МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

Кафедра интеллектуальных информационных радиофизических систем

УТВЕРЖДАЮ

Декан физического факультета
_____ И.С. Огнев
(подпись)

«17» мая 2022 г.

Рабочая программа дисциплины
«Полупроводниковая электроника»

Направление подготовки
03.03.03 Радиофизика

Направленность (профиль)
Телекоммуникационные системы и технологии

Форма обучения
очная

Программа одобрена
на заседании кафедры
от «28» апреля 2022 года, протокол № 9

Программа одобрена НМК
физического факультета
протокол № 5 от «11» мая 2022 года

Ярославль

1. Цели освоения дисциплины

Целью данной учебной дисциплины является изучение студентами физических эффектов и процессов, лежащих в основе принципов действия полупроводниковых приборов, особенностей построения схем аналоговых электронных устройств, осуществляющих усиление, фильтрацию, генерацию и обработку аналоговых сигналов.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к части Блока 1, формируемой участниками образовательных отношений, и является частью модуля «Электроника».

Она основывается на знаниях разделов физики, "Радиоэлектроники", использует аппарат математики.

Полученные в курсе знания необходимы для изучения последующих дисциплин учебного плана.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ОП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности.

Формируемая компетенция (код и формулировка)	**Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)**	**Перечень планируемых результатов обучения**
Профессиональные компетенции		
ПК-1 Способен осуществлять сбор и обработку исходных данных для решения поставленных профессиональных задач в области радиофизики, осуществлять поиск, анализ и выбор методов их решения	ИД_ПК-1.1 Осуществляет сбор и обработку исходных данных для решения поставленных профессиональных задач	**Знать:** - физику работы полупроводниковых диодов и транзисторов, принципы построения схем аналоговых электронных устройств на транзисторах и операционных усилителях знать. **Уметь:** - выполнять расчеты, связанные с выбором режимов работы и определением параметров основных усилительных каскадов; - уметь проводить компьютерный эксперимент по определению основных характеристик заданных электронных устройств.
	ИД_ПК-1.2 Проводит анализ и обоснованный выбор методов решения профессиональных задач в области радиофизики	**Владеть навыками:** практической работы с лабораторными макетами аналоговых электронных устройств, а также с современной измерительной аппаратурой.

4. Объем, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 акад. часов.

Дисциплина реализуется с применением дистанционных образовательных технологий (ДОТ), предоставляемых образовательной площадкой МООК ЯрГУ им. П.Г. Демидова (DemidOnline).

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)						Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации *(по семестрам)* *Формы ЭО и ДОТ (при наличии)*
			Контактная работа					самостоятельная работа	
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания		
1	Краткие сведения из физики полупроводников	4	3					1	Задание для самостоятельной работы Тест по теме "Основы физики полупроводников"
2	Диоды	4	3	4	4			2	Задание для самостоятельной работы, Тест "Типы диодов"
3	Биполярные и униполярные транзисторы	4	3	6	8			3	Задание для самостоятельной работы Тест "Биполярные транзисторы" части 1 - 3. Тест "Униполярные транзисторы"
4	Принципы задания и обеспечения рабочей точки транзистора	4		2				1	Самостоятельная работа №1. Тест "Рабочая область. Рабочая точка. Температурная стабильность рабочей точки".
5	Усилительные каскады ОЭ, ОБ, ОК.	4	7	5	6			4	Самостоятельная работа №2
6	Усилительные каскады на униполярных транзисторах	4	2	4				3	Задания для самостоятельной работы,
7	Усилительные каскады на биполярных транзисторах				10	4			Задание для самостоятельной работы
8	Двухтранзисторные усилительные каскады.	4	4	6		4		5	Самостоятельная работа №3
9	Усилители постоянного тока	4	6	4				7	Задания для самостоятельной работы
10	Операционный усилитель	4	4					3	Задание для самостоятельной работы
11	Применение операционных усилителей	4	2	2	6	2		3	Задание для самостоятельной работы
		4				2	0,5	33,5	Экзамен
	Всего 180 час		**34**	**34**	**34**	**12**	**0,5**	**65,5**	

Содержание разделов дисциплины

Содержание разделов дисциплины

Раздел 1

Краткие сведения из физики полупроводников

Зонная модель твердых тел. Классификация твердых тел. Кристаллическая решетка полупроводников. Собственный полупроводник. Энергетическая (зонная) диаграмма собственного полупроводника. Электроны и дырки. Примесные полупроводники. Зонные диаграммы, уровни доноров и акцепторов. Концентрации носителей заряда в полупроводниках.

