

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»
Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота
ФГБОУ ВО «КГТУ»
БГАРФ

УТВЕРЖДАЮ

И. о. декана радиотехнического факультета
/Баженов В.А./

27 июня 2018 г.

Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине

(приложение к рабочей программе дисциплины)

«МАТЕРИАЛЫ И ЭЛЕМЕНТНАЯ БАЗА РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»

(наименование дисциплины)

вариативной части образовательной программы

специалитета

по специальности

25.05.03 «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования»

(код и наименование специальности)

специализаций

«Инфокоммуникационные системы на транспорте и их информационная защита»

(наименование специализации)

«Техническая эксплуатация и ремонт радиооборудования промышленного флота»

(наименование специализации)

Факультет **радиотехнический (РТФ)**

(наименование)

Кафедра **теоретических основ радиотехники (ТОР)**

(наименование)

Калининград 2018

1 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И ЭТАПЫ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций, представленных в таблице 1.1.

Таблица 1 – Компетенции и этапы их формирования

Компетенции выпускника ОП ВО и этапы их формирования в результате изучения дисциплины	Знания, умения и навыки, характеризующие этапы формирования компетенций
1	2
<p>ОК-3.3: Готовность к использованию творческого потенциала</p>	<p>Должен знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • теоретические основы перспективного планирования; • методику оценки обоснованности и целесообразности внедрения новых материалов, компонент, аппаратуры; • методику оценки обоснованности и целесообразности внедрения новых методов и технологий; <p>Должен уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • обосновывать необходимость в замене отдельных компонент эксплуатируемого радиооборудования; • обосновывать необходимость в замене отдельных единиц используемой аппаратуры и комплексов радиооборудования; • составлять перспективный план развития эксплуатируемого оборудования; <p>Должен владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • навыками определения эффективности от внедрения нового программного обеспечения; • навыками определения эффективности от внедрения нового оборудования; • навыками определения эффективности от внедрения новых технологий.
<p>Готовность участвовать в модернизации транспортного радиоэлектронного оборудования, формировать рекомендации по выбору и замене его элементов и систем (ПК-4)</p> <p>Этапы формирования компетенции:</p> <p>ПК-4.1: Готовность формировать рекомендации по выбору и замене элементов и систем транспортного радиоэлектронного оборудования</p>	<p>Должен знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • назначение типовых аналоговых и цифровых микросхем, особенности их применения;

Продолжение таблицы 1.1

Компетенции выпускника ОП ВО и этапы их формирования в результате изучения дисциплины	Знания, умения и навыки, характеризующие этапы формирования компетенций
1	2
	<ul style="list-style-type: none"> • основные параметры и характеристики аналоговых и цифровых микросхем; • условные обозначения микросхем отечественного и зарубежного производства; <p>Должен уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • определять назначение выводов интегральной микросхемы для ее адекватного включения в радиотехническую цепь; • производить выбор контрольно-измерительной аппаратуры для проверки работоспособности цифровых и аналоговых интегральных микросхем; • проводить выбор аналога аналоговой или цифровой интегральной микросхемы по результатам расшифровки условного обозначения; <p>Должен владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • навыками экспериментального определения технических характеристик аналоговых интегральных микросхем; • навыками экспериментального определения технических характеристик цифровых интегральных микросхем; • навыками выработки рекомендаций по необходимости замены интегральной микросхемы в составе транспортного радиооборудования по результатам натурного эксперимента.
<p>Способность решения проблем эффективного использования материалов, оборудования, соответствующих алгоритмов и программ расчета параметров технологических процессов (ПК-14)</p> <p>Этапы формирования компетенции:</p> <p>ПК-14.1: Способность решения проблем эффективного использования материалов, оборудования</p>	<p>Должен знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • виды материалов, применяемых при создании интегральных микросхем, их назначение и свойства; • основные этапы технологического цикла производства интегральных микросхем; • методы контроля качества изделия на различных этапах технологического цикла производства интегральных микросхем;

Компетенции выпускника ОП ВО и этапы их формирования в результате изучения дисциплины	Знания, умения и навыки, характеризующие этапы формирования компетенций
1	2
	<p>Должен уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • соотносить прогнозируемые свойства элементов интегральных микросхем и применяемые в производстве материалы; • подбирать оптимальный метод контроля качества изделия на различных этапах технологического цикла производства интегральных микросхем; • производить расчет контролируемого параметра изделия на различных этапах технологического цикла производства интегральных микросхем в рамках выбранного метода; <p>Должен владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • навыками расчета электрических параметров пассивных элементов интегральных микросхем по заданным конструктивным параметрам и электрическим характеристикам используемых материалов; • навыками расчета усилительных характеристик активных элементов интегральных микросхем по заданным технологическим и рабочим параметрам; • навыками расчета частотных характеристик активных элементов интегральных микросхем по заданным технологическим и рабочим параметрам.

В ходе изучения этой учебной дисциплины обучаемые должны:

Знать:

- типы материалов, применяемых в производстве интегральных схем;
- технологический цикл производства интегральных микросхем и их элементов;
- разновидности интегральных схем;
- основные характеристики и области применения цифровых и аналоговых интегральных схем;

Уметь:

- проводить измерение основных характеристик интегральных схем;

Владеть:

- навыками расшифровки условно-графических обозначений и маркировки интегральных схем.

В таблице 1.2 приведено соответствие разделов изучаемой дисциплины реализуемому этапу формирования компетенции

Таблица 1.2 – Соответствие разделов дисциплины «Материалы и элементная база радиоэлектроники» реализуемому этапу формирования компетенции для всех форм обучения и всех специализаций

Этап формирования	Код формируемой компетенции		
	ОК-3	ПК-4	ПК-14
Раздел 1. Введение		+	
Раздел 2. Интегральные схемы и их классификация	+	+	
Раздел 3. Технологические основы микроэлектроники	+		+
Раздел 4. Элементы интегральных схем	+	+	+
Раздел 5. Применение интегральных микросхем в современной РЭА	+	+	
Раздел 6. Основы нанoeлектроники	+		+

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПОЭТАПНОГО ФОРМИРОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО НЕЙ

Контроль поэтапного формирования результатов освоения дисциплины осуществляется в рамках текущего контроля и итоговой аттестации в ходе выполнения заданий на лабораторных занятиях, выполнении контрольной работы, выполнении заданий на самостоятельную работу (СР), а также при сдаче зачета с оценкой в 4 семестре (на 3 курсе, в 3 сессию для студентов заочной формы обучения).

2.1 Перечень тем лабораторных работ

Очная форма обучения

1. «Изучение элементной базы, топологии и конструкции гибридных и полупроводниковых интегральных микросхем» (ПК-4, ПК-14);
2. «Исследование интегральной микросхемы ТТЛ» (ПК-4);
3. «Исследование основных характеристик операционного усилителя» (ПК-4).

Заочная форма обучения

4. «Исследование интегральной микросхемы ТТЛ» (ПК-4);
5. «Исследование основных характеристик операционного усилителя» (ПК-4).

Формирование результатов освоения дисциплины (РОД) в рамках лабораторных занятий осуществляется при выполнении лабораторных заданий с использованием специализированной контрольно-измерительной аппаратуры. Контроль освоения осуществляется с помощью контрольных вопросов и заданий из приведенного перечня.

2.2 Перечень тем контрольных работ для студентов заочного отделения

1. Контрольная работа №1 (ПК-4, ПК-14).

Формирование РОД в рамках выполнения контрольной работы осуществляется при самостоятельном решении типовых задач по расчету характеристик функциональной сложности микросхемы, контрольных параметров этапов технологического процесса производства микросхем, а также при ответе на теоретический вопрос. Контроль освоения осуществляется при защите контрольной работы.

2.3 Перечень тем самостоятельных работ

Очная форма обучения

1. «Интегральные микросхемы и их классификация» (ОК-3, ПК-4);
 - Маркировка интегральных микросхем зарубежного производства.
 - Неразрушающие методы контроля надежности интегральных микросхем.
2. «Технологические основы микроэлектроники» (ОК-3, ПК-14);
 - Методы контроля качества эпитаксиальных структур.
 - Методы контроля качества диэлектрических пленок.
 - Методы контроля качества диффузионных и ионно-легированных слоев.
3. «Элементы интегральных схем» (ОК-3, ПК-4, ПК-14);
 - Расчет усилительных и частотных свойств биполярных транзисторов.
 - МНОП транзисторы и их применение в составе микросхем памяти.
 - Комбинированные методы изоляции элементов интегральных схем: изоляция V и U канавками, изопланар.
4. «Применение интегральных микросхем в современной РЭА» (ОК-3, ПК-4);
 - ПЛИС: структура и области применения.
5. «Основы нанoeлектроники» (ОК-3, ПК-14).
 - Перспективы развития нанoeлектроники.

Заочная форма обучения

1. «Интегральные микросхемы и их классификация» (ОК-3, ПК-4);
2. «Технологические основы микроэлектроники» (ОК-3, ПК-14);
3. Металлизация и сборочные операции в технологическом процессе создания интегральных микросхем. «Элементы интегральных схем» (ОК-3, ПК-4, ПК-14);
4. «Применение интегральных микросхем в современной РЭА» (ОК-3, ПК-4);
5. «Основы нанoeлектроники» (ОК-3, ПК-14).

Формирование РОД при выполнении заданий на СР осуществляется при работе обучающегося с рекомендованной основной и дополнительной литературой, а также интернет-ресурсами. Контроль освоения осуществляется при проверке качества конспекта, а также умения применить изученный материал при решении практических задач.

2.4 Итоговая аттестация

Допуск к итоговой аттестации осуществляется после сдачи всех текущих контролей, включающих защиту лабораторных работ, контрольной работы (для заочной формы обучения), а также конспектов тем, вынесенных на самостоятельное изучение, предусмотренных рабочей программой дисциплины. Итоговая аттестация проводится в виде зачета с оценкой в 4 семестре (в 3 сессию 3 курса для студентов заочной формы обучения). Зачет проводится в форме теста, содержащего 30 вопросов с четырьмя вариантами ответов, один из которых является верным. Перечень тестовых вопросов максимально охватывает разделы дисциплины. При отрицательном результате выполнения тестовых заданий, по желанию обучающегося, может быть проведена беседа по темам дисциплины в соответствии с утвержденным перечнем вопросов, выданным курсантам (студентам) не позднее 1 месяца перед сессией.

Формирование РОД осуществляется при самостоятельной подготовке обучающихся к итоговой аттестации по конспекту лекций, рекомендуемым к изучению в начале курса учебникам и учебным пособиям. В ходе подготовки к зачету с оценкой преподаватель проводит консультацию, на которой доводится порядок проведения зачета и даются ответы на вопросы, вызвавшие затруднения у курсантов (студентов) в процессе подготовки.

Зачет с оценкой проводится в любой из дней в течение зачетной недели.

Контроль освоения компетенций (ОК-3, ПК-4, ПК-14) осуществляется по количеству правильных ответов на вопросы тестового задания или ответу на вопросы в соответствии с утвержденным перечнем, умению применить полученные знания при решении практических задач.

