



Федеральное агентство по рыболовству
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»
(ФГБОУ ВО «КГТУ»)
Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота

УТВЕРЖДАЮ
Начальник УРОПС

Фонд оценочных средств
(приложение к рабочей программе дисциплины)

«МАТЕРИАЛЫ И ЭЛЕМЕНТНАЯ БАЗА РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»

основной профессиональной образовательной программы специалитета
по специальности

**25.05.03 ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТРАНСПОРТНОГО
РАДИООБОРУДОВАНИЯ**

Специализации программы

**«ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ РАДИООБОРУДОВАНИЯ
ПРОМЫСЛОВОГО ФЛОТА»**

**«ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ
НА ТРАНСПОРТЕ И ИХ ИНФОРМАЦИОННАЯ ЗАЩИТА»**

ИНСТИТУТ

Морской

РАЗРАБОТЧИК

Кафедра судовых радиотехнических систем

1 РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 1 – Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными индикаторами достижения компетенций

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Дисциплина	Результаты обучения (владения, умения и знания), соотнесенные с компетенциями/индикаторам и достижения компетенции
<p>ПК-6: Способен осуществлять проведение экспериментальных разработок и исследований при модернизации составных частей радиоэлектронных средств различного назначения.</p>	<p>ПК-6.1: Выбор элементной базы для разработки схемных решений составных частей радиоэлектронных средств;</p> <p>ПК-6.6: Сбор и анализ информации по технологическим решениям элементной базы в микросхемном исполнении.</p>	<p>Материалы и элементная база радиоэлектроники</p>	<p><u>Знать:</u> - разновидности интегральных схем; основные характеристики и области применения цифровых и аналоговых интегральных схем; условные обозначения микросхем отечественного и зарубежного производства;</p> <p>- виды материалов, применяемых в производстве интегральных схем, и их свойства; технологический цикл производства интегральных микросхем и их элементов, а также методы контроля качества изделия на различных этапах технологического цикла.</p> <p><u>Уметь:</u> - производить выбор контрольно-измерительной аппаратуры для проверки работоспособности цифровых и аналоговых интегральных микросхем;</p> <p>- 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.</p> <p><u>Владеть:</u> - навыками экспери-</p>

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Дисциплина	Результаты обучения (владения, умения и знания), соотнесенные с компетенциями/индикаторам и достижения компетенции
			ментального определения технических характеристик цифровых и аналоговых интегральных микросхем; - навыками расчета основных параметров элементов интегральных микросхем по заданным конструктивным параметрам и электрическим характеристикам используемых материалов.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПОЭТАПНОГО ФОРМИРОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ) И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

2.1 Для оценки результатов освоения дисциплины используются:

- оценочные средства текущего контроля успеваемости;
- оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине.

2.2 К оценочным средствам текущего контроля успеваемости относятся:

- контрольные вопросы по изучаемым темам дисциплины;
- тестовые задания;
- задания и контрольные вопросы по лабораторным работам.

2.3 К оценочным средствам для промежуточной аттестации по дисциплине, проводимой в форме дифференцированного зачета, относятся:

- задания по контрольной работе;
- контрольные вопросы по дисциплине.

3 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ

3.1 Контрольные вопросы и тестовые задания

Контрольные вопросы и тестовые задания предназначены для оценки в рамках текущего контроля успеваемости знаний, приобретенных обучающимся на лекционных занятиях и для измерения соответствующих индикаторов достижения компетенции.

3.1.1. Содержание оценочных средств

Контрольные вопросы сгруппированы в блоки по темам. Перечень наименований блоков контрольных вопросов и тестовых заданий представлен ниже с указанием измеряемого индикатора, а содержательная часть блоков представлена в **Приложении 1**.

1. Блок 1. «Введение».

2. Блок 2. «Интегральные микросхемы и их классификация».
3. Блок 3. «Технологические основы микроэлектроники».
4. Блок 4. «Элементы интегральных схем».
5. Блок 5. «Применение интегральных микросхем в современной РЭА».
6. Блок 6. «Основы наноэлектроники РЭА».

Три варианта тестов приведены в **Приложении 2**.

3.1.2. Методические материалы, определяющие процедуры использования оценочных средств

Отдельные вопросы из блоков контрольных вопросов по изучаемым темам используются выборочно для контроля степени усвоения курсантами/студентами пройденного лекционного материала по той или иной теме и относятся к вопросам открытого типа.

Блоки тестовых заданий являются обязательными к исполнению перед предстоящей промежуточной аттестацией, а их результаты рассматриваются в качестве составной части допуска к зачету с оценкой по дисциплине.

Шкала оценивания результатов выполнения тестовых заданий основана на четырехбалльной системе. Оценка за выполнение теста определяется количеством правильно выполненных заданий, выраженным в процентном отношении.

Оценка **«отлично»** выставляется при правильном выполнении не менее 90% заданий.

Оценка **«хорошо»** выставляется при правильном выполнении не менее 80% заданий.

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется при правильном выполнении не менее 70% заданий.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется при правильном выполнении менее 70% заданий.

Результаты измерений индикатора считаются положительными при правильном выполнении не менее 70% заданий.

3.2 Задания и контрольные вопросы по лабораторным работам

3.2.1. Содержание оценочных средств

Блок лабораторных работ представлен 3 лабораторными работами с указанием учебной цели и измеряемого индикатора. Задания и контрольные вопросы к лабораторным работам приведены в **Приложении 3**.