Генерация и рекомбинация носителей. Условие электрической нейтральности. Уровень Ферми. Положение уровня Ферми на зонных диаграммах собственного полупроводника и полупроводников с проводимостью n- и p-типа. Распределение носителей в зонах по энергетическим уровням. Неравновесные носители заряда. Рекомбинация носителей. Время жизни неравновесных носителей. Механизмы рекомбинации, межзонная и ступенчатая рекомбинация через центры рекомбинации (ловушки). Поверхностная рекомбинация. Эффективное время жизни. Движение носителей в электрическом поле.

Раздел 2

Диоды

2.1 P-n- переход.

Физические процессы при идеализированном контакте полупроводников n- и p-типа с одинаковой шириной запрещенной зоны. Прямое и обратное включение. Вольт – амперная характеристика (ВАХ) идеализированного перехода и ее уравнение. Зависимость ВАХ от температуры. Параметры p-n-перехода и его электрическая модель. Отличие реальных электронно-дырочных переходов от идеализированных. Учет электрического (лавинного, туннельного) и теплового пробоев при обратном включении перехода и коррекция математического описания ВАХ.

2.2. Физические процессы при контакте металл-полупроводник.

Разновидности контактов в полупроводниковой электронике. Зонные диаграммы металла и полупроводника до контакта и структуры после контакта в состоянии равновесия. ВАХ. Выпрямляющий и омический контакты.

2.3 Разновидности полупроводниковых диодов.

Выпрямительные и импульсные диоды. Диоды для усиления и генерации СВЧ сигналов. Диоды Шоттки, Ганна, туннельные, варикапы. Динисторы, тринисторы, p-i-n-диоды. Стабилитроны и стабисторы. Фотодиоды, светодиоды, полупроводниковые квантовые генераторы. Магнитодиоды.

Лабораторная работа №1: ВАХ выпрямительных диодов, стабилитронов, тиристоров

Раздел 3

Биполярные и полевые транзисторы

3.1 Биполярные транзисторы.

Физические процессы в структуре с двумя взаимодействующими переходами. Варианты полярностей напряжения на переходах. Схемы включения с общей базой, общим эмиттером и общим коллектором. Статическая модель Эберса - Молла. Идеализированные характеристики. Эффект модуляции толщины базовой области (эффект Эрли). Эквивалентные схемы транзисторов для разных схем включения. Зависимость параметров транзистора от режима и температуры.

Лабораторная работа №1: ВАХ транзисторов.

3.2 Униполярные транзисторы.

Физические процессы в структуре металл – диэлектрик - полупроводник МДП - транзистор со встроенным и индуцированным каналом. Статические ВАХ, параметры.

Лабораторная работа №1 ВАХ МДП-транзисторов.

Раздел 4

Принципы задания и обеспечения рабочей точки транзистора

Статический режим усилительного каскада: выбор рабочей точки; стабильность рабочей точки; температурная стабильность типовых схем усилительных каскадов. Расчет каскадов по постоянному току.

Раздел 5

Усилительные каскады ОЭ, ОБ, ОК

5.1 Усилители с емкостной связью каскадов. Каскад ОЭ в области средних частот, параметры без учета и с учетом внутренней обратной связи, учет дифференциального сопротивления коллекторного перехода. Каскад в области малых частот и больших времен. Каскад в области больших частот и малых времен. Коррекция в усилителях. Добротность каскада.

5.2 Каскад с эмиттерным входом.

5.3 Эмиттерный повторитель.

5.4 Фазоинверсный каскад.

Раздел 6

Усилительные каскады на униполярных транзисторах

Каскад с общим истоком. Каскад с общим стоком. Постоянный и переменный ток.

Раздел 7

Усилительные каскады на биполярных транзисторах

Лабораторный практикум:

- *каскад с эмиттерным входом (лабораторная работа №4);*
- *эмиттерный повторитель (лабораторная работа №3);*
- *каскад с общим эмиттером (лабораторная работа №2, вторая часть);*
- *усилитель мощности (лабораторная работа №5).*

Раздел 8

Двухтранзисторные усилительные каскады

Составной транзистор. Сложные повторители. Каскад с эмиттерной связью. Каскод. Фазоинверсный каскад.

