

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 №5 от 17.02.2021

Согласовано:  
Председатель УМК физико-  
технического института

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / Салихов Р.Б.

\_\_\_\_\_ / Балапанов М.Х.

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Дисциплина КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ

*(наименование дисциплины)*

Часть, формируемая участниками образовательных отношений

Дисциплины по выбору Б1.В.ДВ.6

*(Указать часть (обязательная часть или часть, формируемая участниками образовательных отношений, факультатив))*

#### программа бакалавриата

Направление подготовки

(специальность) 11.03.04 электроника и

наноэлектроника.

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

Направленность (профиль) подготовки

Электронные приборы и автоматизированные системы

*(указывается наименование направленности (профиля) подготовки)*

Квалификация

Бакалавр

*(указывается квалификация)*

Разработчик (составитель)

Доцент, к.т.н., доцент

*(должность, ученая степень, ученое звание)*

\_\_\_\_\_ / Абдрахманов В.Х.  
*(подпись/ Ф.И.О.)*

Для приема 2021 г.  
Уфа - 2021г.

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

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры инфокоммуникационных технологий и наноэлектроники протокол №5 от 17.02.2021

Заведующий кафедрой



/ Салихов Р.Б./

## Список документов и материалов

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы
2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)
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
  - 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
  - 4.3. *Рейтинг-план дисциплины (при необходимости)*
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины
  - 5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
  - 5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы (с ориентацией на карты компетенций)**

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

Категория (группа) компетенций	Формируемая компетенция (с указанием кода)	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
Системное и критическое мышление	УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1. Знать основные математические модели и алгоритмы, используемые при решении задач расчета проектируемого устройства и оптимизации параметров; УК-1.2. Уметь: объяснять сущность указанных задач с использованием проблемно-ориентированных прикладных программ. УК-1.3. Владеть: навыками программирования	Знать основные математические модели и алгоритмы, используемые при решении задач расчета проектируемого устройства и оптимизации параметров; Уметь: объяснять сущность указанных задач с использованием проблемно-ориентированных прикладных программ. Владеть: навыками программирования и компьютерного моделирования
	ПК-1. Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	ПК-1.1. Знать основные математические модели и алгоритмы, используемые при решении задач расчета проектируемого устройства и оптимизации параметров ЭПр и У; ПК-1.2. Уметь осуществлять на практике решение указанных задач с использованием проблемно-ориентированных прикладных программ. ПК-1.3. Владеть навыками расчета, проектирования и моделирования электронных приборов и устройств и их узлов с использованием ЭВМ и проблемно-ориентированных прикладных программ..	Знать основные математические модели и алгоритмы, используемые при решении задач расчета проектируемого устройства и оптимизации параметров ЭПр и У; Уметь осуществлять на практике решение указанных задач с использованием проблемно-ориентированных прикладных программ. Владеть навыками расчета, проектирования и моделирования электронных приборов и устройств и их узлов с использованием ЭВМ и проблемно-ориентированных прикладных программ..

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

Дисциплина «Компьютерное моделирование и проектирование электронных приборов» относится к *части формируемая участниками образовательных отношений*.

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», «электро-техника 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:

УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Не удовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
УК-1.1. Знать основные математические модели и алгоритмы, используемые при решения задач расчета проектируемого устройства и оптимизации параметров;	Знать основные математические модели и алгоритмы, используемые при решения задач расчета проектируемого устройства и оптимизации параметров;	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.	Имеет фрагментарные знания профессиональной лексики, не готов к участию в дискуссии на профессиональные темы;
УК-1.2. Уметь: объяснять сущность указанных задач с использованием проблемно-ориентированных прикладных программ.	Уметь: объяснять сущность 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	Умеет фрагментарно проводить информационно-поисковую работу