3 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ПОЭТАПНОГО ФОРМИРОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Типовые контрольные задания и вопросы

3.1.1 Лабораторное задание и перечень контрольных вопросов для защиты лабораторной работы № 1 «Изучение элементной базы, топологии и конструкции гибридных и полупроводниковых интегральных микросхем»

Цель работы: Изучить конструкции и топологии гибридных (ГИС) и полупроводниковых интегральных микросхем (ИМС), изучить топологию и зарисовать эскизы элементов гибридных ИМС.

Для выполнения работы используется следующая аппаратура: лабораторный микроскоп МБУ-4А, набор исследуемых микросхем.

Задание на самоподготовку

1. Изучить по конспекту лекций и рекомендуемой литературе:
 - классификацию и маркировку интегральных микросхем;
 - количественные характеристики интегральных микросхем (степень интеграции, интегральная плотность);
 - конструкцию пленочных элементов гибридных интегральных схем (ГИС);
 - способы монтажа навесных компонентов.
2. Привести в бланке отчета необходимые таблицы для занесения экспериментальных данных. Заготовить координатные сетки для нанесения эскизов топологии пассивных и активных элементов интегральных микросхем.

Лабораторное задание

1. Рассмотрите под микроскопом пять образцов гибридных интегральных микросхем в соответствии с таблицей 3.1. Найдите на микросхемах пассивные и активные элементы. Определите количество пленочных и навесных элементов, подсчитайте количественные характеристики микросхемы (степень интеграции и интегральную плотность). По результатам измерений и вычислений заполните графы таблицы 3.1.
2. Зарисуйте эскизы топологии пассивных и активных элементов интегральных микросхем (примеры пленочных и навесных элементов гибридных интегральных схем приведены на рисунке 3.1). Обозначьте на эскизе топологии биполярного транзистора области базы, эмиттера и коллектора и поясните форму и расположение этих областей. Поясните разницу в формах резисторов полосковой и зигзагообразной структур.

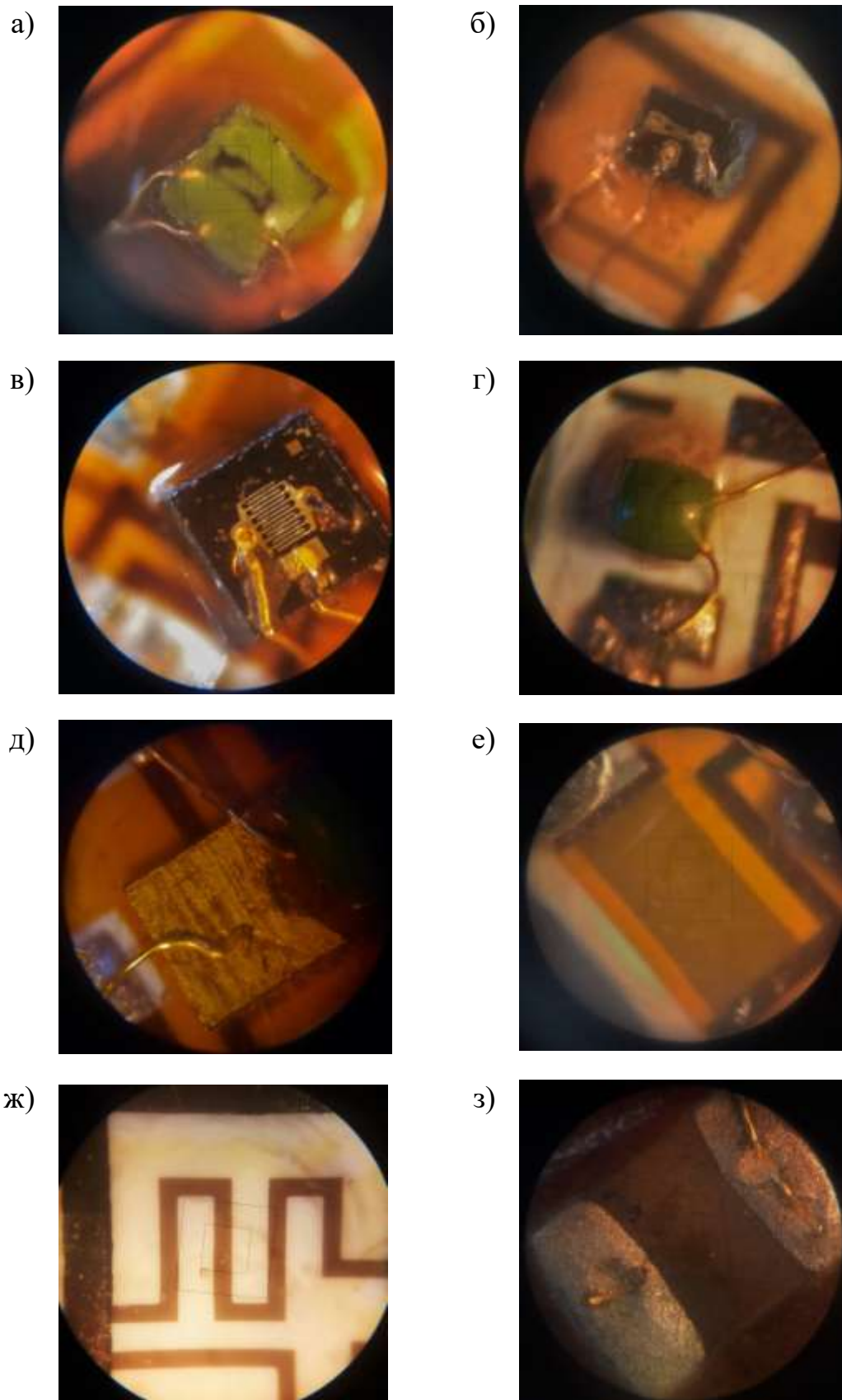


Рисунок 3.1 – Примеры пленочных и навесных элементов гибридных интегральных схем: а), б), в) биполярные транзисторы; г) полупроводниковый диод; д) контактная площадка; е), ж) пленочные резисторы; з) пленочный конденсатор

Таблица 3.1 – Результаты исследования гибридных интегральных микросхем

№	Обозначение микросхемы	Выполняемая функция	В том числе				Общее количество элементов	Степень интеграции К	Интегральная плотность ω
			пленочных		навесных				
			Резисторов	Конденсаторов	Транзисторов	Диодов			
1	К217ТК1Б								
2	235МП1								
3	235УР2								
4	284КН1								
5	284УН1								

* Выполняемую функцию определить по приложению А

3. Рассмотрите под микроскопом три образца ИМС с различной степенью интеграции в соответствии с таблицей 3.2. Оцените количество элементов ИМС различной степени интеграции и степень интеграции. По результатам измерений и вычислений заполните графы таблицы 3.2:

- данные о микросхеме К217ТК1Б (рисунок 3.2) возьмите из таблицы 3.1 и перенесите в таблицу 3.2;

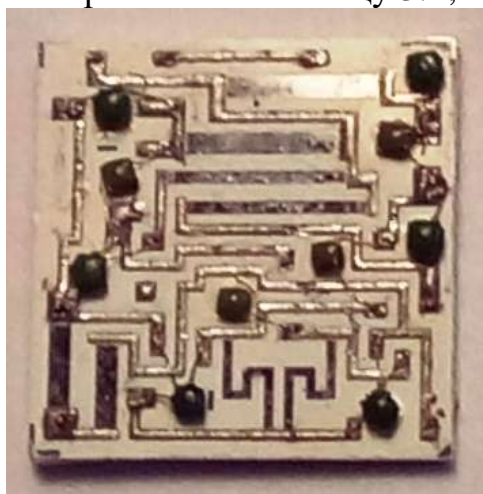


Рисунок 3.2 – Топология интегральной микросхемы К217ТК1Б

- для микросхемы ИД6 (ИЕ7), тщательно рассмотрев ее под микроскопом, определите число интегральных элементов, образующихся скоплением проводящих линий (выделено красным кругом на рисунке 3.3);
- считая, что каждый такой элемент по сложности аналогичен микросхеме К217ТК1Б, оцените общее число элементов и занесите результат в таблицу 3.2;
- по полученным результатам оцените степень интеграции микросхемы;

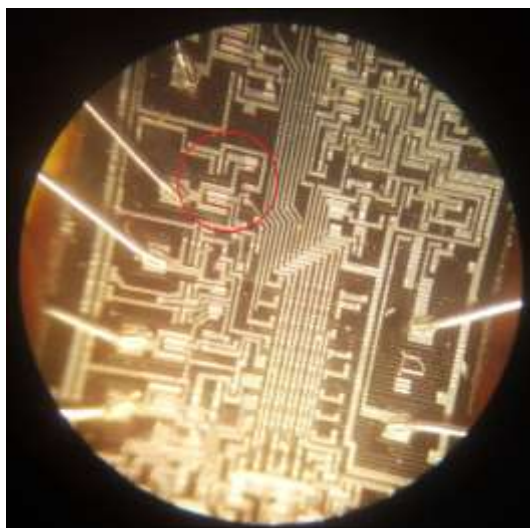


Рисунок 3.3 – Структура интегральной микросхемы ИД6

Таблица 3.2 – Результаты исследования интегральных микросхем с различной степенью интеграции

№	Обозначение микросхемы	Выполняемая функция	Общее количество элементов	Степень интеграции К
1	K217TK1Б			
2	ИД6 (ИЕ7)			
3	B9518BZ			

- для микросхемы B9518BZ, тщательно рассмотрев ее под микроскопом, оцените число ячеек памяти, которые видны на поле (рисунок 3.4);

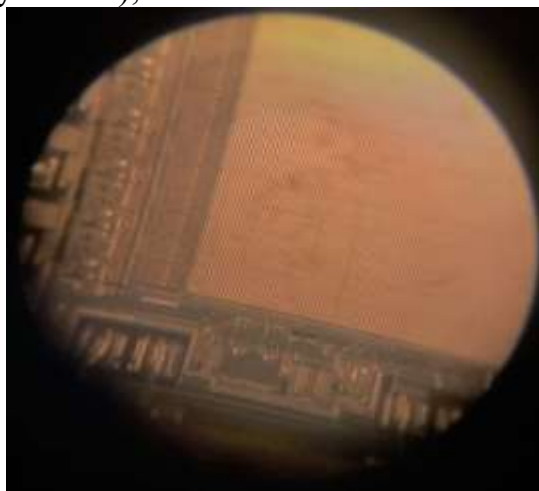


Рисунок 3.4 – Структура интегральной микросхемы B9518BZ

- поскольку ячеек много, то для оценки используйте метрический квадрат окуляра осциллографа (рисунок 3.5); двигая метрический квадрат вдоль любой из сторон поля, оцените, сколько таких квадратов N_1 укладывается на стороне;
- далее оцените число ячеек N_2 , укладываемых на промежутке между большим и малым метрическими квадратами;

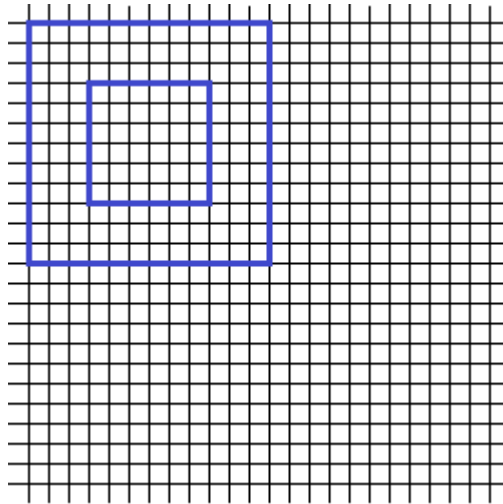


Рисунок 3.5 – Расположение метрического квадрата на поле ячеек памяти

- рассчитайте число ячеек по формуле:

$$N = (4 \cdot N_1 \cdot N_2)^2.$$

- считая, что ячейка памяти по сложности не уступает микросхеме К217ТК1Б, оцените общее число элементов, образующих поле ячеек памяти; занесите результат в таблицу 3.2;
 - по полученным результатам оцените степень интеграции микросхемы.
4. Сделайте выводы о степени интеграции исследованных микросхем, топологии активных и пассивных элементов, входящих в их состав.