Раздел 9

Усилители постоянного тока

Усилители прямого действия. Усилители с преобразованием частоты. Температурный дрейф. Методы борьбы с дрейфом. Дифференциальный каскад. Дрейфовые и усилительные параметры.

Раздел 10

Операционный усилитель

Операционный усилитель (ОУ). Схемотехника ОУ. Дифференциальные каскады. Генераторы стабильного тока. Схемы сдвига постоянного уровня. Схемы малого опорного напряжения. Схемы защиты ОУ. Балансировка. Коррекция частотных характеристик.

Раздел 11

Применение операционных усилителей

Усилители на ОУ. Импульсные схемы. Генераторы на ОУ. Компараторы и др. устройства на ОУ.

Лабораторная работа №6 «Операционный усилитель».

5. Образовательные технологии, в том числе технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе обучения проводятся практические и лабораторные занятия, в ходе которых используются следующие типы занятий и образовательные технологии.

Вводная лекция – дает первое целостное представление о дисциплине и ориентирует студента в системе изучения данной дисциплины. Студенты знакомятся с назначением и задачами курса, его ролью и местом в системе учебных дисциплин и в системе подготовки в целом. Дается краткий обзор курса, история развития науки и практики, достижения в этой сфере, имена известных ученых, излагаются перспективные направления исследований. На этой лекции высказываются методические и организационные особенности работы в рамках данной дисциплины, а также дается анализ рекомендуемой учебно-методической литературы.

Академическая лекция с элементами лекции-беседы – последовательное изложение материала, осуществляемое преимущественно в виде монолога преподавателя. Элементы лекции-беседы обеспечивают контакт преподавателя с аудиторией, что позволяет привлекать внимание студентов к наиболее важным темам дисциплины, активно вовлекать их в учебный процесс, контролировать темп изложения учебного материала в зависимости от уровня его восприятия.

Задействованы:

– интерактивная лекция.

Практическое занятие – занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков и закреплению знаний, полученных на лекциях.

Задействованы:

– решение задач;
– коллективная мыслительная деятельность, в т.ч. мозговой штурм;
– анализ конкретных ситуаций.

Лабораторная работа – организация учебной работы с реальными материальными и информационными объектами, экспериментальная работа с аналоговыми моделями реальных объектов.

Задействованы:

– допуск к выполнению экспериментальных исследований,
– коллективная работа в ходе выполнения лабораторной работы,
– командная защита отчёта.

Консультации – вид учебных занятий, являющийся одной из форм контроля самостоятельной работы студентов. На консультациях по просьбе студентов рассматриваются наиболее сложные моменты при освоении материала дисциплины, преподаватель отвечает на вопросы студентов, которые возникают у них в процессе самостоятельной работы.

Асинхронная консультация (в рамках онлайн курса) – занятие по окончанию модуля, на котором проводится консультация по изученному материалу, формам заданий текущего контроля, ответы на вопросы студентов по дисциплине.

В процессе обучения используются следующие технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии:

Учебный курс «Полупроводниковая электроника» в LMS Электронный университет Moodle ЯрГУ, в котором в процессе прохождения тем дисциплины:

- представлены задания для самостоятельной работы обучающихся по темам дисциплины;
- представлены файлы конкретных тем;

- тесты для прохождения промежуточной аттестации по дисциплине;
- представлен список учебной литературы, рекомендуемой для освоения дисциплины;
- представлена информация о форме и времени проведения консультаций по дисциплине в режиме онлайн;
- посредством форума осуществляется синхронное и (или) асинхронное взаимодействие между обучающимися и преподавателем в рамках изучения дисциплины.
- представлены записи видео лекций по отдельным темам дисциплины;
- осуществляется проведение отдельных мероприятий текущего контроля успеваемости студентов (тветы на вопросы, тестирование);
- посредством форума осуществляется синхронное и (или) асинхронное взаимодействие между обучающимися и преподавателем в рамках изучения дисциплины.

информативность, убедительная аргументация, доступная и понятная речь, четкая структура и логика, наличие ярких примеров, научных доказательств, обоснований, фактов.

6. Перечень лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

для формирования материалов для текущего контроля успеваемости и проведения промежуточной аттестации, для формирования методических материалов по дисциплине:

- программы Microsoft Office;
- издательская система LaTex;
- Adobe Acrobat Reader.

7. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (при необходимости)

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

Автоматизированная библиотечно-информационная система «БУКИ-NEXT» http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости), рекомендуемых для освоения дисциплины

а) основная литература

1. Артемов К. С. Основы аналоговой схемотехники [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов. / К. С. Артемов, Н. Л. Солдатова, А. А. Очиров; Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова - Ярославль: ЯрГУ, 2017. - 151 с. URL: http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20170701.pdf
2. Артемов К. С. Твердотельная электроника: курс лекций. / К. С. Артемов; Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова - Ярославль: ЯрГУ, 2000. - 78 с. Электронный вариант: http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20000732.pdf

б) дополнительная литература

1. Артемов К. С. Усилительные каскады на биполярных транзисторах: метод. указания. / К. С. Артемов, Н. Л. Солдатова; Науч.-метод. совет ун-та ; Яросл. гос. ун-т

им. П. Г. Демидова - Ярославль: Б.и., 2007. - 39 с. Электронный вариант: http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20070701.pdf
2. Артемов К. С. Операционный усилитель. Исследование транзисторного усилителя мощности: метод. указания. / К. С. Артемов, Н. Л. Солдатова; Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова, Науч.-метод. совет ун-та - Ярославль: ЯрГУ, 2012. - 40 с. Электронный вариант: http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20110711.pdf
3. Опадчий Ю. Ф. Аналоговая и цифровая электроника: полный курс: учебник для вузов. / Ю. Ф. Опадчий, О. П. Глудкин, А. И. Гуров; под ред. О. П. Глудкина; М-во общего и проф. образования РФ - М.: Горячая линия - Телеком, 2007. - 768 с.
4. Усилительные и частотные характеристики каскадов на биполярных транзисторах [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие. / сост. К. С. Артёмов, А. С. Гвоздарев, А. А. Очиров; Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова - Ярославль: ЯрГУ, 2020. - 62 с. http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20200702.pdf

в) ресурсы сети «Интернет»

1. Электронная библиотека учебных материалов ЯрГУ (http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php).

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

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав специальные помещения:

- учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа;
- учебные аудитории для проведения практических занятий (семинаров);
- учебные аудитории для проведения лабораторных работ;
- учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций,
- учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы;
- помещения для хранения и профилактического обслуживания технических средств обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде ЯрГУ.

Число посадочных мест в лекционной аудитории больше либо равно списочному составу потока, а в аудитории для практических занятий (семинаров) – списочному составу группы обучающихся. (Для проведения лабораторных работ группа обучающихся делится на две подгруппы).

Доцент кафедры
инфокоммуникаций и радиофизики, к.ф.-м.н. — К.С.. Артёмов
должность, ученая степень — *И.О. Фамилия*

Приложение №1 к рабочей программе дисциплины
«Полупроводниковая электроника»

Фонд оценочных средств
для проведения текущего контроля успеваемости
и промежуточной аттестации студентов
по дисциплине

1. Типовые контрольные задания и иные материалы, используемыев процессе текущего контроля успеваемости

Задания для самостоятельной работы

Задания по теме № 1 «Краткие сведения из физики полупроводников»:

1. Раздел 1.1: внимательно прочитать лекцию №2 курса лекций по твердотельной электронике, усвоить физику процессов в полупроводниках и их характеристики (дополнительная литература №3).

Задания по теме № 2 «Диоды»:

1. Раздел 2.1: по заданной ВАХ найти сопротивление диода постоянному току и дифференциальное сопротивление при прямом напряжении 0,3 В и обратном напряжении 10 В.
2. Раздел 2.2: самостоятельно сравнить ВАХ p-n перехода и контакта металл-полупроводник; почему диоды на контакте М-П работают быстрее?
3. Раздел 2.3: Ответьте на контрольные вопросы лабораторной работы «Исследование полупроводниковых приборов» (выпрямительные диоды, стабилитроны, тиристоры).

Задания по теме № 3 «Биполярные и полевые транзисторы»:

1. Раздел 3.1: выведите Н-параметры транзистора для трёх схем включения; получите из Н-параметров физические Т-образной схемы замещения.
2. Раздел 3.2: нарисуйте эквивалентные схемы униполярных транзисторов и дайте определение элементам схемы; объясните результаты снятия ВАХ транзисторов, полученные на лабораторном практикуме.

Задания по теме № 5 «Усилительные каскады ОЭ, ОБ, ОК.»: самостоятельно решить задачи 1.1, 1.2, 2.1 – 2.5, 3.1 – 3.4. (Основная литература №2, стр.143 - 147).