УК-1.3. Владеть: навыками программирования	Владеть: навыками программирования	Не способен работать с различными источниками информации; применения современных инструментальных средств для проведения информационно-поисковой работы с последующим внедрением данных для решения поставленных задач	Способен работать с различными источниками информации; испытывает сложности с выбором современных инструментальных средств для проведения информационно-поисковой работы с последующим внедрением данных для решения поставленных задач	Владеет способностью работать с различными источниками информации; применять современные инструментальные средства для проведения информационно-поисковой работы, не способен внедрять данные для решения поставленных задач	Не способен работать с различными источниками информации; применения современных инструментальных средств для проведения информационно-поисковой работы с последующим внедрением данных для решения поставленных задач
---	------------------------------------	--	---	--	--

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

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Не удовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
ПК-1.1. Знать основные математические модели и алгоритмы, используемые при решения задач расчета проектируемого устройства и оптимизации параметров ЭПр и У;	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 ино-

					странном языках.
ПК-1.2. Уметь осуществ- лять на практике решение указан- ных задач с ис- пользованием про- блемно- ориентированных прикладных про- грамм	Уметь осуществ- лять на практике решение указан- ных задач с ис- пользованием про- блемно- ориентированных прикладных про- грамм	Умеет фрагментар- но проводить ин- формационно- поисковую работу	Уверенно проводит информационно- поисковую работу, но не умеет адекватно отбирать данные для решения профессио- нальных задач	Уверенно прово- дит информацион- но-поисковую ра- боту, но испыты- вает небольшие трудности при выборе необходи- мых данных для решения профес- сиональных задач	Уверенно прово- дит информацио- но- поисковую ра- боту и выбор дан- ных для решения профессион- альных задач
ПК-1.3. Владеть навыками расчета и проекти- рования электрон- ных приборов и устройств и их уз- лов с использова- нием ЭВМ и про- блемно- ориентированных прикладных про- грамм	Владеть навыками расчета и проекти- рования электрон- ных приборов и устройств и их уз- лов с использова- нием ЭВМ и про- блемно- ориентированных прикладных про- грамм	Не способен рабо- тать с различными источниками ин- формации; приме- нения современных инструментальных средств для прове- дения информаци- онно-поисковой работы с последую- щим внедрени- ем данных для ре- шения поставлен- ных задач	Способен работать с различными источни- ками информации; испытывает сложно- сти с выбором совре- менных инструмен- тальных средств для проведения информа- ционно-поисковой работы с последую- щим внедрением дан- ных для решения по- ставленных задач	Владеет способно- стью работать с различными ис- точниками инфор- мации; применять современные ин- струментальн ые средства для про- ведения информа- ционно- поисковой работы, не спосо- бен внедрять дан- ные для решения поставленных задач	Владеет навыками работы с различ- ными источникам и информации ; при- менения совре- менных инстру- ментальных средств для прове- дения информаци- онно- поисковой работы с послед- ующим внедре- нием данных для решения поставленны х задач

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».

для зачета:

зачтено – от 60 до 110 рейтинговых баллов (включая 10 поощрительных баллов),  
не зачтено – от 0 до 59 рейтинговых баллов).

**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**

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Оценочные средства
<p>УК-1.1. Знать основные математические модели и алгоритмы, используемые при решения задач расчета проектируемого устройства и оптимизации параметров;</p> <p>УК-1.2. Уметь: объяснять сущность указанных задач с использованием проблемно-ориентированных прикладных программ.</p> <p>УК-1.3. Владеть: навыками программирования</p>	<p>Знать основные математические модели и алгоритмы, используемые при решения задач расчета проектируемого устройства и оптимизации параметров;</p>	<p>Отчет по лабораторной работе, коллоквиум</p>
	<p>Уметь: объяснять сущность указанных задач с использованием проблемно-ориентированных прикладных программ.</p>	
	<p>Владеть: навыками программирования</p>	
<p>ПК-1.1. Знать основные математические модели и алгоритмы, используемые при решения задач расчета проектируемого устройства и оптимизации параметров ЭПр и У;</p> <p>ПК-1.2. Уметь осуществлять на практике решение указанных задач с использованием проблемно-ориентированных прикладных программ</p>	<p>Знать основные математические модели и алгоритмы, используемые при решения задач расчета проектируемого устройства и оптимизации параметров ЭПр и У;</p>	<p>Отчет по лабораторной работе, коллоквиум</p>
	<p>Уметь осуществлять на практике решение указанных задач с использованием проблемно-ориентированных прикладных программ</p>	