Контрольные вопросы

1. Приведите классификацию интегральных микросхем (ИМС).
2. Какими параметрами характеризуется функциональная сложность ИМС и как они вычисляются?
3. Из каких элементов состоит условное обозначение ИМС? Расшифруйте следующие условные обозначения: КР580ВГ75, КМ155ИД4, К122УН1Д, 133ТМ2.
4. Каковы основные функции корпуса ИМС и какие разновидности корпусов вам известны?
5. Какие существуют методы изоляции элементов ИМС? В чем их достоинства и недостатки?
6. Какие разновидности интегральных n-p-n-транзисторов вам известны?
7. Зачем применяются скрытые p⁺-слои в технологии полевых транзисторов?
8. Что такое КМОП-транзистор? Где он применяется?
9. Какие известны способы повышения быстродействия МДП-транзисторов?

10. Какие способы позволяют снизить пороговое напряжение МДП-транзистора?
11. Что такое МНОП-транзистор и где он применяется?
12. Какие вам известны способы диодного включения биполярного транзистора? Какие из них наиболее оптимальны и почему?
13. Какие вам известны разновидности диффузионных резисторов? В чем их достоинства и недостатки?
14. Как зависит добротность диффузионного конденсатора от частоты?
15. В чем главный недостаток диффузионного конденсатора? Свободен ли от этого недостатка МОП-конденсатор?
16. В чем преимущество пленочных резисторов и конденсаторов перед полупроводниковыми?
17. В чем главное преимущество пленочной технологии перед полупроводниковой?

3.1.2 Лабораторное задание и перечень контрольных вопросов для защиты лабораторной работы № 2 «Исследование интегральной микросхемы ТТЛ»

Цель работы: Ознакомление с принципом работы и вольт-амперными характеристиками интегральных микросхем и определение их параметров.

Лабораторная установка включает в себя:

- лабораторный стенд БИС-ЭР с комплектом электроизмерительных приборов (микроамперметров, многопредельных миллиамперметров, и вольтметров) и регулируемых источников питания БП-5, БП-15, БП-30 с различными величинами напряжений;
- испытательный макет с набором различных гнезд для подключения микросхем и измерительных приборов;
- два ампер-вольтметра М2038;
- исследуемая интегральная микросхема (ИМС).

Измерительная схема для снятия вольт-амперных характеристик (ВАХ) интегральных микросхем представлена на рисунке 3.6. Схема содержит исследуемую ИМС, резисторы R_1 , R_4 и R_5 , которые служат для создания напряжений, соответствующих уровню логической единицы «1» на входах 3, 4 и 5 логической микросхемы, резистор R_6 , R_7 и R_8 , образующие сопротивление нагрузки, и переменный резистор R_2 , необходимый для плавной регулировки входного напряжения.

Миллиамперметр РА1 служит для измерения входного тока ИМС, вольтметры РУ1 и РУ2 служат для измерения входного и выходного напряжений, соответственно. Источником питания исследуемой ИМС служит БП-15. Питание подается на клеммы «+5В» и «-5В» макета. Клеммы макета 3-5 «являются входами исследуемой микросхемы, а 6 – ее выходом.

Соединения элементов схемы производится изолированными проводами минимально необходимой длины.

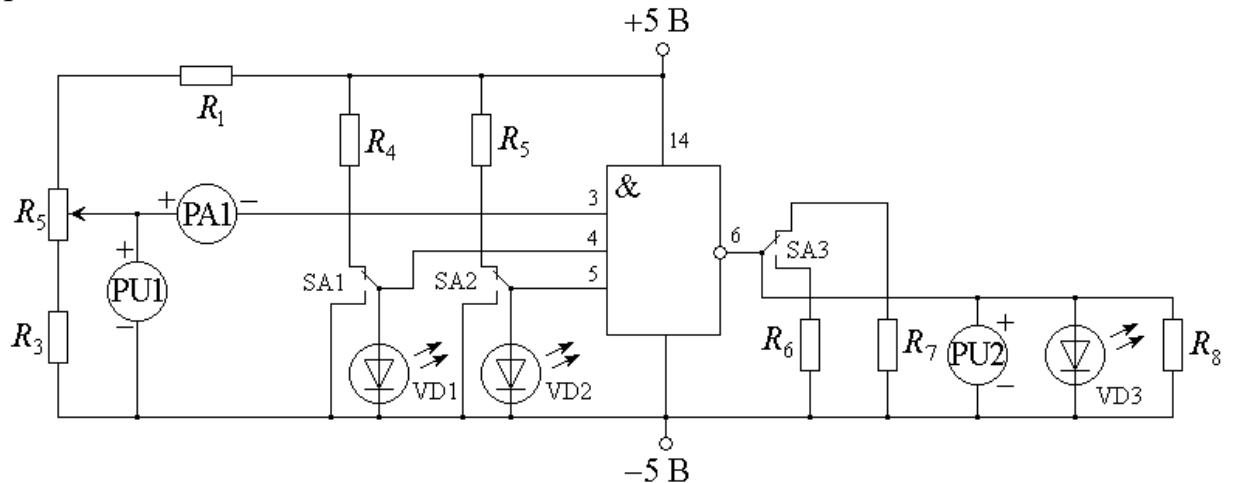


Рисунок 3.6 – Измерительная схема для снятия вольт-амперных характеристик (ВАХ) интегральных микросхем

Справочные данные о номинальных и предельно допустимых значениях параметров режимов некоторых типов ИМС приведены в приложении.

Вид передаточной характеристики и входной ВАХ ИМС, подлежащей исследованию в данной лабораторной работе, приведены на рисунках 3.7 и 3.8, соответственно.

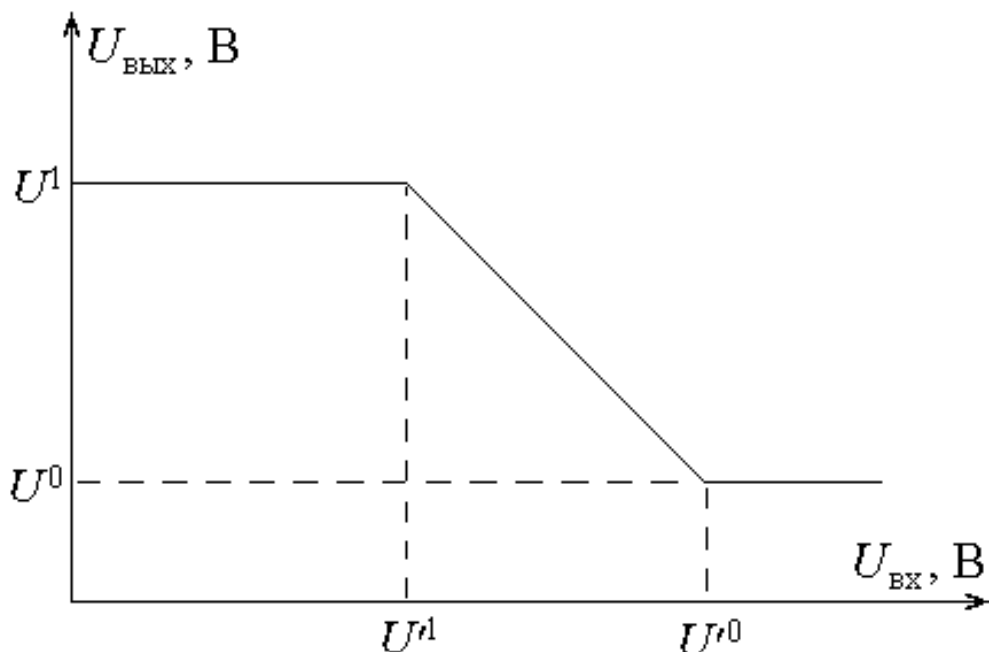


Рисунок 3.7 – Передаточная характеристика ИМС

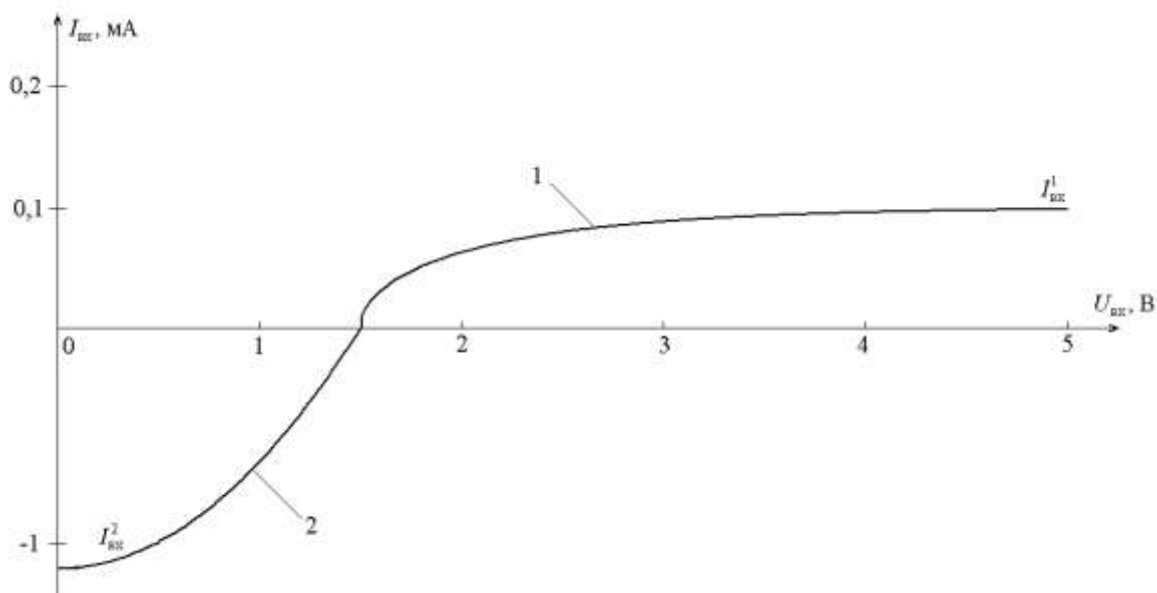


Рисунок 3.8 – Входная ВАХ ИМС: 1 – обратная ветвь ВАХ, 2 – прямая ветвь ВАХ

Задание на самоподготовку

1. Изучить по конспекту лекций и рекомендуемой литературе:
 - устройство, конструкцию и принцип действия логических ИМС различных типов;
 - примерный вид входных и передаточных ВАХ;
 - основные параметры логических ИМС;
 - условные обозначения логических ИМС, их маркировка для различных типов.
2. Привести в бланке отчета измерительную схему, подготовить необходимые таблицы для занесения экспериментальных данных. Заготовить координатные сетки для графиков, нанести на них оси координат с указанием масштабов измеряемых величин.
3. Привести графическое изображение и таблицы истинности для положительной логики микросхемы К155ЛА4 (см. приложение А).

