответил или ответил в корне неверно.

**Вопросы к коллоквиуму**

Студент письменно отвечает на вопросы. Коллоквиум рассчитан на 45 минут, состоит из 5 вопросов. Каждый оценивается на 3 баллов

1. Блочно-иерархический подход к процессу проектирования.
2. Напишите фрагмент программы для выполнения численного решения уравнения движения электронов.
3. Методы анализа переходных процессов. Классификация методов численного интегрирования (систем) обыкновенных (частных) дифференциальных уравнений

**Критерии оценки (в баллах)**

<b>Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов</b>	<b>3 балл</b>
<b>Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но имеются один или несколько недостатков</b>	<b>1 баллов</b>
<b>Нет правильного ответа</b>	<b>0 баллов</b>

**Темы лабораторных работ**

Лабораторная работа №1 Статический, частотный и временной анализ пассивной линейной RLC цепи

Лабораторная работа №2. Исследование моделей полупроводниковых приборов

Лабораторная работа №3. Исследование шумовых и температурных свойств усилительного каскада на биполярном транзисторе

Лабораторная работа №4. Параметрическая оптимизация, анализ чувствительности и исследование влияния разброса параметров элементов на характеристики схемы.

## Критерии оценки (в баллах)

Приведен полностью правильно оформленный отчет, включающий правильные ответы на контрольные вопросы, правильно решенные задания и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов	10 балла
Дан правильно оформленный отчет, включающий правильные ответы на контрольные вопросы, но в решении заданий имеются один или несколько недостатков	5 балл
Нет правильно оформленного отчета	0 баллов

### Пример лабораторной работы

#### *Исследование моделей полупроводниковых приборов*

Описание лабораторной работы.

**Целью** работы является изучение методики создания моделей полупроводниковых приборов с помощью Model Editor. Исследование spice-модели биполярного транзистора средствами OrCAD на примере усилительного каскада. Изучение линейной П-образной модели биполярного транзистора.

#### **Основные теоретические положения**

Биполярным транзистором (БТ) называется электропреобразовательный полупроводниковый прибор, имеющий в своей структуре два взаимодействующих p-n-перехода и три внешних вывода, и предназначенный, в частности, для усиления электрических сигналов. Усилительные свойства обусловлены явлениями инжекции и экстракции не основных носителей заряда. Термин “биполярный” подчеркивает тот факт, что принцип работы прибора основан на взаимодействии с электрическим полем частиц, имеющих как положительный, так и отрицательный заряд, – дырок и электронов. В зависимости от того, в каких состояниях находятся переходы транзистора, различают режимы его работы. Поскольку в транзисторе имеется два перехода (эмиттерный и коллекторный), и каждый из них может находиться в двух состояниях (открытом и закрытом), различают четыре режима работы транзистора. Основным режимом является активный режим, при котором эмиттерный переход находится в открытом состоянии, а коллекторный – в закрытом. Транзисторы, работающие в активном режиме, используются в усилительных схемах. Помимо активного, выделяют инверсный режим, при котором эмиттерный переход закрыт, а коллекторный – открыт, режим насыщения, при котором оба перехода открыты, и режим отсечки, при котором оба перехода закрыты. Наряду с транзисторами n-p-n структуры, существуют транзисторы с симметричной ей p-n-p-структурой, в которых используется поток дырок. Стрелка на выводе эмиттера показывает направление эмиттерного тока в активном режиме. Принцип работы p-n-p- и p-n-p-транзисторов одинаков, а полярности напряжений между их электродами и направления токов в цепях электродов противоположны. В большинстве электрических схем транзистор используется в качестве четырехполюсника, то есть устройства, имеющего два входных и два выходных вывода. Поскольку транзистор имеет только три вывода, для его использования в качестве четырехполюсника необходимо один из выводов транзистора сделать общим для входной и выходной цепей. Соответственно различают три схемы включения транзистора: схемы с общей базой (ОБ), общим эмиттером (ОЭ) и общим коллектором (ОК). Среди многочисленных вариантов усилительных каскадов на БТ самое широкое применение находит усилительный каскад с ОЭ, имеющий максимальный коэффициент передачи по мощности  $K_P$ . пример простого усилительного каскада с ОЭ приведен на рис. П.2. Характеристиками транзисторов пользуются для определения режимов