Лабораторная работа 1. «Изучение элементной базы, топологии и конструкции гибридных и полупроводниковых интегральных микросхем».

Учебная цель: изучить конструкции и топологии гибридных (ГИС) и полупроводниковых интегральных микросхем (ИМС), изучить топологию и зарисовать эскизы элементов гибридных ИМС.

Лабораторная работа 2. «Исследование интегральной микросхемы ТТЛ».

Учебная цель: ознакомление с принципом работы и вольт-амперными характеристиками интегральных микросхем и определение их параметров.

Лабораторная работа 3: «Исследование основных характеристик операционного усилителя».

Учебная цель: ознакомление с принципом работы и основными характеристиками операционного усилителя, а также простейшими схемами на его основе.

3.2.2. Методические материалы, определяющие процедуры использования оценочных средств

При условии отсутствия замечаний принципиального характера к представленному отчету проводится защита отчета по лабораторной работе в соответствии с перечнем теоретических вопросов и практических заданий, приведенных в учебно-методическом пособии по выполнению лабораторных работ к каждой работе в отдельности.

Шкала оценивания результатов защит лабораторных работ основана на четырехбалльной системе.

Оценка **«отлично»** выставляется, если отчет оформлен в соответствии с установленными требованиями, обучающийся 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 отчет оформлен с некоторыми нарушениями требований, обучающийся 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 отчет оформлен с нарушениями требований, обучающийся 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 отчет оформлен с грубыми нарушениями требований или не представлен вовсе, обучающийся допускает грубые ошибки в ответе на контрольные вопросы, не может применять полученные знания на практике.

4 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

4.1 Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме дифференцированного зачета.

К дифференцированному зачету допускаются курсанты (студенты):

- положительно аттестованные по результатам текущего контроля;
- прошедшие все предусмотренные учебным планом виды занятий;
- получившие положительную оценку по результатам тестирования;
- получившие положительные оценки по лабораторным работам;
- получившие положительную оценку по контрольной работе (для заочной формы обучения).

4.2. Задания по контрольной работе (заочная форма обучения).

4.2.1. Содержание оценочных средств

Контрольная работа по дисциплине «Материалы и элементная база радиоэлектроники» является неотъемлемой частью самостоятельной работы, предусмотренной учебным планом.

Контрольная работа состоит из 3-х индивидуальных заданий:

1. Развернутый ответ на поставленный теоретический вопрос.
2. Расшифровка условного обозначения интегральных микросхем и определение параметров функциональной сложности.
3. Решение задачи по методам контроля параметров полупроводниковых и диэлектрических структур в ходе технологического процесса изготовления микросхем.

Формулировка заданий, а также рекомендации по их выполнению приведены в **Приложении 4**. Выбор варианта задания осуществляется по двум последним цифрам шифра зачетной книжки. Исходные данные к каждому варианту приведены в **Приложении 5**.

4.2.2. Методические материалы, определяющие процедуры использования оценочных средств

Оценивается наличие решения, правильность выполнения расчетов, качество оформления (логичность и последовательность изложения решения, наличие пояснений к выполняемым математическим действиям, правильность выполнения электрических схем, наглядность приведенных графических результатов расчетов).

Шкала оценивания результатов выполнения контрольной работы основана на двухбалльной системе.

Оценка «**зачтено**» выставляется в случае, если все задания выполнены верно и в полном объеме, при незначительных отступлениях от правил оформления результатов выполнения контрольной работы.

Оценка «**незачтено**» выставляется в случае, если часть заданий выполнена неверно, при значительных отступлениях от правил оформления результатов выполнения контрольной работы.

Результаты измерений индикатора считаются положительными при правильном выполнении всех заданий контрольной работы.

4.3 Контрольные вопросы для дифференцированного зачета приведены в **Приложении 6**

4.4. Методические материалы, определяющие процедуры использования оценочных средств

Билет для проведения промежуточной аттестации содержит два теоретических вопроса из утвержденного перечня по различным разделам дисциплины.

На усмотрение экзаменатора зачет с оценкой может быть проведен в письменной, устной или комбинированной форме. При наличии сомнений в отношении знаний и умений обучающегося экзаменатор может (имеет право) задать дополнительные вопросы.

Шкала итоговой аттестации по дисциплине, то есть оценивания результатов освоения дисциплины на зачете с оценкой, основана на четырехбалльной системе.

За ответ на задание билета выставляется оценка:

- «**отлично**», если обучающийся 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;
- «**хорошо**» выставляется, если обучающийся твердо знает программный материал, грамотно его излагает, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, пра-

вильно применяет полученные знания при решении практических вопросов;

–**«удовлетворительно»** выставляется, если обучающийся 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;

–**«неудовлетворительно»** выставляется, если обучающийся допускает грубые ошибки в ответе на поставленный вопрос, не может применить полученные знания на практике.

При положительных оценках за теоретические вопросы билета итоговая оценка за зачет с оценкой выводится по двум частным оценкам как среднее арифметическое с округлением в меньшую или большую сторону в зависимости от дробной части. При наличии хотя бы одной неудовлетворительной оценки выставляется итоговая оценка за зачет с оценкой **«неудовлетворительно»**.

5 СВЕДЕНИЯ О ФОНДЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ И ЕГО СОГЛАСОВАНИИ

Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине «Материалы и элементная база радиоэлектроники» основной профессиональной образовательной программы по специальности 25.05.03 «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования», специализаций «Техническая эксплуатация и ремонт радиооборудования промышленного флота» и «Информационно-телекоммуникационные системы на транспорте и их информационная защита».