Лабораторное задание

1. Снять передаточную характеристику ИМС $U_{\text{вых}} = f(U_{\text{вх}})$:
 - при проведении измерений для контроля напряжения на рабочем входе микросхемы (PU_1 на рисунке 3.6), а также для измерения напряжения на выходе микросхемы (PU_2 на рисунке 3.6) используйте стрелочные ампервольтметры М2038 (**при измерении напряжений не забывайте переводить результаты измерений в соответствии с выставленным пределом измерения**);

- определите диапазон изменения входного напряжения ($U_{\text{вх1}} = U^1$, $U_{\text{вх2}} = U^0$ на рисунке 3.7), в пределах которого происходит изменение напряжения на выходе микросхемы;
- разбейте диапазон на 8 – 10 точек и произведите измерение выходного напряжения в каждой точке;
- измерьте выходное напряжение в 1 – 2 точках слева и справа от границ данного диапазона;
- результаты измерений занесите в таблицу 3.3;

Таблица 3.3 – Результаты измерения передаточной характеристики

$U_{\text{вх}}$, В										
$U_{\text{вых}}$, В										

- изобразите график передаточной характеристики, включив в него горизонтальные участки для $U_{\text{вх}}$ от 0 до $U_{\text{вх1}}$ и от $U_{\text{вх2}}$ до $U_{\text{вх.max}}$.
2. По графику передаточной характеристики (см. рисунок 3.7) определить следующие параметры:
- напряжения, соответствующие уровням логической единицы и логического нуля U^1 и U^0 ;
 - пороговое напряжение по входу U^0 и U^1 ;
 - коэффициент передачи по напряжению на переходном участке K_U :

$$K_U = \left| \frac{U^1 - U^0}{U^1 - U^0} \right|.$$

3. Снять входную ВАХ $I_{\text{вх}} = f(U_{\text{вх}})$ (см. рисунок 3.8):

- при проведении измерений используйте стрелочные ампервольтметры М2038 для контроля напряжения на рабочем входе микросхемы (P_{U1} на рисунке 3.6) и для измерения тока на входе микросхемы (P_{A1} на рисунке 3.6) **(при измерении напряжения и тока не забывайте переводить результаты измерений в соответствии с выставленным пределом измерения)**;
- разбейте диапазон изменения входного напряжения $(0, U_{\text{вх.max}})$ на 8 – 10 точек и произведите измерение входного тока в каждой точке;
- результаты измерений занесите в таблицу 3.4;

Таблица 2 – Результаты измерения входной характеристики

$U_{\text{вх}}$, В										
$I_{\text{вх}}$, мА										

- изобразите график входной характеристики (соответствует прямой ветви на рисунке 3.8);

- по графику входной характеристики определите входной ток низкого уровня I^0 .
4. Снять таблицу истинности для К155ЛА4:
- для этого используйте тумблерные переключатели SA1 и SA2, а также переменный резистор R_2 ;
 - если тумблерные переключатели SA1 и/или SA2 находятся в нижнем положении, то на второй и/или третий вход подается логический «0» (светодиоды VD1 и VD2 не светятся), а если в верхнем положении, - то логическая «1» (светодиоды VD1 и VD2 светятся);
 - крайнее левое положение ручки переменного резистора R_2 соответствует логической «1» на первом входе, а крайнее правое - логическому «0»;
 - подавая на входы микросхемы комбинации логических «0» и «1», указанные в таблице 3, определите логический уровень напряжения на выходе микросхемы: логическая «1», если светодиод VD3 светится и логический «0» в противном случае;
 - по результатам измерений заполнить последнюю графу таблицы 3.5.

Таблица 3.5 – Результаты измерений таблицы истинности

$U_{\text{вх1}}$	лог.	0	1	0	0	1	1	0	1
	физ.								
$U_{\text{вх2}}$	лог.	0	0	1	0	1	0	1	1
	физ.								
$U_{\text{вх3}}$	лог.	0	0	0	1	0	1	1	1
	физ.								
$U_{\text{вых}}$	лог.								
	физ.								

- при установке логического нуля «0» или логической единицы «1» на первом входе микросхемы используйте состояние микросхемы, при котором на втором и третьем входах подана логическая единица «1»: с помощью переменного резистора R_2 , по очереди, найдите такие положения движка резистора, при которых светодиод VD3 начинает светиться (соответствует логической единице «1» на первом входе микросхемы) или гаснет (соответствует логическому нулю «0» на первом входе микросхемы).
5. Сделать выводы по результатам измерений:
- сравнить уровни логического «0» и логической «1» на выходе микросхемы, а также напряжение статической помехи $U'^0 - U'^1$ с паспортными данными (см. приложение А);

- объясните вид входной характеристики микросхемы;
- сравните входной ток низкого уровня с паспортным значением (см. приложение А);
- определите согласно таблице истинности вид логической функции, выполняемой исследованной микросхемой.

Контрольные вопросы

1. Что называется передаточной характеристикой? Как она выглядит для инвертирующих и неинвертирующих схем?
2. Какие схемы более помехоустойчивы и почему: аналоговые или цифровые?
3. Какими величинами принято характеризовать помехоустойчивость ключа?
4. Что такое логический элемент, и какие функции он может выполнять? Приведите условные графические обозначения основных логических элементов.
5. Что означают термины «положительная логика» и «отрицательная логика»?
6. Что собой представляет элемент резисторно-транзисторной логики (РТЛ) и какие функции он может выполнять?
7. Что собой представляет элемент транзисторно-транзисторной логики (ТТЛ) и какие функции он может выполнять?
8. Что собой представляет элемент интегрально-инжекционной логики (И²Л) и какие функции он может выполнять?
9. Что собой представляет элемент эмиттерно-связанной логики (ЭСЛ) и какие функции он может выполнять?
10. Каковы главные преимущества логических элементов на МОП-транзисторах по сравнению с И²Л, ЭСЛ, ТТЛ и чем они обусловлены?
11. В чем преимущества КМОП-логических элементов перед МОП-элементами?
12. Какой фактор, ограничивающий быстродействие КМОП-ИМС удается устранить в БиКМОП-ИМС и за счет чего?
13. Благодаря чему интегральные схемы на МЭП-логических элементах имеют существенно более высокое быстродействие чем МОП-элементы при прочих равных условиях?
14. Какие разновидности интегральных триггеров вам известны? В чем преимущества и недостатки этих триггеров друг по отношению к другу?
15. Что такое ОЗУ и каков принцип его построения?
16. Каковы разновидности запоминающих ячеек ОЗУ?
17. Что такое ПЗУ и каковы принципы его построения?
18. Что такое БИС и СБИС? Каковы их разновидности и в чем преимущества их использования?
19. С чем связано ограничение в повышении степени интеграции БИС?

3.1.3 Лабораторное задание и перечень контрольных вопросов для защиты лабораторной работы № 3 «Исследование основных характеристик операционного усилителя»

Цель работы: Ознакомление с принципом работы и основными характеристиками операционного усилителя, а также простейшими схемами на его основе.

Лабораторная установка включает в себя:

- испытательный макет с набором различных гнезд для подключения измерительных приборов;
- контрольно-измерительную аппаратуру (генератор сигналов низкочастотный ГЗ-112/1, осциллограф С1-55, милливольтметр ВЗ-38А, два мультиметра цифровых М890D);
- исследуемую интегральную микросхему (ОУ).

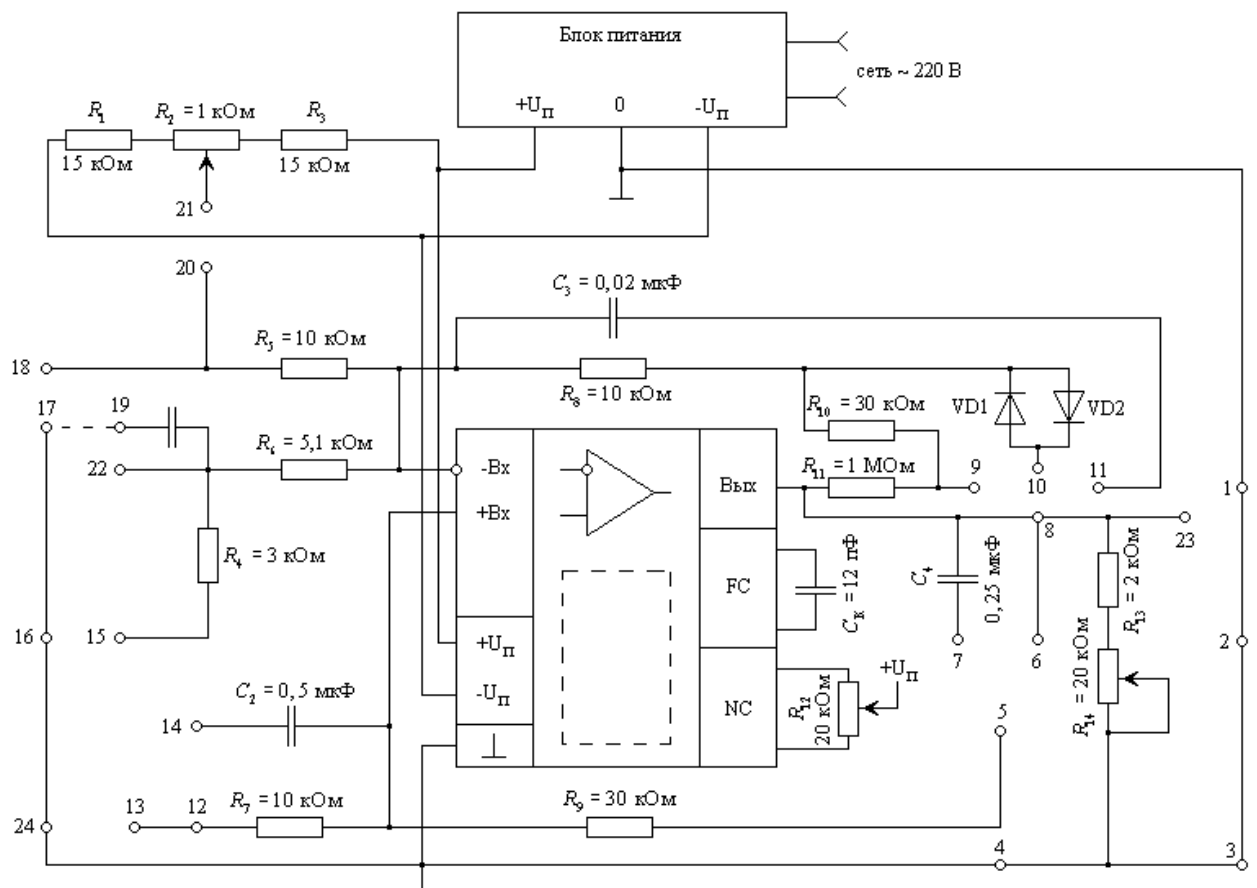


Рисунок 3.9 – Схема лабораторной установки

Характеристики исследуемой ИМС (при $T = 25^\circ C$)

$$U_{\text{см}} = 7,5 \text{ мВ}, K_U = 20 \cdot 10^3, I_{\text{вх}} = 1,5 \text{ мкА}, R_{\text{вх}} = 300 \text{ кОм}, R_{\text{вых}} = 300 \text{ Ом}, \\ U_{\text{вых.макс}} = 10 \text{ В}.$$

Лабораторное задание

1. Измерение передаточной характеристики операционного усилителя (ОУ)
 - Для снятия передаточной характеристики ОУ с обратной связью необходимо накоротко замкнуть проводниками следующие клеммы в схеме: 20 и 21, 13 и 24.
 - С помощью переменного резистора R_2 определите, в каких пределах может меняться напряжение на входе ОУ (клеммы 17 и 18). Для контроля постоянного напряжения на входе ОУ используйте цифровой мультиметр.
 - Далее определите диапазон входных напряжений, в пределах которого происходит изменение выходного напряжения, и разбейте данный диапазон на 10 - 15 точек. Оставшиеся диапазоны значений слева и справа от выбранного разбейте на 2 - 3 точки. Занесите полученные значения в верхнюю строку таблицы 3.6.