работы транзисторных каскадов по любой схеме включения, а также для графического анализа этих каскадов при больших сигналах. При аналитическом методе расчета транзисторных каскадов пользуются линейными эквивалентными схемами транзисторов, которые отражают структурную связь малосигнальных параметров транзистора в режиме переменного тока. Эквивалентные схемы транзистора подразделяют на две большие группы: эквивалентные схемы, построенные с учетом физических свойств транзистора, его структуры и геометрии (модели транзистора), и эквивалентные схемы, отражающие свойства транзистора как активного линейного четырехполюсника (формальные эквивалентные схемы). Первые характеризуются физическими (внутренними) параметрами транзистора, вторые – параметрами транзистора как четырехполюсника (характеристическими параметрами). Эквивалентная схема, содержащая физические параметры транзистора, может быть составлена для любой схемы его включения: ОБ, ОЭ, ОК. На рис. 38, а показана упрощенная, так называемая линейная П-образная эквивалентная схема транзистора (модель Джаколетто). В программе PSpice используется схема замещения БТ в виде адаптивной модели Гуммеля-Пуна, которая включает более 50 различных параметров. Если пользователь не располагает такими данными, то эта модель автоматически упрощается до более простой модели Эберса-Молла, если опустить некоторые параметры. В анализе AC Sweep используются линеаризованная схема замещения, построенная на основе П-образной модели.

#### Лабораторное задание. Часть 1

1. Пользуясь данными spice-модели транзистора от производителя создать с помощью PSpice Model Editor файл библиотеки графических символов (\*.olb).

2. Получить семейство выходных ВАХ созданной модели транзистора для схемы с ОЭ, построить гиперболу максимальной рассеиваемой мощности. В соответствии с заданием (Приложение 2) построить нагрузочную характеристику, определить параметры рабочей точки ( $I_k$ ,  $I_{б0}$ ,  $U_{кэ}$ ,  $I_{к0}$ ,  $U_{кэ0}$ ), параметры  $h_{21э}$  и  $h_{22э}$ .

3. Получить семейство входных ВАХ созданной модели транзистора для схемы с ОЭ, определить параметр рабочей точки ( $U_{бэ0}$ ), параметры  $h_{11э}$  и  $h_{12э}$ .

#### Порядок выполнения и рекомендации. Часть 1

Создание условного графического обозначения транзистора средствами Model Editor

1. Загрузить редактор моделей – программный модуль OrCAD PSpice Model Editor.

Программа OrCAD PSpice Model Editor (редактор моделей) служит для создания и редактирования spice-моделей электронных компонентов, имеет средства, позволяет создавать новые библиотеки моделей, добавлять модели в уже существующие библиотеки. Model Editor имеет средства для привязки spice-моделей к готовым условным графическим обозначениям (УГО) компонентов, средства импорта моделей из других форматов.

2. Открыть файл библиотеки spice-модели транзистора и сохранить в папку проекта. Команда File>Open, затем File>Save As.... Средствами Windows создать папку, в которой будет размещаться проект, и сохранить в нее файл spice-модели (расширение файла – \*.lib).

3. Создать и сохранить библиотеку графического символа транзистора в папке проекта (расширение файла – \*.olb).

3.а. Запустить Model Import Wizard (мастер импорта моделей). В Model Editor команда File>Model Import Wizard [Capture]... (рис. 40).

Spice-модель транзистора, как и любая другая spice-модель – это текст с определенными правилами синтаксиса – может быть представлена в виде совокупности параметров (директива .MODEL в начале описания модели), либо в виде списка соединений подсхемы связанных компонентов со встроенными моделями (директива .SUBCKT – макромодель).

Модель БТ определенная директивой .MODEL – это набор параметров адаптивной модели Гуммеля-Пуна. Параметры не заданные в тексте модели, будут приняты равными значениями по умолчанию.

#### Вопросы для подготовки допуска

1. Линейная П-образная малосигнальная модель БТ.

2. Физический смысл элементов модели БТ Джиаклетто.
3. Почему модель БТ Джиаклетто линейная и малосигнальная?
4. Как определяется рабочая точка усилительного каскада?
5. Частотные свойства биполярного транзистора на примере Побразной модели Джиаклетто.
6. Какие модели БТ используются в PSpice?
7. Какие модели полупроводниковых элементов используются в частотном анализе?
8. Какой анализ PSpice использовался для получения ВАХ БТ, его директива?

### Содержание отчета

Цель работы, исходная схема, результаты подготовки к работе (расчет сопротивлений каскада, расчет модели транзистора Джиаклетто, исходные соотношения и пояснения к расчетам), скриншоты всех используемых в работе схем выполненных в OrCAD Capture, результаты анализа по постоянному току (скриншот и таблица (см. табл. 5)), графики всех полученных характеристик и зависимостей, все измеренные или рассчитанные параметры, выводы по работе.