ПК-1.3. Владеть навыками расчета и проектирования электронных приборов и устройств и их узлов с использованием ЭВМ и проблемно-ориентированных прикладных программ	Владеть навыками расчета и проектирования электронных приборов и устройств и их узлов с использованием ЭВМ и проблемно-ориентированных прикладных программ	
---	--	--

#### 4.3. Рейтинг-план дисциплины (при необходимости)

Рейтинг–план дисциплины представлен в приложении 2.

#### Экзаменационные билеты

Примерные вопросы для экзамена:

1. Методы численного интегрирования. Приведите примеры численного решения дифференциальных и интегральных уравнений. Методы численного интегрирования (например, методы Эйлера, Рунге – Кутты, Адамса, Милна, Крылова и т. д.).
2. 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?
3. Что такое метод конечных элементов (МКЭ), метод конечных разностей (МКР), метод граничных элементов (МГЭ).
4. Начальные и краевые условия. Задачи Каши, Дирихле и Неймана их отличие и особенности.

Образец экзаменационного билета:

Приведен в приложении 3.

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.

для зачета:

- зачтено – от 60 до 110 рейтинговых баллов (включая 10 поощрительных баллов),
- не зачтено – от 0 до 59 рейтинговых баллов).

#### **Критерии оценки (в баллах):**

- **25-30 баллов** выставляется студенту, если студент дал полные, развернутые ответы на все теоретические вопросы билета, продемонстрировал знание функциональных возможностей, терминологии, основных элементов, умение применять теоретические знания при выполнении практических заданий. Студент без затруднений ответил на все дополнительные вопросы. Практическая часть работы выполнена полностью без неточностей и ошибок;

- **17-24 баллов** выставляется студенту, если студент раскрыл в основном теоретические вопросы, однако допущены неточности в определении основных понятий. При ответе на дополнительные вопросы допущены небольшие неточности. При выполнении практической части работы допущены незначительные ошибки;

- **10-16 баллов** выставляется студенту, если при ответе на теоретические вопросы студентом допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий. Логика и полнота ответа страдают заметными изъянами. Заметны пробелы в знании основных методов. Теоретические вопросы в целом изложены достаточно, но с пропусками материала. Имеются принципиальные ошибки в логике построения ответа на вопрос. Студент не решил задачу или при решении допущены грубые ошибки;

- **1-10 баллов** выставляется студенту, если ответ на теоретические вопросы свидетельствует о непонимании и крайне неполном знании основных понятий и методов. Обнаруживается отсутствие навыков применения теоретических знаний при выполнении практических заданий. Студент не смог ответить ни на один дополнительный вопрос.

### **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)**

<b>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</b>	<b>10 балла</b>
<b>Дан правильно оформленный отчет, включающий правильные ответы на контрольные вопросы, но в решении заданий имеются один или несколько недостатков</b>	<b>5 балл</b>
<b>Нет правильно оформленного отчета</b>	<b>0 баллов</b>

### **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 р-п-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 на сыщения, при котором оба перехода открыты, и режим отсечки, при котором оба перехода закрыты. Наряду с транзисторами п-р-п структуры, существуют тран-

зисторы 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-p-n- 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 КР. 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 ( $I_k$ ,  $I_{k0}$ ,  $U_{кэ}$ ,  $I_{к0}$ ,  $U_{кэ0}$ ), 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 Джаколетто.
3. Почему модель БТ Джаколетто линейная и малосигнальная?
4. Как определяется рабочая точка усилительного каскада?
5. Частотные свойства биполярного транзистора на примере П-образной модели Джаколетто.
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 Джаколетто, 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.