Таблица 3.6 – Результаты измерения передаточной характеристики ОУ

$U_{\text{вх}}, \text{ мВ}$												
$U_{\text{вых}}, \text{ В}$												
$U_{\text{вх}}, \text{ мВ}$												
$U_{\text{вых}}, \text{ В}$												

- С помощью переменного резистора R_2 задавайте на входе ОУ (клеммы 17 и 18) напряжения, указанные в первой строке таблицы 3.6 и тем же прибором измеряйте напряжение на выходе ОУ (клеммы 17 и 23). При задании напряжения на входе используйте предел измерения 200 мВ, а при измерении напряжения на выходе – 20 В. Результаты измерения занесите во вторую графу таблицы 3.6.
- Постройте график передаточной характеристики и определите напряжение смещения $U_{\text{см}}$ нуля (рисунок 3.10) и коэффициент усиления ОУ с обратной связью:

$$K_U = \frac{\Delta U_{\text{вых}}}{\Delta U_{\text{вх}}}, U_{\text{см}} = \frac{U_{\text{вых}}(0)}{K_U}.$$

- Сравните напряжение смещения с паспортным, а коэффициент усиления с теоретическим значением:

$$K_U = \frac{R_8 + R_{10} + R_{11}}{R_5}.$$

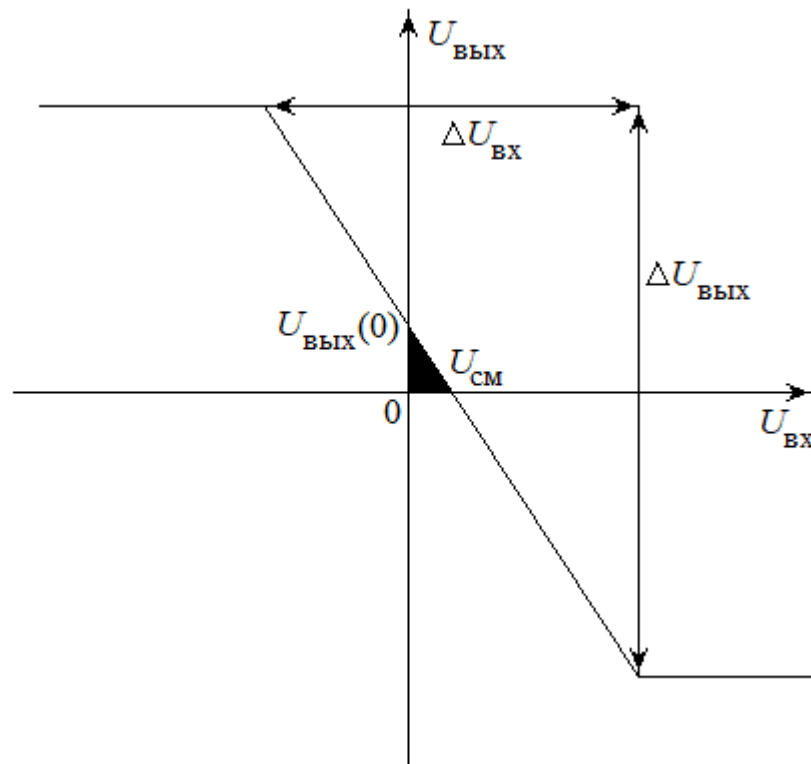


Рисунок 3.10 – Определение характеристик ОУ по графику передаточной характеристики

2. Измерение АЧХ ОУ с обратной связью

- Для снятия АЧХ ОУ с обратной связью необходимо накоротко замкнуть проводниками следующие клеммы в схеме: 13 и 24.
- Подайте гармонический сигнал с выхода генератора ГЗ-112/1 на входную пару клемм 17 и 19. Для контроля переменного напряжения на входе и выходе ОУ (клеммы 4 и 7) используйте милливольтметр ВЗ-38. Задайте величину напряжения на входе схемы $U_{ВХ} = 20$ мВ (**при задании используйте предел измерения 30 мВ и вторую шкалу прибора**) и, задавая частоту гармонического колебания на генераторе согласно таблице 3.7, измеряйте величину напряжения на выходе схемы. Результаты измерения занесите во вторую графу таблицы 3.7.

Таблица 3.7 – Результаты измерения АЧХ ОУ

f , кГц	1	5	10	50	100	500	1000	5000
$U_{ВЫХ}$, мВ								
$K_U = \frac{U_{ВЫХ}}{U_{ВХ}}$								
K_U , дБ = $20 \cdot \lg(K_U)$								

- Постройте график зависимости K_U , дБ от частоты и определите по нему частоту единичного усиления (**по уровню 0 дБ**).

3. Исследование работы простейших устройств на основе ОУ

- Для исследования работы схемы в качестве **неинвертирующего усилителя** замкните накоротко клеммы 8 и 9, а также 15 и 16; используйте в качестве входных клемм 13 и 24 (**для подачи гармонического колебания** с выхода генератора ГЗ-112/1), а в качестве выходных клемм – 4 и 7; с помощью коаксиальных кабелей подайте напряжение с выхода генератора на вход канала А, а напряжение с выхода схемы – на вход канала Б осциллографа С1-55; выставьте на генераторе частоту колебаний 5 – 8 кГц, зарисуйте осциллограммы напряжений и **убедитесь, что напряжения на входе и выходе усилителя синфазны.**
- Используя цены деления вертикальной развертки каналов А и Б определите амплитуды входного и выходного гармонических сигналов и подсчитайте коэффициент усиления такого усилителя. Рассчитайте теоретическое значение коэффициента усиления по формуле:

$$K_U = 1 + \frac{R_8 + R_{10}}{R_7}.$$

- Для исследования работы схемы в качестве **инвертирующего усилителя** замкните накоротко клеммы 8 и 9, 12 и 14, а также 13 и 24; используйте в качестве входных клемм 17 и 19 (**для подачи гармонического колебания** с выхода генератора ГЗ-112/1), а в качестве выходных клемм – 4 и 7; с помощью коаксиальных кабелей подайте напряжение с выхода генератора на вход канала А, а напряжение с выхода схемы – на вход канала Б осциллографа С1-55; выставьте на генераторе частоту колебаний 5 – 8 кГц, зарисуйте осциллограммы напряжений и **убедитесь, что напряжения на входе и выходе усилителя противофазны.**
- Используя цены деления вертикальной развертки каналов А и Б определите амплитуды входного и выходного гармонических сигналов и подсчитайте коэффициент усиления такого усилителя. Рассчитайте теоретическое значение коэффициента усиления по формуле:

$$K_U = -\frac{R_8 + R_{10}}{R_6}.$$

- Для исследования работы схемы в качестве **интегрирующего усилителя** замкните накоротко клеммы 8 и 11, 12 и 14, а также 13 и 24; используйте в качестве входных клемм 17 и 19 (**для подачи колебания прямоугольной формы** с выхода генератора ГЗ-112/1), а в качестве выходных клемм – 4 и 6; с помощью коаксиальных кабелей подайте напряжение с выхода генератора на вход канала А, а напряжение с выхода схемы – на вход канала Б осциллографа С1-55; выставьте на генераторе частоту колебаний 5 – 8 кГц, зарисуйте осциллограммы напряжений и

убедитесь, что напряжение на выходе усилителя имеет треугольную форму.

- Для исследования работы схемы в качестве **генератора гармонических колебаний** замкните накоротко клеммы 5 и 7, 8 и 10, 12 и 14, 13 и 24, а также 17 и 22; используйте в качестве клемм контроля сигнала – 4 и 6; с помощью коаксиального кабеля подайте напряжение с выхода схемы – на вход канала А осциллографа С1-55; зарисуйте осциллограмму напряжения и **убедитесь, что напряжение на выходе усилителя имеет форму, близкую к гармонической.** Измерьте по осциллограмме период и рассчитайте частоту генерируемых колебаний.

4. Выводы по полученным результатам:

- сравните полученное значение смещения (дрейфа) нуля $U_{см}$ с паспортными данными и в случае расхождения предложите возможную причину;
- сделайте вывод о зависимости коэффициента усиления ОУ с обратной связью от величин сопротивлений, включенных во входную цепь и в цепь обратной связи;
- сделайте вывод о зависимости коэффициента усиления ОУ (с обратной связью) от частоты;
- определите рабочий частотный диапазон ОУ;
- сравните измеренные и рассчитанные значения коэффициентов усиления инвертирующего и неинвертирующего усилителей;
- сделайте вывод о возможных применениях ОУ в составе радиотехнических устройств.

Контрольные вопросы

1. Что называется передаточной характеристикой? Как она выглядит для инвертирующих и неинвертирующих схем?
2. Перечислите основные аналоговые функции и ИМС их реализующие?
3. Что такое ОУ? Каково его условное графическое обозначение? Каково назначение выводов ИМС операционного усилителя?
4. Перечислите основные электрические параметры ОУ и укажите диапазоны их возможных значений в зависимости от интегрального исполнения микросхемы.
5. Дайте определение коэффициента усиления ОУ и приведите зависимость данного параметра от частоты. Что называется частотой единичного усиления?
6. Приведите схему неинвертирующего усилителя на базе ОУ и поясните, за счет каких элементов во входной цепи и цепи обратной связи выполняется заданная функция.

7. Приведите схему инвертирующего усилителя на базе ОУ и поясните, за счет каких элементов во входной цепи и цепи обратной связи выполняется заданная функция.
8. Приведите схему интегрирующего усилителя на базе ОУ и поясните, за счет каких элементов во входной цепи и цепи обратной связи выполняется заданная функция.
9. Приведите схему дифференцирующего усилителя на базе ОУ и поясните, за счет каких элементов во входной цепи и цепи обратной связи выполняется заданная функция.
10. Приведите схему логарифмирующего усилителя на базе ОУ и поясните, за счет каких элементов во входной цепи и цепи обратной связи выполняется заданная функция.
11. Приведите схему обратнологарифмирующего усилителя на базе ОУ и поясните, за счет каких элементов во входной цепи и цепи обратной связи выполняется заданная функция.
12. Приведите схему фильтра нижних частот (ФНЧ) первого порядка на базе ОУ и поясните, за счет каких элементов во входной цепи и цепи обратной связи выполняется заданная функция.
13. Приведите схему фильтра верхних частот (ФВЧ) первого порядка на базе ОУ и поясните, за счет каких элементов во входной цепи и цепи обратной связи выполняется заданная функция.
14. Приведите схему компаратора на базе ОУ и поясните, за счет каких элементов во входной цепи и цепи обратной связи выполняется заданная функция.
15. Приведите схему сумматора на базе ОУ и поясните, за счет каких элементов во входной цепи и цепи обратной связи выполняется заданная функция.
16. Приведите схему генератора гармонического сигнала на базе ОУ и поясните, за счет каких элементов во входной цепи и цепи обратной связи выполняется заданная функция.
17. Как, используя указанные выше схемы на базе ОУ, построить перемножитель двух сигналов?
18. Как, используя указанные выше схемы на базе ОУ, построить делитель двух сигналов? В чем будет его недостаток?