## 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

#### Основная литература:

1. Ибрагимов, И. М. Основы компьютерного моделирования наносистем [Электронный ресурс] : учебное пособие / И. М. Ибрагимов, А. Н. Ковшов, Ю. Ф. Назаров .— СПб. : Лань, 2010 .— 384 с. Доступ к тексту электронного издания возможен через Электронно-библиотечную систему издательства "Лань".- ISBN 978-5-8114-1032-3 .- <URL:http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\_id=156>.
2. Поршнева, С.В. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB [Электронный ресурс] : учебное пособие / С.В. Поршнева. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2011. — 736 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/650>.
3. Голосов П.Г. Расчет параметров ЭОС электронно-лучевых приборов. Численный метод расчета. Метод конечной разности. Уч. пособие Таган-рог: Изд-во ТРТУ, 2004.- 44с. №3559.

#### Дополнительная литература:

1. Компьютерное моделирование в физике/ Х. Гулд, Я. Тобочник. – М. : Мир, . Часть 2 . 1990.- 399с.
2. Практикум по компьютерному моделированию физических явлений и объектов/ М-во образования РФ, БГПУ; Р.Ф. Маликов, Р.К. Сайтов. – Уфа : БГПУ, 2002.-60с.

### 5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины

1	Электронно-библиотечная система «ЭБ БашГУ»	Собственная электронная библиотека учебных и научных электронных	Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет	Регистрация в Библиотеке БашГУ, дальнейший	<a href="https://elib.bashedu.ru/">https://elib.bashedu.ru/</a>
---	--------------------------------------------	------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------	--------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------

		изданий, которая включает издания преподавателей БашГУ		доступ из любой точки сети Интернет	
2	Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online»	Полнотекстовая БД учебных и научных электронных изданий	Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет	Регистрация из сети БашГУ, дальнейший доступ из любой точки сети Интернет	<a href="http://www.biblioclub.ru/">http://www.biblioclub.ru/</a>
3	Электронно-библиотечная система издательства «Лань»	Полнотекстовая БД учебных и научных электронных изданий	Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет	Регистрация из сети БашГУ, дальнейший доступ из любой точки сети Интернет	<a href="http://e.lanbook.com/">http://e.lanbook.com/</a>

**6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Для проведения лекционных занятий используется аудиторный фонд физико-технического института.

<b>Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий</b>	<b>Вид занятий</b>	<b>Наименование оборудования, программного обеспечения</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа: аудитория 415 (физико-математический корпус учебное)	Лекционные занятия	Компьютер, мультимедийный проектор, экран, доска
учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа: аудитория 415 (физико-математический корпус учебное)	Семинарские занятия	Компьютер, мультимедийный проектор, экран, доска

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФИЗИКО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

дисциплины «Компьютерное моделирование и проектирование электронных приборов»  
на 5 семестр  
(наименование дисциплины)  
очная  
форма обучения

Вид работы	Объем дисциплины
	5 семестр
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	4/144
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	55,2
лекций	18
практических/ семинарских	
лабораторных	36
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	1,2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	63
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	25,8

Форма(ы) контроля:  
экзамен\_5\_ семестр

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)				Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе студентов Всего	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.) ЛК
		ЛК	ПР/СЕМ	ЛР	СРС			
1	2	4	5	6	1	2	3	4
	<b>Модуль 1:</b>							
1	Классификация линейных уравнений в дифференциальной форме с частными производными второго порядка. Уравнения математической физики: эллиптического, параболического и гиперболического типов.	1	-	2	3		Домашняя проработка лекций и изучение литературы по теме.	Устный опрос
2	Уравнение эллиптического типа. Уравнения Лапласа и Пуассона. Численные методы решения. Задача Дирихле и Неймана. Методы итераций.	1	-	2	4		Домашняя проработка лекций и изучение литературы по теме.	Устный опрос
3	Программа расчета электронного прожектора. Графический файл вывода результатов расчета.	2	-	2	4		Домашняя проработка лекций и изучение литературы по теме.	Устный опрос
4	Программа расчета модуляционной характеристики.	1	-	2	3		Домашняя проработка лекций и изучение литературы по теме.	Устный опрос Лабораторная работа