Фонд оценочных средств рассмотрен и одобрен на заседании кафедры судовых радиотехнических систем 22.04.2022 (протокол № 8).

Заведующий кафедрой  Е.В. Волхонская

Приложение 1

Перечень контрольных вопросов к лекционному материалу

Блок 1. «Введение»

1. Что является предметом изучения дисциплины «Материалы и элементная база радиоэлектроники»?
2. Какова цель изучения дисциплины «Материалы и элементная база радиоэлектроники»?
3. Какие задачи решаются в рамках дисциплины «Материалы и элементная база радиоэлектроники»?
4. Какие знания, полученные в результате изучения дисциплины «Радиомонтажная практика» потребуются в рамках дисциплины «Материалы и элементная база радиоэлектроники»?
5. Какие знания, полученные в результате изучения дисциплины «Материаловедение и технология материалов» потребуются в рамках дисциплины «Материалы и элементная база радиоэлектроники»?
6. Какие знания, полученные в результате изучения дисциплины «Физика» потребуются в рамках дисциплины «Материалы и элементная база радиоэлектроники»?
7. При изучении каких дисциплин в рамках ОПОП потребуются знания, полученные в рамках изучения дисциплины «Материалы и элементная база радиоэлектроники»?
8. Какие виды текущей аттестации предусмотрены в рамках изучения дисциплины «Материалы и элементная база радиоэлектроники»?
9. Какая форма промежуточной аттестации предусмотрена в рамках изучения дисциплины «Материалы и элементная база радиоэлектроники»?
10. Что собой представляет область радиотехники, называемая микроэлектроникой?
11. Что является предметом изучения в микроэлектронике? Какие задачи решает микроэлектроника?
12. Перечислите исторические этапы развития микроэлектроники.
13. Что понимается под интегральной микросхемой (ИМС)?
14. Поясните смысл терминов: элемент, компонент, кристалл, подложка интегральной микросхемы.
15. Каковы особенности ИМС по сравнению с дискретными полупроводниковыми приборами?
16. Поясните, от каких факторов зависит стоимость производства интегральной микросхемы, и каким образом она может быть снижена?

Блок 2. «Интегральные микросхемы и их классификация»

1. Какая ИМС называется полупроводниковой?
2. Какая ИМС называется пленочной?
3. Какая ИМС называется гибридной?
4. Какая ИМС называется пленочной?
5. В чем состоит отличие тонкопленочных и толстопленочных интегральных микросхем?
6. Какая ИМС называется биполярной? Какой элемент является основным для данной

ИМС?

7. Какая ИМС называется МДП? Какой элемент является основным для данной ИМС?
8. Дайте определение степени интеграции ИМС?
9. Приведите классификацию ИМС по степени интеграции.
10. Дайте определение интегральной плотности ИМС?
11. Дайте определение плотности упаковки ИМС?
12. Из каких элементов состоит условное обозначение ИМС?
13. Как обозначается тип микросхемы в условном обозначении ИМС отечественного производства?
14. Как обозначается функциональное назначение микросхемы в условном обозначении ИМС отечественного производства?
15. Как обозначается область применения микросхемы в условном обозначении ИМС отечественного производства?
16. Как обозначается тип корпуса микросхемы в условном обозначении ИМС отечественного производства?
17. Расшифруйте условное обозначение следующих отечественных ИМС:
 - КР580ВГ80А
 - К217ТК1Б
 - КМ531ИЕ17
 - КР1533ЛА3
 - К710УД1
 - 828КТ6
 - К2НЕ281
18. Как обозначается тип микросхемы в условном обозначении ИМС зарубежного производства?
19. Как обозначается функциональное назначение микросхемы в условном обозначении ИМС зарубежного производства?
20. Как обозначается область применения микросхемы в условном обозначении ИМС зарубежного производства?
22. Как обозначается тип корпуса микросхемы в условном обозначении ИМС зарубежного производства?
23. Что понимают под надежностью ИМС?
24. Дайте определение отказа ИМС.
25. Какой отказ ИМС называют условным?
26. Какой отказ ИМС называют полным?
27. Поясните причины отказов ИМС.
28. Поясните суть статистического метода оценки надежности ИМС.
29. Поясните, каким образом меняется интенсивность отказов с течением времени и с чем это связано.
30. В чем особенности метода ускоренных испытаний?
31. Поясните суть неразрушающих методов контроля надежности ИМС:
 - тепловидение;
 - рентгеноскопия;
 - электронная микроскопия;

– измерение избыточных шумов.

Блок 3. «Технологические основы микроэлектроники»