3.1.4 Задания для контрольной работы студентов заочной формы обучения

Данная контрольная работа состоит из 3 заданий, выбираемых из методических указаний:

- Коротей Е. В., Власова К. В. Материалы и элементная база радиоэлектроники: метод. указания с контрольными заданиями для студентов высших учебных заведений по специальности «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования» заочной формы обучения. – Калининград: БГАРФ 2014 г. – 38 с.

Номер варианта задания определяется ведущим преподавателем.

3.1.5 Задания для СР по теме «Классификация интегральных схем иностранного производства» (только для очной формы обучения)

Конспект по данной теме должен в полной мере раскрывать следующие частные вопросы:

- Маркировка интегральных микросхем зарубежного производства.
- Неразрушающие методы контроля надежности интегральных микросхем.

3.1.6 Задания для СР по теме «Технологические основы микроэлектроники» (только для очной формы обучения)

Конспект по данной теме должен в полной мере раскрывать следующие частные вопросы:

- Методы контроля качества эпитаксиальных структур.
- Методы контроля качества диэлектрических пленок.
- Методы контроля качества диффузионных и ионно-легированных слоев.

3.1.7 Задания для СР по теме «Элементы интегральных схем» (только для очной формы обучения)

Конспект по данной теме должен в полной мере раскрывать следующие частные вопросы:

- Расчет усилительных и частотных свойств биполярных транзисторов.
- МНОП транзисторы и их применение в составе микросхем памяти.
- Комбинированные методы изоляции элементов интегральных схем: изоляция V и U канавками, изопланар.

3.1.8 Задания для СР по теме «Применение интегральных микросхем в современной РЭА» (только для очной формы обучения)

Конспект по данной теме должен в полной мере раскрывать следующие частные вопросы:

- ПЛИС: структура и области применения.

3.1.9 Задания для СР по теме «Основы нанoeлектроники» (только для очной формы обучения)

Конспект по данной теме должен в полной мере раскрывать следующие частные вопросы:

- Перспективы развития нанoeлектроники.

3.1.10 Задания для СР по теме «Интегральные микросхемы и их классификация» (только для заочной формы обучения)

Конспект по данной теме должен в полной мере раскрывать следующие частные вопросы:

- Классификация интегральных микросхем.
- Маркировка интегральных микросхем зарубежного производства.

- Неразрушающие методы контроля надежности интегральных микросхем.

3.1.11 Задания для СР по теме «Технологические основы микроэлектроники» (только для заочной формы обучения)

Конспект по данной теме должен в полной мере раскрывать следующие частные вопросы:

- Методы выращивания монокристаллов вытягиванием из расплава.
- Метод эпитаксиального наращивания слоев: понятие и виды эпитаксии, используемые материалы, методы контроля качества эпитаксиальных структур.
- Защитные диэлектрические пленки: требования к пленкам, методы выращивания, применяемое оборудование.
- Методы нанесения тонких пленок: термическое напыление, ионно-плазменное напыление, электрохимическое осаждение, (применяемое оборудование, достоинства и недостатки методов).
- Легирование полупроводников: методы диффузии и ионной имплантации, методы контроля качества диффузионных и ионно-легированных слоев.
- Литография: назначение и виды литографии, применяемое оборудование, достоинства и недостатки.
- Металлизация и сборочные операции в технологическом процессе создания интегральных микросхем.

3.1.12 Задания для СР по теме «Элементы интегральных схем» (только для заочной формы обучения)

Конспект по данной теме должен в полной мере раскрывать следующие частные вопросы:

- Ионно-легированные резисторы: структура, основные параметры, достоинства и недостатки по сравнению с диффузионными.
- МОП конденсаторы: структура, основные параметры, достоинства и недостатки по сравнению с диффузионными.
- Элементы пленочных ИМС: структура и расчет основных параметров пленочных катушек индуктивности.
- Расчет усилительных и частотных свойств биполярных транзисторов.
- МНОП транзисторы и их применение в составе микросхем памяти.
- Интегральные стабилитроны: принципы построения, основные параметры.
- Комбинированные методы изоляции элементов интегральных схем: изоляция V и U канавками, изопланар.

3.1.13 Задания для СР по теме «Применение интегральных микросхем в современной РЭА» (только для заочной формы обучения)

Конспект по данной теме должен в полной мере раскрывать следующие частные вопросы:

- Интегральные логические элементы: схемы построения элементов транзисторной логики, выполняемые ими логические функции, основные параметры.
- Интегральные триггеры: классификация, достоинства и недостатки, применение триггеров для построения устройств цифровой техники.
- ПЛИС: структура и области применения.
- Применение операционного усилителя для построения аналоговых функциональных схем: повторитель напряжения, сумматор, инвертирующий и неинвертирующий, дифференцирующий и интегрирующий, логарифмирующий усилители, активные фильтры.
- Компараторы напряжений: назначение, классификация, принцип действия, области применения.
- Аналоговые перемножители сигналов: назначение, классификация, принцип действия, области применения.
- Коммутаторы аналоговых и цифровых сигналов: назначение, классификация, принцип действия, области применения.

3.1.14 Задания для СР по теме «Основы нанoeлектроники» (только для заочной формы обучения)

Конспект по данной теме должен в полной мере раскрывать следующие частные вопросы:

- Наноматериалы и их свойства: графен, фуллерен, углеродные нанотрубки.
- Перспективы развития нанoeлектроники.

3.2 Методические материалы, определяющие процедуры использования оценочных средств

Изучение дисциплины «Материалы и элементная база радиоэлектроники» сопровождается рейтинговой системой контроля знаний обучающихся.

Рейтинговая система контроля и оценки знаний обучающихся – это комплекс учебных, организационных и методических мероприятий, направленных на обеспечение систематической творческой работы курсантов (студентов), повышение самостоятельности и самостоятельности учебы. Она обеспечивает реализацию принципов обратной связи в процессе учебы и включает в себя:

1. схему контрольных мероприятий;
2. критерии оценки знаний, умений и навыков.

Максимальное количество баллов (рейтинг), которое может получить курсант, определяется количеством часов, отводимых на изучение данной дисциплины – 144.

Схема контрольных мероприятий для курсантов очной формы обучения приведена в таблицах 3.8 – 3.9.

Таблица 3.8 – Схема контрольных мероприятий для курсантов очной формы обучения

Этапы контрольных мероприятий	Вид контрольного мероприятия					
	ЛР	СР	Посещение занятий	Компонент своевременности	Зачет с оценкой	Итого
ТК1*	15	–	2	2	–	19
ТК2	15	–	2	2	–	19
ТК3	15	–	2	2	–	19
ТК4	–	10	–	2	–	12
ТК5	–	10	–	2	–	12
ТК6	–	10	–	2	–	12
ТК7	–	10	–	2	–	12
ТК8	–	10	–	2	–	12
ПА	–	–	–	–	27	27
Итого	45	50	6	16	27	144

*ТК – текущий контроль, включающий выполнение и защиту лабораторных работ (ТК1 – ТК3); проработку тем, вынесенных на самостоятельное изучение (ТК4 – ТК8); ПА – промежуточная аттестация по ОП, включающая сдачу зачета с оценкой по дисциплине в 4 семестре.

Таблица 3.9 – Соответствие рейтинговых баллов и оценки по 4-х балльной шкале

Этапы контроля	Оценка			
	неудовлетв.	удовлетв.	хорошо	отлично
ТК-1	0-6	7-9	10-12	13-15
ТК-2	0-6	7-9	10-12	13-15
ТК-3	0-6	7-9	10-12	13-15
ТК-4	0-4	5-6	7-8	9-10
ТК-5	0-4	5-6	7-8	9-10
ТК-6	0-4	5-6	7-8	9-10
ТК-7	0-4	5-6	7-8	9-10
ТК-8	0-4	5-6	7-8	9-10
Посещение занятий	0-1	2-3	4-5	6
Своевременность сдачи	0-8	9-12	13-14	15-16
ИТОГО до ПА	0-56	57-74	75-104	105-117
ПА	0-12	13-17	18-22	23-27
ИТОГО	0-68	69-91	92-126	127-144

Схема контрольных мероприятий для студентов заочной формы обучения приведена в таблицах 3.10 – 3.11.

Таблица 3.10 – Схема контрольных мероприятий для студентов заочной формы обучения

Этапы контрольных мероприятий	Вид контрольного мероприятия						
	ЛР	СР	К/р	Посещение занятий	Компонент своевременности	Зачет с оценкой	Итого
ТК1*	15	–	–	2	2	–	19
ТК2	15	–	–	2	2	–	19
ТК3	–	–	17	–	2	–	19
ТК4	–	10	–	–	2	–	12
ТК5	–	10	–	–	2	–	12
ТК6	–	10	–	–	2	–	12
ТК7	–	10	–	–	2	–	12
ТК8	–	10	–	–	2	–	12
ПА	–	–	–	–	–	27	27
Итого	30	50	17	4	16	27	144

*ТК – текущий контроль, включающий выполнение и защиту лабораторных работ (ТК1 – ТК2); выполнение и защиту контрольной работы (ТК3); проработку тем, вынесенных на самостоятельное изучение (ТК4 – ТК8); ПА – промежуточная аттестация по ОП, включающая сдачу зачета с оценкой по дисциплине в 3 сессию 3 курса для студентов заочной формы обучения.

Таблица 3.11 – Соответствие рейтинговых баллов и оценки по 4-х балльной шкале для студентов заочной формы обучения

Этапы контроля	Оценка			
	неудовлетв.	удовлетв.	хорошо	отлично
ТК-1	0-6	7-9	10-12	13-15
ТК-2	0-6	7-9	10-12	13-15
ТК-3	0-8	9-11	12-14	15-17
ТК-4	0-4	5-6	7-8	9-10
ТК-5	0-4	5-6	7-8	9-10
ТК-6	0-4	5-6	7-8	9-10
ТК-7	0-4	5-6	7-8	9-10
ТК-8	0-4	5-6	7-8	9-10
Посещение занятий	0-1	2	3	4
Своевременность сдачи	0-8	9-12	13-14	15-16
ИТОГО до ПА	0-58	59-82	83-104	105-117
ПА	0-12	13-17	18-22	23-27
ИТОГО	0-70	71-99	100-126	127-144

Критерии выставления оценок за лабораторные работы

Оценка «**отлично**» выставляется, если курсант (студент) показал глубокие знания и понимание программного материала по теме лабораторной работы, умело увязывает лекционный материал с практикой, грамотно и логично строит ответ на контрольные вопросы.