Задания по теме № 6 «Усилительные каскады на униполярных транзисторах: самостоятельно решить задачи 3.5 и 3.6. (Основная литература №2, стр. 147 - 148).

Задания по теме № 7 «Усилительные каскады на биполярных транзисторах. Лабораторный практикум»: задания даны в методических указаниях Артемов К.С., Солдатова Н.Л. Усилительные каскады на биполярных транзисторах: метод. указания /. Ярославский госуниверситет – Ярославль: ЯрГУ, 2007, стр. 3- 31.

Расчет усилительных каскадов ОЭ, ОК, ОБ на постоянном и переменном токе (Артемов К.С., Солдатова Н.Л. Усилительные каскады на биполярных транзисторах: метод. указания / Ярославский госуниверситет – Ярославль: ЯрГУ, 2007, стр. 32- 38).

Задания по теме № 8 «Двухтранзисторные усилительные каскады»: самостоятельно **решить** задачи 4.1 - 4.4. (Основная литература №2, стр.148 - 150); **расче**т на постоянном и

переменном токе в области СЧ сложного эмиттерного повторителя, эмиттерной связки и каскода (Артемов К.С., Солдатова Н.Л. Усилительные каскады на биполярных транзисторах: метод. указания / Ярославский госуниверситет – Ярославль: ЯрГУ, 2007, стр. 32- 38).

Задания по теме № 9 «Усилители постоянного тока»: самостоятельно **решить** задачи 5.1 и 5.2. (Основная литература №2, стр.150 - 151); **Рассчитать** ДК на постоянном токе и его усилительные и точностные параметры.

Задания по теме № 10 «Операционный усилитель»: самостоятельно **решить** задачи 6.1 - 6.6. (Основная литература №2, стр.151 - 153).

Задания по теме № 11 «Применение операционных усилителей»: задание дано в методических указаниях по лабораторной работе (Артемов, К.С. Операционный усилитель. Исследование транзисторного усилителя мощности: методические указания /К.С. Артемов, Н.Л. Солдатова, Яросл. гос.ун-т им. П.Г. Демидова. – Ярославль: ЯрГУ,2012. – 40с.).

Критерии оценивания заданий для самостоятельной работы

Показатели	Критерии
Формулы	Корректные, в стандартных обозначениях или обозначения раскрыты
Расчётные задания или обработка результатов эксперимента	Имеется не только правильный ответ с правильными единицами измерения (для размерных величин), но и приводящие к ответу выкладки или критерии
Графики	Верный вид зависимости, по осям указаны аргумент и имя функции со своими единицами, есть шкалы на осях, нанесены контрольные метки, соответствующие заданию
Схемы	Представлен правильный набор элементов или блоков в стандартных обозначениях, правильно соединённых друг с другом, указаны их номиналы (если это возможно по имеющимся данным), указаны места соединения или шины
Объяснения (ответы на смысловые вопросы)	Развёрнутые, корректные ответы на все вопросы, с отсылками к наименованиям и формулировкам законов, указанием методов, аргументация логичная.

Шкала оценивания:
0 баллов – полное отсутствие критерия;
1 балл – частичное выполнение критерия;
2 балла – полное выполнение критерия

Суммируются баллы за каждое задание.

Оценка проставляется по количеству набранных баллов:
менее 60% от максимально возможного количества баллов - неудовлетворительно,
60-75% от максимально возможного количества баллов - удовлетворительно,
76-85% от максимально возможного количества баллов - хорошо,
86-100% от максимально возможного количества баллов – отлично.

Самостоятельная работа № 1

Рассчитать усилительный каскад по схеме ОЭ на постоянном токе для заданных транзисторов. (Стр. 32-34) (Артемов К.С., Солдатова Н.Л Усилительные каскады на биполярных транзисторах: метод. указания /. Ярославский госуниверситет – Ярославль: ЯрГУ, 2007). Срок 2 недели.

Самостоятельная работа № 2

Рассчитать усилительные каскады ОЭ, ОК, и ОБ на постоянном и переменном токе для заданных транзисторов. (Стр. 35-38) (Артемов К.С., Солдатова Н.Л. Усилительные каскады на биполярных транзисторах: метод. указания /. Ярославский госуниверситет – Ярославль: ЯрГУ, 2007). Срок 4 недели.