1. Поясните смысл понятия монокристалл. В чем его отличие от поликристалла?
2. Какими методами осуществляется выращивание простых полупроводников и полупроводниковых соединений?
3. Поясните суть метода Чохральского.
4. Поясните суть метода Стокаберга-Бриджмена.
5. Проведите сравнительный анализ достоинств и недостатков методов Чохральского и Стокаберга-Бриджмена.
6. В чем назначение шлифовки? Каким образом она осуществляется?
7. В чем назначение полировки? Каким образом она осуществляется?
8. Что понимается под эпитаксией?
9. Поясните суть типового процесса эпитаксии?
10. В чем состоят отличия автоэпитаксии, гетероэпитаксии и хемоэпитаксии?
11. Поясните, каким образом осуществляется выращивание эпитаксиального слоя с примесной проводимостью.
12. Что собой представляют дефекты эпитаксиальных структур?
13. Какие существуют способы контроля толщины эпитаксиальных слоев и в чем они заключаются?
14. Что собой представляет защитная диэлектрическая пленка?
15. Какие функции выполняет защитная диэлектрическая пленка?
16. Какие требования ставятся к защитным диэлектрическим пленкам?
17. Какие химические соединения нашли широкое промышленное применение в качестве защитных диэлектрических пленок?
18. Из каких этапов состоит механизм окисления кремния?
19. В чем суть метода термического окисления?
20. Какие разновидности термического окисления вам известны?
21. Что собой представляют многоступенчатые способы термического окисления кремния и в чем их преимущество перед одноступенчатыми способами?
22. Как зависит толщина растущей диэлектрической пленки от времени проведения окислительного процесса? От чего зависит скорость роста?
23. Какие вам известны способы контроля толщины защитных диэлектрических пленок? В чем они состоят?
24. Поясните суть метода термического напыления.
25. В чем состоят основные достоинства и недостатки метода термического напыления?
26. Что понимают под адгезией? Какие существуют способы напыления материалов с плохой адгезией к материалу подложки?
27. Почему температура подложки должна поддерживаться в определенном диапазоне значений? Что будет происходить при понижении/повышении температуры подложки?
28. Поясните суть метода катодного напыления.
29. В чем состоит главное преимущество метода катодного напыления перед методом термического напыления?

30. Какие главные недостатки метода катодного напыления и как они могут быть устранены?
31. Поясните суть метода ионно-плазменного напыления.
32. В чем достоинства и недостатки ионно-плазменного напыления?
33. В чем состоит процесс ионной очистки мишени?
34. В чем суть метода анодирования?
35. В чем состоят преимущества анодирования?
36. Какой физический процесс лежит в основе метода электрохимического осаждения?
37. В чем достоинства и недостатки метода электрохимического осаждения?
38. В чем состоит суть метода диффузии? Из каких этапов он состоит?
39. В чем отличие общей и локальной диффузии?
40. В чем недостаток локальной диффузии?
41. Каковы особенности многократной диффузии?
42. Какие диффузанты используют для создания слоев с донорной и акцепторной проводимостями?
43. Что понимают под глубиной диффузии и от чего она зависит?
44. В чем суть метода ионной имплантации?
45. В чем состоят достоинства и недостатки метода ионной имплантации перед методом диффузии?
46. В чем суть метода легирования атомами отдачи? В чем назначение данного метода?
47. В чем суть метода каскадного перемешивания? В чем назначение данного метода?
48. Какие вам известны методы контроля глубины залегания p-n-перехода? В чем они состоят?
49. В чем состоит суть метода литографии?
50. Какие разновидности литографии вам известны?
51. Поясните суть метода фотолитографии.
52. Что понимают под фоторезистом и фотошаблоном?
53. Поясните суть метода электронной литографии.
54. Поясните суть метода рентгеновской литографии.
55. Поясните суть метода ионной литографии.
56. Что понимают под разрешающей способностью литографии?
57. Сравните разрешающую способность различных методов литографии.
58. Что понимают под травлением? Каким образом оно осуществляется?
59. В чем отличие изотропного травления от анизотропного?
60. Сравните скорости травления в зависимости от кристаллографического направления, вдоль которого происходит травление.
61. В чем состоит главный недостаток локального травления?
62. Что понимают под электролитическим травлением?
63. В чем состоит метод ионного травления?
64. В чем состоит назначение металлизации?
65. Какие материалы используют для создания металлической разводки?
66. Каким образом осуществляется изоляция слоев при многоуровневой разводке?

67. В чем состоит проблема металлических контактов при использовании алюминия и как она решается?
68. Каким образом предотвращают образование контактов Шоттки при металлизации?
69. Какие функции выполняет корпус ИМС?
70. Какие разновидности корпусов ИМС вам известны?
71. В чем состоит метод термокомпрессии?

Блок 4. «Элементы интегральных схем»

1. Поясните принцип построения диффузионных резисторов.
2. Что понимают под поверхностным сопротивлением и от чего оно зависит?
3. Какие типовые значения имеют поверхностные сопротивления эмиттерного и базисного слоев, а также базисного слоя, расположенного под эмиттерным?
4. Как определяется величина сопротивления полоскового диффузионного резистора?
5. Для чего применяется зигзагообразная форма полоскового резистора?
6. Как определяется сопротивление диффузионного резистора зигзагообразной формы?
7. Какие типовые значения имеют сопротивления диффузионных резисторов на основе эмиттерного и базисного слоев, а также базисного слоя, расположенного под эмиттерным?
8. Поясните принцип построения ионно-легированных резисторов.
9. В чем состоят преимущества и недостатки ионно-легированных резисторов перед диффузионными?
10. Поясните принцип построения диффузионного конденсатора.
11. Как рассчитывается емкость диффузионного конденсатора?
12. Что понимают под добротностью диффузионного конденсатора? В чем различие низкочастотной и высокочастотной добротностей?
13. Что понимают под пробивным напряжением диффузионного конденсатора?
14. В чем различие характеристик диффузионных конденсаторов, построенных на основе эмиттерного и коллекторного переходов?
15. В чем состоят недостатки диффузионных конденсаторов?
16. Поясните принцип построения МОП-конденсатора.
17. Как рассчитывается емкость МОП-конденсатора?
18. В чем различие характеристик диффузионных и МОП-конденсаторов?
19. В чем состоят достоинства и недостатки МОП-конденсаторов перед диффузионными конденсаторами?
20. Поясните принцип построения пленочного резистора.
21. Какие материалы используются для создания резистивного слоя?
22. В чем различие свойств резисторов, полученных в рамках тонкопленочной и толстопленочной технологий?
23. В чем состоят различия основных характеристик полупроводниковых и пленочных резисторов?
24. Как проводится расчет сопротивления пленочного конденсатора?
25. Поясните принцип построения пленочного конденсатора.
26. Как проводится расчет емкости пленочного конденсатора?
27. В чем различие свойств конденсаторов, полученных в рамках тонкопленочной и

толсто пленочной технологий?