Оценка «**хорошо**» выставляется, если курсант (студент) твердо знает программный материал по теме лабораторной работы, грамотно его излагает,

не допускает существенных неточностей в ответе на контрольные вопросы. Правильно применяет полученные знания при решении практических вопросов.

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется, если курсант (студент) имеет знания только основного материала по поставленным контрольным вопросам, но не усвоил его деталей, для принятия правильного решения требует наводящих вопросов, допускает отдельные неточности или недостаточно четко излагает учебный материал по теме лабораторной работы.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется, если курсант (студент) допускает грубые ошибки в ответе на контрольные вопросы, не может применять полученные знания на практике.

Критерии выставления оценок за самостоятельную работу

Оценка **«отлично»** выставляется, если курсант (студент) показал глубину проработки темы самостоятельной работы, умело привязывает материал к области практического применения и показал высокий уровень освоения изложенного материала.

Оценка **«хорошо»** выставляется, если курсант (студент) показал глубину проработки темы самостоятельной работы, умело привязывает материал к области практического применения, показал достаточно высокий уровень освоения изложенного материала, однако при оформлении конспекта допускает немногочисленные ошибки в структурах элементов интегральных микросхем и схемах устройств, применяемых в технологическом цикле, и при записи основных выражений.

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется, если курсант (студент) показал глубину проработки темы самостоятельной работы, показал удовлетворительный уровень освоения изложенного материала, однако не увязывает изложенный материал с областью практического применения, при оформлении конспекта допускает грубые ошибки в структурах элементов интегральных микросхем и схемах устройств, применяемых в технологическом цикле, и при записи основных выражений.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется, если курсант (студент) провел поверхностное изучение темы самостоятельной работы, показал неудовлетворительный уровень освоения изложенного материала, не увязывает изложенный материал с областью практического применения, при оформлении конспекта допускает грубые ошибки в структурах элементов интегральных микросхем и схемах устройств, применяемых в технологическом цикле, и при записи основных выражений.

Критерии выставления оценок за контрольную работу

Оценка **«отлично»** выставляется студенту, если он выполнил контрольную работу согласно предъявляемым требованиям, в полном объеме, без ошибок, своевременно. При защите правильно отвечает на все поставленные вопросы.

Оценка **«хорошо»** выставляется студенту, если он выполнил контрольную работу согласно предъявляемым требованиям, в полном объеме, с небольшими корректировками, своевременно. При защите правильно отвечает на большинство поставленных вопросов.

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется студенту, если он выполнил контрольную работу согласно предъявляемым требованиям, в полном объеме, с ошибками, проявил недостаточную пунктуальность в сроках сдачи. При защите дает правильные ответы только на вопросы, связанные с понятийным аппаратом дисциплины.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется студенту, если не выполнены требования критериев удовлетворительной оценки.

Критерии выставления оценок за зачет с оценкой

Если суммарный рейтинговый балл, набранный курсантом (студентом) за этапы контрольных мероприятий, предшествующих ПА, соответствует категории **«отлично»**, то курсант (студент) может быть освобожден от сдачи зачета с выставлением ему оценки **«отлично»**.

Если суммарный рейтинговый балл, набранный курсантом (студентом) за этапы контрольных мероприятий, предшествующих ПА, соответствует категории **«хорошо»**, то курсант (студент) может быть освобожден от сдачи зачета с выставлением ему оценки **«хорошо»**, либо проходит ПА с целью повышения оценки до **«отлично»**.

Если суммарный рейтинговый балл, набранный курсантом (студентом) за этапы контрольных мероприятий, предшествующих ПА, соответствует категории **«удовлетворительно»**, то курсант (студент) проходит ПА на общих основаниях.

Если суммарный рейтинговый балл, набранный курсантом (студентом) за этапы контрольных мероприятий, предшествующих ПА, соответствует категории **«неудовлетворительно»**, то курсант (студент) проходит ПА на следующих основаниях:

1) при условии положительного результата прохождения ПА курсанту (студенту) выставляется оценка **«удовлетворительно»**, если курсант дополнительно дает ответы соответствующего уровня на контрольные вопросы и задания по тем этапам контроля, по которым имеет неудовлетворительную оценку (кроме контрольной работы);

2) при условии положительного результата прохождения ПА курсанту (студенту) выставляется оценка **«хорошо»** или **«отлично»**, если курсант (студент) дополнительно дает ответы соответствующего уровня на

контрольные вопросы и задания по тем этапам контроля, по которым имеет оценку **«удовлетворительно»** или **«неудовлетворительно»** (кроме контрольной работы).

Зачет проводится в форме теста, содержащего 30 вопросов с четырьмя вариантами ответов, один из которых является верным. Перечень тестовых вопросов максимально охватывает разделы дисциплины и приведен в параграфе 4.2 данного документа.

Оценка **«отлично»** за тест выставляется, если число верных ответов составляет 25-30.

Оценка **«хорошо»** за тест выставляется, если число верных ответов составляет 19-24.

Оценка **«удовлетворительно»** за тест выставляется, если число верных ответов составляет 15-18.

Оценка **«неудовлетворительно»** за тест выставляется, если число верных ответов составляет 0-14.

При отрицательном результате выполнения тестовых заданий (оценка **«неудовлетворительно»**), по желанию обучающегося, может быть проведена беседа по темам дисциплины в соответствии с утвержденным перечнем вопросов, выданным курсантам (студентам) не позднее 1 месяца перед сессией. В параграфе 4.1 данного документа приведен примерный перечень вопросов.

Итоговая оценка за зачет по результатам беседы выводится по четырем частным оценкам (по одной за каждый из вопросов по разделам 2, 3, 4 и 5 дисциплины) как среднее арифметическое с округлением в меньшую или большую сторону в зависимости от дробной части.

При ответе на вопросы:

Оценка **«отлично»** выставляется, если курсант (студент) показал глубокие знания и понимание программного материала по поставленному вопросу, умело увязывает его с практикой, грамотно и отлично строит ответ, быстро принимает оптимальные решения при решении практических вопросов.

Оценка **«хорошо»** выставляется, если курсант (студент) твердо знает программный материал, грамотно его излагает, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет полученные знания при решении практических вопросов.

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется, если курсант (студент) имеет знания только основного материала по поставленному вопросу, но не усвоил деталей, требует в отдельных случаях наводящего вопроса для принятия правильного решения, допускает отдельные неточности.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется, если курсант (студент) допускает грубые ошибки в ответе на поставленный вопрос, не может применить полученные знания на практике.

4 ТИПОВЫЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

4.1 Вопросы к зачету с оценкой

1. Понятие интегральной схемы (ИС). Классификация интегральных схем.
2. Особенности интегральных схем. Маркировка интегральных схем.
3. Надежность интегральных схем: причины отказов, методы оценки надежности.
4. Методы выращивания и обработки полупроводниковых монокристаллов.
5. Метод эпитаксиального наращивания слоев: назначение, характеристика процесса, разновидности.
6. Методы контроля качества эпитаксиальных структур.
7. Термическое окисление: получение защитных пленок, их функции и предъявляемые к ним требования.
8. Легирование полупроводников путем диффузии: виды примесей, способы проведения диффузии, дефекты.
9. Легирование полупроводников методом ионной имплантации и атомами отдачи, каскадное перемешивание.
10. Методы контроля качества диффузионных и ионно-имплантированных структур.
11. Травление: назначение и разновидности.
12. Процесс литографии: назначение, разновидности, ограничения в применении.
13. Методы нанесения тонких пленок: термическое напыление, катодное напыление, ионно-плазменное напыление, анодирование, электрохимическое осаждение.
14. Металлизация: назначение, характеристика процесса, многослойная разводка, проблема омических контактов и ее решение.
15. Сборочные операции: разделение пластины на отдельные кристаллы, посадка на ножку, термокомпрессия, корпусирование.
16. Сравнительная оценка способов изоляции элементов интегральных схем (р-п-переходом, диэлектриком, комбинированные способы).
17. Транзисторы п-р-п: рабочие и паразитные параметры, типовой технологический цикл, разновидности (многоэмиттерный, многоколлекторный, с барьером Шоттки, супербета).
18. Транзисторы р-п-р: структурные варианты, их достоинства и недостатки.
19. Интегральные диоды: способы создания, основные параметры и их типовые значения.
20. Полевой транзистор: типовые структуры, способы создания, достоинства и недостатки.
21. МДП-транзисторы: МОП, КМОП и МНОП-транзисторы (структура, способы создания, области применения).
22. Полупроводниковые резисторы: диффузионные, ионно-легированные (структура, способы создания, основные параметры и их типовые значения).

23. Полупроводниковые конденсаторы: диффузионный, МОП-конденсатор (структура, способы создания, основные параметры и их типовые значения).
24. Элементы пленочных интегральных схем: резисторы, конденсаторы, катушки индуктивности (структура, способы создания, основные параметры и их типовые значения). Технология тонкопленочных и толстопленочных гибридных ИС.
25. Принципы построения логических элементов на биполярных транзисторах (транзисторные логики и выполняемые ими функции).
26. Принципы построения логических элементов на МДП-транзисторах (транзисторные логики и выполняемые ими функции).
27. Разновидности логических элементов. Параметры логических элементов.
28. Интегральные триггеры (назначение, принципы построения, основные параметры и области применения)
29. Запоминающие устройства (назначение, принципы построения, основные параметры и области применения).
30. Большие и сверхбольшие интегральные схемы: ПЛИМ (структура и области применения).
31. Большие и сверхбольшие интегральные схемы: ПЛИС (структура и области применения).
32. Аналоговые интегральные схемы: разновидности, назначение, основные характеристики.
33. Операционный усилитель (принцип построения, назначение выводов, основные параметры и их типовые значения).
34. Применение операционного усилителя для построения аналоговых функциональных схем: повторитель напряжения, сумматор.
35. Применение операционного усилителя для построения аналоговых функциональных схем: инвертирующий и неинвертирующий усилители.
36. Применение операционного усилителя для построения аналоговых функциональных схем: дифференцирующий и интегрирующий усилители.
37. Применение операционного усилителя для построения аналоговых функциональных схем: логарифмирующий усилитель, активные фильтры.
38. Компараторы напряжений: назначение, классификация, принцип действия, области применения.
39. Аналоговые перемножители сигналов: назначение, классификация, принцип действия, области применения.
40. Коммутаторы аналоговых и цифровых сигналов: назначение, классификация, принцип действия, области применения.