Самостоятельная работа № 3

Рассчитать двухтранзисторные усилительные каскады на постоянном и переменном токе для заданных транзисторов. (Стр. 38) (Артемов К.С., Солдатова Н.Л. Усилительные каскады на биполярных транзисторах: метод. указания /. Ярославский госуниверситет – Ярославль: ЯрГУ, 2007). Срок 4 недели.

Критерии оценивания самостоятельных работ

Критерии оценивания самостоятельных работ совпадают с критериями оценивания заданий для самостоятельной работы.

Защита лабораторных работ

Перед выполнением лабораторных работ необходимо сдать теоретический минимум – ответить кратко, но верно на вопросы из списка вопросов к экзамену, относящиеся к теме данной работы.

В ходе защиты лабораторной работы необходимо продемонстрировать и оценить результаты работы, а также ответить на вопросы по результатам и вопросы по теме.

Вопросы к защите лабораторных работ даны в методических указаниях к каждой работе.

Критерии оценивания отчётов по лабораторным работам и защиты работ

Критерий	Пороговый уровень	Продвинутый уровень	Высокий уровень
Качество модели	Адекватная объекту исследований и заданным условиям	Адекватная объекту исследований и заданным условиям	Адекватная объекту исследований и заданным условиям
Методика	Соблюдена не полностью, есть отступления, повлекшие погрешности или выход в режимы, не описываемые моделью	Соблюдена, однако выясняется, что студент не понимает, почему именно предписанные действия следует предпринимать	Соблюдена полностью и осмысленно

Критерий	Пороговый уровень	Продвинутый уровень	Высокий уровень
Отчёт	Имеет 1-2 недостатка, однако в целом соответствует требованиям к отчёту по лабораторным работам и читабелен	Имеет некоторые незначительные недостатки в оформлении или представлении результатов	Соответствует всем требованиям к отчёту по лабораторным работам, аккуратно оформлен
Результаты исследования	В целом соответствуют заданию и адекватны объекту, однако погрешность результатов не контролировалась	Соответствуют заданию, адекватны объекту, имеется статистическая обработка результатов	Полностью соответствуют заданию, корректно отображают объект исследования в заданных условиях, погрешность контролировалась, обработка результатов проведена
Объяснения и выводы	Объяснения отрывочны, выводы бессодержательные, причины расхождения с теорией (если требовалось) не объяснены	В объяснениях есть гипотезы и аргументы в их пользу, однако не продемонстрировано уверенное владение методологией и терминологией в данной области	Объяснения проводятся с отсылками к наименованиям и формулировкам законов, указанием методов, аргументация логичная, сделанные выводы соответствуют свойствам исследуемого объекта
Ответы на вопросы при допуске и защите	Правильные ответы на большинство вопросов, однако, излишне краткие или с ошибками в терминологии.	Полные ответы практически на все вопросы с незначительными недостатками и некоторой нехваткой терминологической лексики	Развёрнутые, корректные ответы на все вопросы, с отсылками к наименованиям и формулировкам законов, указанием методов, аргументация логичная.

ВНИМАНИЕ!!! При рейтинговой системе оценки знаний все виды заданий должны быть выполнены студентом в течение семестра по установленным преподавателем срокам на каждое задание.

2. Список вопросов и (или) заданий для проведения промежуточной аттестации

Список вопросов к экзамену

1. Зонная модель твердых тел. Энергетическая (зонная) диаграмма собственного полупроводника. Электроны и дырки.
2. Примесные полупроводники. Доноры и акцепторы. Проводимости n-и p-типа. Зонные диаграммы, уровни доноров и акцепторов. Компенсированные полупроводники.
3. Концентрации носителей заряда в полупроводниках. Генерация и рекомбинация носителей. Связь равновесных концентраций электронов и дырок в состоянии термодинамического равновесия.
4. Функция распределения Ферми- Дирака. Уровень Ферми. Положение уровня Ферми на зонных диаграммах собственного полупроводника и полупроводников с проводимостью n- и p-типа. Зависимость положения уровня Ферми от концентрации примесей и температуры.

5. Неравновесные носители заряда. Рекомбинация носителей. Время жизни неравновесных носителей. Механизмы рекомбинации, межзонная и ступенчатая рекомбинация через центры рекомбинации (ловушки). Поверхностная рекомбинация. Эффективное время жизни.