28. В чем состоят различия основных характеристик пленочных и МОП-конденсаторов?

29. Поясните принцип построения пленочной катушки индуктивности.

30. От чего зависит величина индуктивности пленочной катушки, и каким образом она может быть рассчитана?

31. От чего зависит величина добротности пленочной катушки, и каким образом она может быть рассчитана?

32. Поясните принцип построения интегрального транзистора.

33. Приведите этапы технологического цикла интегрального транзистора.

34. Приведите типовые параметры интегральных $n-p-n$ транзисторов.

35. Приведите паразитные параметры интегрального транзистора. На какие рабочие характеристики оказывают влияние паразитные параметры?

36. Поясните принцип построения, основные характеристики и область применения многоэмиттерного транзистора.

37. Поясните принцип построения, основные характеристики и область применения многоколлекторного транзистора.

38. Поясните принцип построения, основные характеристики и область применения транзистора с барьером Шоттки.

39. Поясните принцип построения, основные характеристики и область применения супербета транзистора.

40. Поясните принцип построения вертикального $p-n-p$ транзистора.

41. Поясните принцип построения горизонтального $p-n-p$ транзистора.

42. В чем состоят главные недостатки горизонтального $p-n-p$ транзистора. Как эти недостатки устраняются в вертикальном $p-n-p$ транзисторе?

43. В чем суть технологии «кремний на сапфире» (КНС)?

44. Поясните принцип построения полевого транзистора. В чем отличие структуры полевого транзистора от структуры $n-p-n$ транзистора?

45. Поясните принцип построения n -канального МОП-транзистора.

46. Поясните принцип построения p -канального МОП-транзистора.

47. Поясните, почему использование МОП-транзисторов повышает степень интеграции элементов.

48. Какой главный фактор ограничивает быстродействие МОП-транзистора?

49. Что собой представляет КМОП-транзистор?

50. Каким образом может быть получен КМОП-транзистор с использованием изолирующих карманов?

51. Каким образом может быть получен КМОП-транзистор в рамках КНС технологии?

52. Назовите и поясните основные способы повышения быстродействия МОП-транзистора.

53. Назовите и поясните основные способы снижения порогового напряжения МОП-транзистора.

54. Что собой представляет МНОП-транзистор и какова область его применения?

55. Какие типы диодного включения биполярного транзистора вам известны?

56. В каких типах диодного включения биполярного транзистора эмиттерный и коллекторный переходы соединены последовательно/параллельно?
57. Какой тип диодного включения биполярного транзистора характеризуется наибольшей емкостью?
58. Какой тип диодного включения биполярного транзистора характеризуется наибольшим пробивным напряжением?
59. Какой тип диодного включения биполярного транзистора характеризуется наименьшей паразитной емкостью?
60. Какие типы диодного включения биполярного транзистора являются оптимальными по параметрам?
61. Какой из типов диодного включения биполярного транзистора не нашел применения и почему?
62. Поясните принцип построения интегрального стабилитрона на основе разделительного слоя.
63. Поясните принцип построения интегрального стабилитрона на основе базового слоя.
64. В чем суть изоляции обратно смещенным $p-n$ -переходом?
65. В чем суть изоляции диэлектриком?
66. В чем достоинства и недостатки изоляции обратно смещенным $p-n$ -переходом и диэлектриком?
67. В чем суть изоляции методом тройной диффузии?
68. В чем суть изоляции методом встречной диффузии?
69. В чем состоят недостатки методов тройной и встречной диффузий?
70. Поясните, каким образом создаются карманы в методе разделительной диффузии.
71. В чем назначение скрытого n^+ -слоя?
72. В чем суть изоляции методом коллекторной диффузии?
73. Поясните технологию изоляции в рамках эпик-процесса.
74. Поясните технологию изоляции в рамках КНС технологии.
75. Поясните технологию изоляции в рамках изопланарной технологии.
76. В чем суть изоляции V-образными канавками? В чем состоят достоинства и недостатки данного метода?
77. В чем суть изоляции U-образными канавками? В чем состоят достоинства и недостатки данного метода?

Блок 5. «Применение интегральных микросхем в современной РЭА»

1. Дайте определение передаточной характеристики.
2. Как по виду передаточной характеристики различить инвертирующую и неинвертирующую ИМС?
3. Что понимают под работой ИМС в положительной/отрицательной логике?
4. Перечислите параметры, определяющие помехозащищенность транзисторного ключа. Покажите их на передаточной характеристике ИМС.
5. Что понимают под интегральным логическим элементом?
6. Какие логические функции могут выполнять интегральные логические элементы?
7. Приведите схему и поясните принцип действия логического элемента РТЛ. Какие

функции он может выполнять в положительной и отрицательной логиках?

8. Приведите схему и поясните принцип действия логического элемента ТТЛ. Какие функции он может выполнять в положительной и отрицательной логиках?