### Участие в конференциях, публикация статей

#### 1. Публикация статей – 5 баллов

Критерии	Оценка (в баллах)	
Тип работы	Реферативная работа	0,1
	Работа носит исследовательский характер	0,3
	Работа является исследованием	0,6
Использование известных данных и научных фактов	Не использует никаких данных	0
	Автор использовал известные данные	0,4
	Использованы уникальные научные данные	0,6
Полнота цитируемой литературы, ссылка на ученых	Использован учебный материал	0,1
	Использованы специализированные издания	0,3
	Использованы интернет ресурсы	0,6
Актуальность работы	Изучение вопроса не является актуальным	0
	Представленная работа привлекает интерес своей актуальностью	0,4
	Работа содержит научный характер	0,6
Степень новизны полученных результатов	Работа не содержит ничего нового	0
	В работе доказан уже установленный факт	0,4
	В работе получены новые данные	0,6

#### 2. Участие в конференции- 5 баллов

Творческий подход к отбору и структурированию материала	-	1 балл
Новизна и самостоятельность при постановке проблемы	-	1 балл
Выступление не является простым чтением с экрана	-	1 балл
В выступлениях дополняются и раскрываются ключевые моменты, представленные на слайдах	-	1 балл
Во время выступления поддерживается зрительный контакт с аудиторией, речь отличается богатством интонаций	-	1 балл

### 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](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. Саитов. – Уфа : БГПУ, 2002.-60с.

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

#### Ресурсы Интернет

1. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>
1. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
2. Теоретические сведения по физике и подробные решения демонстрационных вариантов тестовых заданий, представленных на сайте Росаккредагентства ([www.fepo.ru](http://www.fepo.ru) ).
3. Российский портал «Открытого образования» <http://www.openet.edu.ru>
4. [www.affp.mics.msu.su](http://www.affp.mics.msu.su)

6	Электронно- библиотечная система «ЭБ БашГУ»	Собственная электронная библиотека учебных и научных электронных изданий, которая включает издания преподавателей БашГУ	Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет	Регистрация в Библиотеке БашГУ, дальнейший доступ из любой точки сети Интернет	<a href="https://elib.bashedu.ru/">https://elib.bashedu.ru/</a>
7	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>
8	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**

Наименование дисциплины (модуля), практики в соответствии с учебным планом	Наименование учебных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность учебных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения (позволяющего проводить компьютерное тестирование, онлайн-курсы). Реквизиты подтверждающего документа
Компьютерное моделирование и проектирование электронных приборов	<p><b>1. Учебные аудитории для проведения учебных занятий:</b> Аудитория №415 Аудитория №317 Лаборатория квантовой электроники</p> <p><b>2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду организации:</b> Читальный зал №2</p>	<p><b>Аудитория №415</b> Оборудование: доска, учебная мебель, проектор</p> <p><b>Аудитория №317</b> <b>Лаборатория квантовой электроники</b> Оборудование: учебная мебель, компьютер 133/8/1.3 Gb/1.44 мульт,, компьютер 133/8/1.3 Gb/1.44 мульт, компьютер Pentium 166/32/1 Gb/1.44 Samsung , кресло Manager , системный блок компьютера P 166 MMX, системный блок компьютера P 166 MMX, монитор Samsung 4006, монитор Samsung 4006 Монитор Samsung 4006 Генераторы сигналов: Г3-109, Г3-112/1, Г3-118, GFG-82191; Осциллографы: С1-93, С1-83 -2 шт; Источники питания: ВИП 009, НУ1803D, НУ3003; Макеты к лабораторным работам №1-№4, №7;</p> <p><b>Читальный зал №2</b> Оборудование: учебный и научный фонд, научная периодика, неограниченный доступ к ЭБС и БД; ПК (моноблок) - 8 шт.; количество посадочных мест - 80</p>	<p><b>Лицензионное программное обеспечение:</b></p> <p>1. Windows 8 Russian; Windows Professional 8 Russian Upgrade. Договор №104 от 17.06.2013 г. Лицензия- OLP NL Academic Edition. Бессрочная.</p> <p>2. Microsoft Office Standard 2013 Russian. Договор №114 от 12.11.2014 г.. Лицензия-OLP NL Academic Edition. Бессрочная.</p> <p><b>Лицензионное программное обеспечение, позволяющее проводить компьютерное тестирование:</b></p> <p>1. Moodle «Официальный оригинальный английский текст лицензии для системы Moodle - <a href="http://www.gnu.org/licenses/gpl.html">http://www.gnu.org/licenses/gpl.html</a>&gt; Перевод лицензии для системы Moodle - <a href="http://rusgpl.ru/rusgpl.pdf">http://rusgpl.ru/rusgpl.pdf</a>&gt;</p>