6. Физические процессы при идеализированном контакте полупроводников n- и p-типа с одинаковой шириной запрещенной зоны. Электронно-дырочный переход в состоянии равновесия. Контактная разность потенциалов, ее зависимость от ширины запрещенной зоны, концентрации примесей и температуры. Ширина обедненной области.

7. Неравновесное состояние p-n-перехода. Прямое и обратное включение. Вольт – амперная характеристика (ВАХ) идеализированного перехода и ее уравнение. Зависимость ВАХ от концентрации примесей и температуры.

8. Параметры p-n-перехода и его электрическая модель. Зависимость параметров от величины и знака напряжения (смещения).

9. Учет электрического (лавинного, туннельного) и теплового пробоев при обратном включении перехода и коррекция математического описания ВАХ.

10. Физические процессы при контакте металл-полупроводник.

11. Разновидности полупроводниковых диодов

12. Работа диода на постоянном и переменном токе с нагрузкой.

12. Статическая модель Эберса – Мола. Вольт – амперные характеристики.

13. Зависимость параметров транзистора ОБ от режима и температуры.

14. Схема с общим эмиттером.

15. Частотные свойства схемы ОЭ.

16. Униполярные транзисторы. МДП - транзистор с встроенным и индуцированным каналом. Статические ВАХ. Параметры транзисторов.

17. Шумы транзисторов.

18. Н-параметры транзисторов.

19.Статический режим усилительного каскада.

20.Температурная стабильность рабочей точки (причины нестабильности, методы борьбы с нестабильностью).

21. Расчет усилительного каскада по схеме ОЭ на постоянном токе.

22. Каскад ОЭ. Область средних частот. Входное и выходное сопротивления. Коэффициенты передачи по току, напряжению, мощности.

23. Каскад ОЭ. Учет внутренней обратной связи по току.

24. Каскад ОЭ. Учет дифференциального сопротивления коллекторного перехода и коэффициента обратной связи по напряжению.

25. Каскад ОЭ. Область больших времен и малых частот.

26. Каскад ОЭ. Область малых времен и больших частот.

27. Эмиттерный повторитель.

28. Фазоинверсный каскад.

29. Каскад с эмиттерным входом.

30. Униполярные транзисторы. МДП - транзистор с встроенным и индуцированным каналом. Статические ВАХ. Параметры транзисторов.

31.Транзисторы с управляющим p-n-переходом.

32.Усилительные каскады на полевых транзисторах (ОИ, ОС).

33 Составной транзистор.

34.Сложные повторители.

35.Каскад с эмиттерной связью.

36.Каскод.

37.Усилители постоянного тока прямого усиления.

38.УПТ с преобразованием сигнала.

39.Дифференциальный каскад.

40. Обратная связь в усилителях.

41.Операционный усилитель. Параметры ОУ.
42.Инвертирующее и неинвертирующее включение ОУ.
43.Применение ОУ. Примеры.

Критерии оценивания ответов на вопросы билета

Критерий	Пороговый уровень (на «удовлетворительно»)	Продвинутый уровень (на «хорошо»)	Высокий уровень (на «отлично»)
Соответствие ответа вопросу	Хотя бы частичное (*не относящееся к вопросу не подлежит проверке*)	Полное	Полное
Наличие примеров	Имеются отдельные примеры	Много примеров	Есть практически ко всем утверждениям
Содержание ответа	Понятийные вопросы изложены с классификациями, проблемные с постановкой проблемы и изложением различных точек зрения. Имеются ошибки или пробелы.	Ответ почти полный, без ошибок, не хватает отдельных элементов и тонкостей	исчерпывающий полный ответ

ПРИМЕР ТЕСТА

Дисциплина: **Полупроводниковая электроника**
Тема задания: Полупроводниковые приборы
Уровень сложности – ***знать и уметь***
Ориентировочное время выполнения задания – 5 -10 ***минут***
Количество заданий в данном файле – ***5***

1. В полупроводниковой технологии акцепторные и донорные примеси используются для получения …
1. Полупроводников p- и n-типов
2. Проводников
3. Диэлектриков
4. Нет правильного ответа

2. В полупроводниковой технологии донорные примеси используются для получения полупроводника
1. n-типа
2. p-типа
3. p-типа и n-типа
4. Нет правильного ответа

3. Как обозначается полупроводник с дырочной проводимостью?
1. p-типа
2. n-типа
3. i-типа
4. Нет правильного ответа

4. Как обозначается полупроводник с электронной проводимостью?
1. n-типа
2. p-типа
3. i-типа
4. Нет правильного ответа