9. Приведите схему и поясните принцип действия логического элемента ЭСЛ. Какие функции он может выполнять в положительной и отрицательной логиках?

10. Приведите схему и поясните принцип действия логического элемента И²Л. Какие функции он может выполнять в положительной и отрицательной логиках?

11. Проведите сравнительный анализ основных характеристик РТЛ, ТТЛ, ЭСЛ и И²Л логических элементов.

12. Приведите схему и поясните принцип действия МОП логического элемента. Какие функции он может выполнять в положительной и отрицательной логиках?

13. Приведите схему и поясните принцип действия КМОП логического элемента. Какие функции он может выполнять в положительной и отрицательной логиках?

14. Приведите схему и поясните принцип действия БиКМОП логического элемента. Какие функции он может выполнять в положительной и отрицательной логиках?

15. Приведите схему и поясните принцип действия МЭП логического элемента. Какие функции он может выполнять в положительной и отрицательной логиках?

16. Проведите сравнительный анализ основных характеристик МОП, КМОП, БиКМОП и МЭП логических элементов.

17. Поясните смысл понятия «бистабильная ячейка».

18. Каким образом осуществляется установка состояния бистабильной ячейки?

19. Поясните смысл понятия «триггер».

20. Какие разновидности интегральных триггеров вам известны?

21. Проведите сравнительный анализ характеристик интегральных триггеров.

22. Поясните устройство и принцип действия триггера Шмитта.

23. Что понимают под порогом срабатывания/отпускания триггера?

24. Поясните применение триггера в качестве амплитудного дискриминатора.

25. Поясните применение триггера в качестве формирователя импульсов.

26. Поясните применение триггера в качестве делителя частоты.

27. Дайте определение большой интегральной схемы (БИС).

28. Приведите примеры БИС.

29. Проведите сравнительный анализ характеристик БИС и обычных ИМС.

30. Какие вам известны способы повышения степени интеграции в БИС.

31. Что собой представляет базовый матричный кристалл (БМК)? Как на его основе реализуются различные функции БИС?

32. В чем состоят основные недостатки БИС на БМК?

33. Что понимают под программируемой логической матрицей (ПЛИМ)?

34. Что понимают под программируемой логической интегральной схемой (ПЛИИС)?

35. В чем преимущества применения ПЛИМ и ПЛИИС перед БМК?

36. В чем состоит проблема теплоотвода при повышении степени интеграции БИС?

37. В чем состоит проблема межсоединений при повышении степени интеграции БИС?

38. В чем состоит проблема контроля параметров при повышении степени интеграции БИС?

39. Какие вам известны физические ограничения на размеры элементов БИС? В чем они состоят?

40. Что понимают под большой гибридной интегральной схемой (БГИС)? В чем ее отличия от ГИС и СБИС?

41. Дайте определение операционного усилителя.

42. Дайте определение и приведите типовые значения следующих параметров операционного усилителя:

- дифференциальное входное напряжение;
- входной ток;
- входное сопротивление;
- выходное сопротивление;
- коэффициент усиления;
- напряжение смещения;
- скорость нарастания выходного напряжения;
- частота единичного усиления.

43. Поясните применение дифференциального каскада в составе операционного усилителя.

44. Приведите передаточную характеристику операционного усилителя и покажите, как по ней определить напряжение смещения и коэффициент усиления.

45. Приведите АЧХ операционного усилителя и покажите, как по ней определить частоту единичного усиления.

46. Приведите примеры схем применения операционного усилителя в схемах с обратной связью для реализации функций:

- инвертирующего и неинвертирующего усилителей;
- интегрирующего и дифференцирующего усилителей;
- логарифмирующего и обратнологарифмирующего усилителей;
- сумматора;
- фильтров нижних и верхних частот первого порядка;
- генераторов гармонических и релаксационных колебаний;
- цифро-аналогового преобразователя;
- стабилизатора постоянного напряжения.

47. Дайте определение компаратора.

48. Изобразите передаточную характеристику компаратора.

49. Приведите схему компаратора на базе операционного усилителя и поясните принцип ее действия.

50. Дайте определение чувствительности компаратора. Как можно изменять данный параметр?

51. Поясните применение компаратора в качестве порогового устройства.

52. Дайте определение аналогового перемножителя.

53. Приведите вид передаточных характеристик перемножителя напряжений.

54. Приведите схему перемножителя с переменной крутизной и поясните принцип ее действия.

55. В чем основные недостатки перемножителя с переменной крутизной?

56. Приведите схему четырехквadrантного перемножителя и поясните принцип ее

действия.

57. Поясните использование перемножителя напряжений для реализации функции возведения в квадрат.

58. Поясните использование перемножителя напряжений для реализации функции извлечения квадратного корня.

59. Поясните использование перемножителя напряжений для реализации функции деления напряжений.

60. Поясните использование перемножителя напряжений для реализации балансного модулятора.

61. Поясните использование перемножителя напряжений для реализации удвоителя частоты.

62. Дайте определение коммутатора напряжений.

63. Приведите схему построения аналогового перемножителя с операционным усилителем и поясните принцип ее функционирования.

64. В чем состоят основные недостатки схемы построения аналогового перемножителя с операционным усилителем.

65. Поясните принцип построения многоканального коммутатора (мультиплексора).

66. Что собой представляет аналоговый коммутатор с памятью?

67. Поясните принцип действия коммутатора с памятью (устройства выборки-хранения).