4.2 Перечень типовых тестовых заданий

1.	<p>В полупроводниковой интегральной микросхеме:</p> <ul style="list-style-type: none">▪ используется комбинация пленочных пассивных элементов и навесных активных компонентов;▪ все элементы выполнены в приповерхностном слое полупроводниковой подложки;▪ все элементы выполнены в виде разного рода пленок, нанесенных на поверхность диэлектрической подложки;▪ активные элементы выполнены в приповерхностном слое полупроводникового кристалла, а пассивные – нанесены в виде пленок на предварительно изолированную поверхность того же кристалла.
2.	<p>В пленочной интегральной микросхеме:</p> <ul style="list-style-type: none">▪ все элементы выполнены в приповерхностном слое полупроводниковой подложки;▪ активные элементы выполнены в приповерхностном слое полупроводникового кристалла, а пассивные – нанесены в виде пленок на предварительно изолированную поверхность того же кристалла;▪ используется комбинация пленочных пассивных элементов и навесных активных компонентов;▪ все элементы выполнены в виде разного рода пленок, нанесенных на поверхность диэлектрической подложки.
3.	<p>Гибридная интегральная микросхема состоит из:</p> <ul style="list-style-type: none">▪ активных элементов, выполненных в приповерхностном слое полупроводникового кристалла, и пассивных, нанесенных в виде пленок на предварительно изолированную поверхность того же кристалла;▪ элементов, выполненных в виде разного рода пленок, нанесенных на поверхность диэлектрической подложки;▪ пленочных пассивных элементов и навесных активных компонентов;▪ элементов, выполненных в приповерхностном слое полупроводниковой подложки.
4.	<p>В совмещенной интегральной микросхеме:</p> <ul style="list-style-type: none">▪ активные элементы выполнены в приповерхностном слое полупроводникового кристалла, а пассивные – нанесены в виде пленок на предварительно изолированную поверхность того же кристалла;▪ пассивные элементы – пленочные, а активные компоненты - навесные;▪ все элементы выполнены в приповерхностном слое полупроводниковой подложки;▪ элементы выполнены в виде разного рода пленок, нанесенных на поверхность диэлектрической подложки.

5.	<p>Термин «эпитаксия» означает:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ диффузию атомов примеси в подложку; ▪ процесс ориентированного наращивания кристаллов на поверхности кристаллов; ▪ очистку поверхности подложки от загрязнений органическими веществами; ▪ термическое окисление подложки.
6.	<p>Выберите ложное утверждение:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ защитные диэлектрические пленки выполняют функцию защиты поверхности подложки; ▪ защитные диэлектрические пленки выполняют функцию маски, через окна которой вводятся необходимые примеси; ▪ защитные диэлектрические пленки обеспечивают высокую удельную проводимость на поверхности подложки; ▪ защитные диэлектрические пленки выполняют функцию тонкого диэлектрика под затвором МОП-транзистора.
7.	<p>Термин «легирование» означает:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ процесс ориентированного наращивания кристаллов на поверхности кристаллов; ▪ внедрение примесей в исходную пластину; ▪ процесс образования на поверхности подложки с помощью светочувствительных материалов локальных защитных участков пленки; ▪ термическое окисление подложки.
8.	<p>Что из предложенного относится к способам изоляции элементов ИМС: изоляция обратным смещенным р-п-переходом, изоляция диэлектриком, воздушная, керамическая, изопланарная технология?</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ только изоляция р-п-переходом и диэлектриком; ▪ все, кроме керамической изоляции; ▪ все, кроме воздушной изоляции; ▪ все пять способов.
9.	<p>В чем преимущество изоляции диэлектриком перед изоляцией р-п-переходом?</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ при комнатной температуре токи утечки в диэлектрике на несколько порядков меньше обратных токов р-п-переходов; ▪ изоляция диэлектриком лучше вписывается в общий технологический цикл биполярных ИМС; ▪ изоляция диэлектриком обеспечивает большую паразитную емкость, чем при изоляции р-п-переходом; ▪ в отличие от изоляции р-п-переходом, изоляция диэлектриком не приводит к рельефности поверхности, затрудняющей осуществление металлической разводки.

10.	<p>Напряжение пробоя какого из р-п-переходов интегрального транзистора (эмиттерного или коллекторного) больше и почему?</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ эмиттерного, так как он образован более высокоомными слоями; ▪ коллекторного, так как он образован более низкоомными слоями; ▪ эмиттерного, так как он образован более низкоомными слоями; ▪ коллекторного, так как он образован более высокоомными слоями.
11.	<p>Что из предложенного относится к разновидностям интегральных п-р-п-транзисторов: многоэмиттерный транзистор, многоколлекторный транзистор, транзистор с барьером Шоттки, супербета транзистор, МДП транзистор?</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ все, кроме МДП транзистора; ▪ все, кроме многоколлекторного транзистора; ▪ все, кроме транзистора с барьером Шоттки; ▪ все, кроме супербета транзистора.
12.	<p>Быстродействие какой из разновидности биполярных транзисторов (п-р-п или р-п-р) выше и почему?</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ п-р-п, так как подвижность основных носителей в нем (дырок) больше, чем подвижность основных носителей в структуре р-п-р (электронов); ▪ р-п-р, так как подвижность основных носителей в нем (дырок) больше, чем подвижность основных носителей в структуре п-р-п (электронов); ▪ п-р-п, так как подвижность основных носителей в нем (электронов) больше, чем подвижность основных носителей в структуре р-п-р (дырок); ▪ р-п-р, так как подвижность основных носителей в нем (электронов) больше, чем подвижность основных носителей в структуре п-р-п (дырок).
13.	<p>Что из предложенного относится к паразитным параметрам интегральных биполярных транзисторов?</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ пробивное напряжение; ▪ коэффициент усиления; ▪ предельная частота; ▪ барьерная емкость перехода коллектор-подложка.
14.	<p>В чем преимущество супербета транзистора?</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ в большом коэффициенте усиления; ▪ в большом пробивном напряжении; ▪ в его универсальности как элемента ИМС; ▪ в относительно большой ширине базы.
15.	<p>Какое диодное включения биполярного транзистора не используется: БК-Э, Б-Э, БЭ-К, Б-К, Б-ЭК, Э-К?</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ БК-Э; ▪ БЭ-К; ▪ Б-ЭК; ▪ Э-К.

16.	<p>При каком диодном включении биполярного интегрального транзистора емкость диода максимальна?</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Б-ЭК; ▪ Б-К; ▪ БК-Э; ▪ Б-Э.
17.	<p>Преимущество МОП-транзистора перед биполярным в том, что: а) простота изготовления; б) повышенная степень интеграции из-за отсутствия изолирующих карманов; в) отсутствие изоляции делает подложку общим электродом для всех МОП-транзисторов.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ а), б); ▪ только а); ▪ только б); ▪ все три.
18.	<p>Что из предложенного относится к способам создания КМОП-транзисторов: использование изолирующих карманов, технология кремний на сапфире (КНС), ионное легирование?</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ только использование изолирующих карманов; ▪ ионное легирование; ▪ первые два способа; ▪ только КНС-технология.
19.	<p>Какие из предложенных методов позволяют повысить быстродействие МОП-транзисторов: а) использование технологии самосовмещенных затворов; б) использование метода двойной диффузии с целью уменьшения длины канала; в) переход к n-канальным транзисторам?</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ только а); ▪ все три метода; ▪ только б); ▪ только в).
20.	<p>Какие из предложенных методов позволяют снизить пороговое напряжение МОП-транзистора: а) использование кремниевых затворов; б) замена тонкого подзатворного окисла SiO_2 на слой нитрида кремния Si_3N_4; в) переход от диффузии к ионному легированию?</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ а), б), и в); ▪ а) и б); ▪ б) и в); ▪ в) и г).
21.	<p>Каково главное преимущество МНОП-транзистора: а) большой коэффициент усиления; б) малое пороговое напряжение; в) высокое быстродействие; г) способность сохранять пороговое напряжение в течение большого промежутка времени?</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ а); ▪ б); ▪ в); ▪ г).

22.	<p>Где применяются МНОП-транзисторы?</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ в интегральных запоминающих устройствах; ▪ во входных каскадах операционных усилителей; ▪ в качестве усилительного элемента; ▪ в цифровых логических элементах.
23.	<p>Поверхностное сопротивление участка диффузионного базового слоя резистора размером 1 мм на 1 мм составляет 100 Ом. Чему равно поверхностное сопротивление участка того же самого диффузионного базового слоя с размерами 1 мм на 4 мм?</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 100 Ом; ▪ 200 Ом; ▪ 400 Ом; ▪ 25 Ом.
24.	<p>Какой диффузионный резистор обладает наибольшим сопротивлением при прочих равных условиях: на основе базового слоя; на основе эмиттерного слоя; на основе базового слоя под эмиттерным слоем; на основе коллекторного слоя?</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ на основе базового слоя; ▪ на основе эмиттерного слоя; ▪ на основе базового слоя под эмиттерным слоем; ▪ на основе коллекторного слоя.
25.	<p>С какой целью применяется зигзагообразная конфигурация диффузионного резистора?</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ для уменьшения паразитной емкости; ▪ для увеличения граничной частоты функционирования; ▪ для увеличения сопротивления; ▪ для увеличения пробивного напряжения.
26.	<p>В чем главное преимущество МОП-конденсатора перед диффузионным конденсатором?</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ возможность работы при любой полярности напряжения; ▪ линейность; ▪ большие значения удельной емкости; ▪ большие значения пробивного напряжения.
27.	<p>Как изменяется добротность диффузионного конденсатора с ростом частоты?</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ растет; ▪ уменьшается; ▪ на низких частотах растет, а на высоких – уменьшается; ▪ на низких частотах уменьшается, а на высоких – растет.

28.	<p>Что из предложенного относится к преимуществам пленочных резисторов перед диффузионными резисторами: а) более широкий диапазон сопротивлений; б) более высокая прецизионность и стабильность; в) возможность подгонки сопротивлений; г) меньший разброс и ТКС для отношения двух сопротивлений, чем для отдельно взятого сопротивления?</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ все четыре; ▪ только а); ▪ а) и б); ▪ все, кроме г).
29.	<p>Емкость пленочного конденсатора выше емкости МОП-конденсатора из-за: а) более высокой удельной емкости; б) большей площади обкладок; в) большей толщины диэлектрика?</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ а) и б); ▪ только а); ▪ только б); ▪ а), б) и в).
30.	<p>В чем главное преимущество пленочной катушки индуктивности с прямоугольной конфигурацией перед пленочной катушкой индуктивности с круглой конфигурацией тех же размеров?</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ в значительно большей индуктивности; ▪ в значительно большей добротности; ▪ в технологической простоте; ▪ в большей удельной индуктивности.

Формат сведений о ФОС и его согласовании

Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине представляет собой приложение к рабочей программе дисциплины

«Материалы и элементная база радиоэлектроники»

(наименование дисциплины)

образовательной программы специалитета по направлению подготовки (по специальности) специалитета по специальности 25.05.03 Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования и специализациям 25.05.03 «Техническая эксплуатация и ремонт радиооборудования промышленного флота», 25.05.03 «Инфокоммуникационные системы на транспорте и их информационная защита» и соответствует учебному плану, утвержденному 31 января 2018 г. и действующему для курсантов (студентов), принятых на первый курс, начиная с 2013 г.

Автор (ы) фонда – доцент кафедры ТОР Коротей Коротей Е.В.

Фонд оценочных средств рассмотрен и одобрен на заседании кафедры теоретических основ радиотехники

(протокол № 10 от 20 июня 2018 г.)

И. о. заведующего кафедрой Коротей /Е.В. Коротей/

Фонд оценочных средств рассмотрен и одобрен на заседании методической комиссии радиотехнического факультета

(протокол № 6 от 27 июня 2018 г.)

Председатель методической комиссии Жестовский /А. Г. Жестовский/

Согласовано
начальник отдела
мониторинга и контроля

Борисевич /Ю. В. Борисевич/