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
 ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
 ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
 КАФЕДРА ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

дисциплины «Компьютерное моделирование и проектирование электронных приборов»  
 на 5 семестр

(наименование дисциплины)

очная

форма обучения

Вид работы	Объем дисциплины	
	5 семестр	общее
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	108	3/108
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	55,2	55,2
лекций	18	18
практических/ семинарских	-	-
лабораторных	36	36
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	1,2	1,2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	<u>61,8</u>	<u>61,8</u>
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	27	27

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	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		ЛК	ПР/СЕМ	ЛР	СР			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	<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	4		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	4		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	4		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	4		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	4		Домашняя проработка лекций и изучение литературы по теме.	Устный опрос
10	Программа расчета электронной пушки. Расчет пушки Пирса. Графический файл вывода результатов	1	-	2	4		Домашняя проработка лекций и изучение литературы по теме.	Устный опрос Лабораторная работа

	расчета							
11	Методы решения уравнений траекторий движения электронов в ЭОС. Метод решения интегрального уравнения: метод Симпсона, метод Рунге – Кутта Параметрический метод решения дифференциального уравнения.	1	-	2	4		Домашняя проработка лекций и изучение литературы по теме.	Устный опрос
12	Методология проектирования электронно-оптических приборов.	1	-	2	4		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	4		Домашняя проработка лекций и изучение литературы по теме.	Устный опрос
14	Функциональное проектирование. Конструкторское и технологическое проектирование. Изготовление и испытание опытных образцов.	1	-	2	3,8		Домашняя проработка лекций и изучение литературы по теме.	Устный опрос
15	Последовательность проектирования. Проектные процедуры и задачи.	1	-	2	2		Домашняя проработка лекций и изучение литературы по теме.	Устный опрос
16	Методы и средства проектирования электрон-	1	-	3	2		Домашняя проработка лекций и изу-	Устный опрос

	но-оптических приборов. Средства автоматизированного проектирования						чение литературы по теме.	
17	Регламентация проектирования. Виды проектных работ. Восемь стадий и три этапа проектирования.	1	-	3	2		Домашняя проработка лекций и изучение литературы по теме.	Устный опрос Коллоквиум Лабораторная работа
	<b>Всего часов:</b>	18	-	36	61,8			

**Рейтинг-план дисциплины****Компьютерное моделирование и проектирование электронных приборов**

(название дисциплины согласно рабочему учебному плану)

специальность \_\_\_\_\_ Электроника и наноэлектроника \_\_\_\_\_

курс \_\_\_\_\_ 3 \_\_\_\_\_, семестр \_\_\_\_\_ 5 \_\_\_\_\_

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за семестр	Баллы	
			Минимальный	Максимальный
<b>Модуль 1.</b>			<b>0</b>	<b>35</b>
Текущий контроль	10	2	0	20
1. Отчет по лабораторным работам	10	2	0	20
<b>Рубежный контроль</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	0	15
Коллоквиум	3	5	0	15
<b>Модуль 2.</b>			<b>0</b>	<b>35</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
<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

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«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 нанoeлектроника

Профиль Электронные приборы и  
автоматизированные системы

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./