5	Программа определения параметров иммерсионного объектива осциллографической трубки.	1	-	2	4		Домашняя проработка лекций и изучение литературы по теме.	Устный опрос
6	Программа корреляции параметров иммерсионного объектива с использованием целевой функции.	1	-	2	3		Домашняя проработка лекций и изучение литературы по теме.	Устный опрос
7	Программа расчета параметров экрана цветного кинескопа. RGB. Графический файл вывода результатов расчета.	1	-	2	4		Домашняя проработка лекций и изучение литературы по теме.	Устный опрос Коллоквиум Лабораторная работа
	<b>Модуль2:</b>							
8	Программа расчета электронного прожектора с использованием диалогового режима изменения параметров электронного прожектора. Графический файл вывода результатов расчета	1	-	2	3		Домашняя проработка лекций и изучение литературы по теме.	Устный опрос
9	Уравнение эллиптического типа. Уравнения Лапласа и Пуассона. Численные методы решения. Сравнение методов: преимущество и недостатки.	1	-	2	3		Домашняя проработка лекций и изучение литературы по теме.	Устный опрос
10	Программа расчета электронной пушки. Расчет пушки Пирса. Графический файл вывода результатов расчета	1	-	2	3		Домашняя проработка лекций и изучение литературы по теме.	Устный опрос Лабораторная работа
11	Методы решения уравнений траекторий движения электронов в ЭОС. Метод решения интегрального уравнения: метод Симпсона, метод Рунге – Кутта Параметрический метод решения	1	-	2	3		Домашняя проработка лекций и изучение литературы по теме.	Устный опрос

	дифференциального уравнения.							
12	Методология проектирования электронно-оптических приборов.	1	-	2	3		Домашняя проработка лекций и изучение литературы по теме.	Устный опрос
13	Ветви проектирования. Функциональное проектирование. Конструкторское и технологическое проектирование. Изготовление и испытание опытных образцов.	1	-	2	3		Домашняя проработка лекций и изучение литературы по теме.	Устный опрос
14	Функциональное проектирование. Конструкторское и технологическое проектирование. Изготовление и испытание опытных образцов.	1	-	2	3		Домашняя проработка лекций и изучение литературы по теме.	Устный опрос
15	Последовательность проектирования. Проектные процедуры и задачи.	1	-	2	3		Домашняя проработка лекций и изучение литературы по теме.	Устный опрос
16	Методы и средства проектирования электронно-оптических приборов. Средства автоматизированного проектирования	1	-	2	4		Домашняя проработка лекций и изучение литературы по теме.	Устный опрос
17	Регламентация проектирования. Виды проектных работ. Восемь стадий и три эта-па проектирования.	1	-	2	4		Домашняя проработка лекций и изучение литературы по теме.	Устный опрос Коллоквиум Лабораторная работа
	<b>Всего часов:</b>	<b>18</b>	<b>-</b>	<b>36</b>	<b>63</b>			

### Рейтинг-план дисциплины

Компьютерное моделирование и проектирование электронных приборов (название дисциплины)

согласно рабочему учебному плану)

Направление «Электроника и нанoeлектроника», профиль «Электронные приборы и устройства»

курс 3, семестр 5

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за семестр	Баллы	
			Минимальный	Максимальный
<b>Модуль 1.</b>				
<b>Текущий контроль</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	0	20
1. Отчет по лабораторным работам	10	2	0	20
<b>Рубежный контроль</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	0	15
<b>Коллоквиум</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	0	15
Всего по модулю 1			<b>0</b>	<b>35</b>
<b>Модуль 2.</b>				
<b>Текущий контроль</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	0	20
1. Отчет по лабораторным работам	10	2	0	20
<b>Рубежный контроль</b>	3	5	0	15
<b>Коллоквиум</b>	3	5	0	15
Всего по модулю 2			<b>0</b>	<b>35</b>
<b>Поощрительные баллы</b>				
1. Участие в конференциях, публикация статей	10	1	0	10
<b>Посещаемость (баллы вычитаются из общей суммы набранных баллов)</b>				
1. Посещение лекционных занятий			0	-6
2. Посещение практических (семинарских занятий)			0	-10
<b>Итоговый контроль</b>				
1. Экзамен	12(вопрос билета)	2 вопроса	Макс. 24	30
	3( доп. Вопрос)	2	Макс. 6	

**Форма экзаменационного билета**

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
КАФЕДРА ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1**

по дисциплине Компьютерное моделирование и проектирование электронных приборов»  
Направление 11.03.04 электроника и наноэлектроника  
Профиль Электронные приборы и устройства

1. Поясните сущность блочно-иерархического подхода, приведите примеры декомпозиции описания сложных технических систем.
2. Дайте определения следующим понятиям: параметрический синтез, структурный синтез, анализ, оптимизация, параметрическая оптимизация и их задачи при техническом проектировании.

Заведующий кафедрой

  
/ Салихов Р.Б./