5. Проводимость примесного полупроводника p-типа …
1. Больше проводимости исходного беспримесного полупроводника
2. Меньше проводимости исходного беспримесного полупроводника
3. Не отличается от проводимости исходного беспримесного полупроводника
4. Нет правильного ответа

3. Описание процедуры выставления оценки

Экзаменационная оценка может выставляться автоматически по результатам выполнения практических домашних заданий, выполнения и сдачи лабораторных работ, ответов на вопросы, выполнения работ по расчету усилительных каскадов и по итогам тестирования (рейтинговый подход). **Необходимым условием получения положительной оценки ("автомат" или сдача экзамена во время сессии) является выполнение не менее 50 % каждого вида работ.**

Оценивание уровня сформированности компетенций в процессе освоения дисциплины осуществляется по следующей трехуровневой шкале:

Пороговый уровень - предполагает отражение тех ожидаемых результатов, которые определяют минимальный набор знаний и (или) умений и (или) навыков, полученных студентом в результате освоения дисциплины. Пороговый уровень является обязательным уровнем для студента к моменту завершения им освоения данной дисциплины.

Продвинутый уровень - предполагает способность студента использовать знания, умения, навыки и (или) опыт деятельности, полученные при освоении дисциплины, для решения профессиональных задач. Продвинутый уровень превосходит пороговый уровень по нескольким существенным признакам.

Высокий уровень - предполагает способность студента использовать потенциал интегрированных знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, полученных при освоении дисциплины, для творческого решения профессиональных задач и самостоятельного поиска новых подходов в их решении путем комбинирования и использования известных способов решения применительно к конкретным условиям. Высокий уровень превосходит пороговый уровень по всем существенным признакам.

Приложение №2 к рабочей программе дисциплины
«Полупроводниковая электроника»

Методические указания для студентов по освоению дисциплины

1. В первую очередь советуем ознакомиться с программой дисциплины, понять ее роль в процессе образования, осознать, что Вы должны знать, уметь и о чём иметь представление по итогам изучения дисциплины. К этому вопросу следует возвращаться по мере изучения предмета.
2. Вам выдаются методические материалы, которые полностью обеспечивают Вашу самостоятельную работу. Постарайтесь также пользоваться другими учебниками, пособиями, указанными в программе дисциплины, Интернет.
3. Дисциплина очень трудоёмкая и многоплановая. По этой причине не оставляйте изучение на «потом», регулярно читайте теорию, не отставайте от преподавателя.
4. В пособии «Основы схемотехники» даны задачи для самостоятельного решения. К концу семестров все задачи должны быть решены и представлены преподавателю. В помощь Вам так же приведены примеры решения задач. Срок представления – 30 мая .
5. При сдаче лабораторного практикума обращайте внимание на контрольные вопросы. Вы обязательно должны готовить на них ответы. Главное то, что Вы должны понимать физику процессов, происходящих в электронных устройствах, уметь строить принципиальные и эквивалентные схемы и выводить на их основе формулы основных параметров. Оформление лабораторных работ стандартное, как на физпрактикуме, отчет один на два человека. Сдача работ проводится в индивидуальном порядке.
6. При расчете аналоговых схем на транзисторах чётко выполняйте порядок расчета, не забывайте чаще подводить итоги, делать выводы о соответствии полученных результатов техническому заданию. Срок сдачи всех расчетов в первом семестре 15 мая.
7. Работая со схемами в системе компьютерного моделирования, обращайте внимание на возможности компьютерного эксперимента, научитесь подключать приборы и менять элементы схем. Сначала разберитесь со схемой, а потом «жмите кнопки».
8. Не стесняйтесь задавать вопросы на занятиях и консультациях. Помните, что в процессе учебы «дурацких» вопросов не бывает.

В конце семестра изучения дисциплины студенты сдают экзамен. Экзамен принимается в письменной форме по билетам или по вариантам. На самостоятельную подготовку к экзамену выделяется 3 дня, во время подготовки к экзамену предусмотрена групповая консультация.

Освоить вопросы, излагаемые в процессе изучения дисциплины «Полупроводниковая электроника» самостоятельно студенту крайне сложно. Это связано со сложностью изучаемого материала и большим объемом курса. Поэтому посещение всех аудиторных занятий является совершенно необходимым. Без упорных и регулярных занятий в течение семестра сдать экзамен по итогам изучения дисциплины студенту практически невозможно.