68. Что понимают под временем выборки? От чего зависит данный параметр?

Блок 6. «Основы нанoeлектроники»

1. Что такое кластер? Какие вам известны разновидности нанокластеров и наноструктур?

2. Что собой представляют углеродные нанотрубки? Как они устроены?

3. Какие свойства углеродных нанотрубок нашли применение при создании новых наноматериалов и наноустройств?

4. Опишите известные вам способы получения углеродных нанотрубок.

5. Опишите структуру и принцип действия выпрямляющего диода на основе изогнутой нанотрубки.

6. Опишите структуру и принцип действия полевого транзистора на основе углеродной нанотрубки.

7. В каких устройствах нашли применение эмиссионные свойства углеродных нанотрубок?

8. Что понимается под нанотехнологией?

9. Перечислите основные направления развития нанотехнологий.

10. Опишите тенденции развития процесса литографии.

11. Каковы минимальные размеры элементов на различных стадиях развития литографии?

12. В чем суть процесса молекулярно-лучевой эпитаксии?

13. В чем суть процесса газофазной эпитаксии?

14. Что такое зондовая микроскопия и для чего она применяется?

Приложение 2

Варианты тестовых заданий

Вариант 1

1. Интегральной микросхемой называют

А) сложное и миниатюрное микроэлектронное изделие, выполняющее определенную функцию преобразования информации

Б) микроэлектронное изделие с площадью поверхности менее 1 см^2 , изготовленное в едином технологическом цикле на одной подложке, выполняющее определенную функцию преобразования информации

В) совокупность большого количества взаимосвязанных компонентов, изготовленную в едином технологическом цикле на одной и той же подложке, выполняющую определенную функцию преобразования информации

Г) микроэлектронное изделие с объемом менее 1 см^3 , изготовленное в едином технологическом цикле на одной подложке, выполняющее определенную функцию преобразования информации

2. Кристаллом интегральной микросхемы называют часть полупроводниковой пластины

А) в объеме которой сформированы элементы микросхемы

Б) на поверхности которой сформированы элементы микросхемы

В) в объеме и на поверхности которой сформированы элементы микросхемы

Г) в объеме и на поверхности которой сформированы элементы микросхемы, межэлементные соединения и контактные площадки

3. Под планарной технологией понимается

А) технология, при которой все элементы в интегральной микросхеме выполнены в виде различного рода пленок

Б) технология, при которой все элементы в интегральной микросхеме выполнены в виде плоских изделий

В) организация технологического процесса, при которой все элементы и их составляющие создаются в интегральной микросхеме путем их формирования через плоскость

Г) организация технологического процесса, при которой все элементы и их составляющие в интегральной микросхеме размещаются в одной плоскости

4. Полупроводниковой микросхемой называют микросхему в которой

А) используется комбинация пленочных пассивных элементов и навесных активных компонентов

Б) все элементы выполнены в приповерхностном слое полупроводниковой подложки

В) все элементы выполнены в виде разного рода пленок, нанесенных на поверхность диэлектрической подложки

Г) активные элементы выполнены в приповерхностном слое полупроводникового кристалла, а пассивные – нанесены в виде пленок на предварительно изолированную поверхность того же кристалла

5. Совмещенной микросхемой называют микросхему

А) активные элементы которой выполнены в приповерхностном слое полупроводникового кристалла, а пассивные – нанесены в виде пленок на предварительно изолированную поверхность того же кристалла

Б) пассивные элементы которой – пленочные, а активные компоненты – навесные

В) все элементы выполнены в приповерхностном слое полупроводниковой подложки

Г) элементы которой выполнены в виде разного рода пленок, нанесенных на поверхность диэлектрической подложки

6. Количество элементов в микросхеме составляет 2800. По степени интеграции данная микросхема относится к следующему классу

- А) малая интегральная схема
- Б) интегральная схема средней степени интеграции
- В) большая интегральная схема
- Г) сверхбольшая интегральная схема

7. К классу полупроводниковых микросхем относятся следующие микросхемы

- А) КР580ВГ80А
- Б) К217ТК1Б
- В) КМ531ИЕ17
- Г) КР1533ЛА3
- Д) К710УД1
- Е) 828КТ6
- Ж) К2НЕ281

8. К понятию отказа интегральной микросхемы относятся

- А) отсутствие напряжения на выходных зажимах при отключенном питании
- Б) неустранимое короткое замыкание выводов
- В) нарушение целостности межэлементных связей
- Г) отклонение какого-либо из параметров микросхемы на величину, превышающую допустимое значение

Д) разгерметизация корпуса

9. К методам выращивания монокристаллов относятся

- А) метод Чохральского
- Б) эпитаксия
- В) метод Стокаберга-Бриджмена
- Г) легирование
- Д) литография

10. Целями проведения шлифовки полупроводниковой пластины являются

- А) обеспечение необходимой толщины пластины, недостижимой при резке
- Б) удаление механических дефектов, размеры которых сравнимы с размерами будущих элементов интегральной микросхемы
- В) удаление механических дефектов, размеры которых многократно превышают размеры будущих элементов интегральной микросхемы
- Г) обеспечение параллельности плоскостей

11. Характерной особенностью локального травления является

- А) наибольшая скорость травления для кристаллографического направления (100)
- Б) травление не только вглубь пластины, но и под маску
- В) независимость скорости травления от выбранного направления травления
- Г) наименьшая скорость травления для кристаллографического направления (111)

12. К способам очистки подложек интегральных микросхем относятся

- А) механическая
- Б) жидкостная
- В) сухая
- Г) газовая

13. Автоэпитаксия представляет собой процесс ориентированного наращивания

А) кристаллического вещества, однотипного по структуре с подложкой, отличающегося от нее только содержанием легирующих примесей

Б) вещества, в результате которого образование новой фазы происходит при химическом взаимодействии вещества подложки с веществом, поступающим из внешней среды

В) кристаллического вещества, в результате которого образование новой фазы происходит при диффузии атомов вещества, поступающего из внешней среды, вглубь вещества подложки

Г) вещества, отличающегося по составу от вещества подложки, происходящий при их кристаллохимическом взаимодействии

14. К функциям, которые выполняют защитные диэлектрические пленки, относятся

А) функция маски, через окна которой вводятся необходимые примеси

Б) защита поверхности подложки

В) обеспечение высокой удельной проводимости на поверхности подложки

Г) функция тонкого диэлектрика под затвором МОП-транзистора

15. Легирование представляет собой

А) процесс ориентированного наращивания одних кристаллов на поверхности других кристаллов

Б) внедрение примесей в исходную полупроводниковую пластину

В) процесс образования на поверхности подложки с помощью светочувствительных материалов локальных защитных участков пленки

Г) термическое окисление подложки

16. Процесс диффузии при высокой температуре включает в себя следующие стадии

А) загонка

Б) разгонка

В) возгонка

Г) ионная имплантация

17. Целью литографии является создание на поверхности микросхемы

А) металлических межэлементных соединений

Б) маски для проведения локальных процессов напыления, легирования, травления и эпитаксии

В) защитной диэлектрической пленки

Г) металлических контактных площадок для соединения элементов

18. Поверхностное сопротивление участка диффузионного базового слоя резистора размером 1 мм на 1 мм составляет 100 Ом. При этом значение сопротивления участка того же самого диффузионного базового слоя с размерами 2 мм на 2 мм равно ... Ом

А) 25

Б) 100

В) 50

Г) 400

Д) 200

19. Добротность диффузионного конденсатора

А) растет с ростом частоты

Б) уменьшается с ростом частоты

В) с ростом частоты на низких частотах растет, а на высоких – уменьшается

Г) с ростом частоты на низких частотах уменьшается, а на высоких – растет

20. Для создания резистивных пленок в тонкопленочной технологии используются следующие материалы

- А) золото
- Б) хром
- В) нихром
- Г) алюминий
- Д) кермет из смеси хрома и монооксида кремния
- Е) медь с подслоем ванадия

21. К преимуществам пленочных резисторов перед диффузионными резисторами относятся

- 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

22. Относительно *p-n*-переходов интегрального транзистора можно заключить, что напряжение пробоя является наибольшим для

- А) эмиттерного перехода, так как он образован более высокоомными слоями
- Б) коллекторного перехода, так как он образован более низкоомными слоями
- В) эмиттерного перехода, так как он образован более низкоомными слоями
- Г) коллекторного перехода, так как он образован более высокоомными слоями

23. Преимуществом супербета транзистора перед другими видами интегральных транзисторов является

- А) большой коэффициент усиления
- Б) большее пробивное напряжение
- В) универсальность как элемента ИМС
- Г) относительно большая ширина базы

24. Преимуществами МОП-транзистора перед биполярным транзистором являются

- А) МОП-транзистор технологически проще изготовить
- Б) у МОП-транзистора отсутствуют изолирующие карманы, что повышает степень интеграции таких элементов
- В) отсутствие изоляции у МОП-транзисторов делает подложку общим электродом для всех МОП-транзисторов
- Г) МОП-транзистор характеризуется большими значениями коэффициента усиления по сравнению с биполярными транзисторами

25. Главным преимуществом МНОП-транзистора является

- А) большой коэффициент усиления
- Б) малое пороговое напряжение
- В) высокое быстродействие
- Г) способность сохранять пороговое напряжение в течение большого промежутка времени

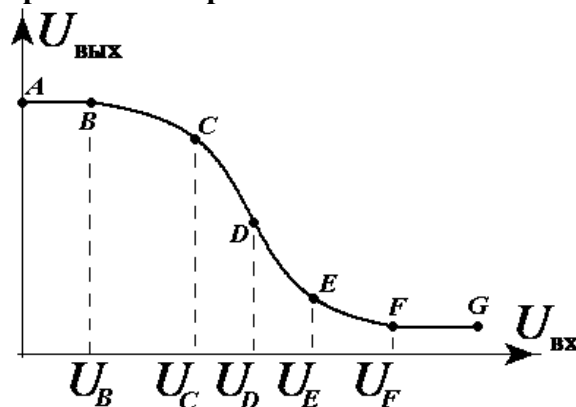
26. Функциональным элементом, лежащим в основе построения аналоговых микросхем, является

- А) компаратор
- Б) усилительный каскад
- В) двоичный счетчик
- Г) транзисторный ключ
- Д) аналоговый перемножитель
- Е) коммутатор напряжений

27. Для инвертирующей интегральной микросхемы характерно следующее соответствие между логическим и физическим уровнями напряжения: напряжение на выходе микросхемы имеет

- А) низкий уровень при любом уровне напряжения на входе
- Б) высокий уровень при любом уровне напряжения на входе
- В) низкий уровень при высоком уровне напряжения на входе и высокий уровень – при низком уровне напряжения на входе
- Г) низкий уровень при низком уровне напряжения на входе и высокий уровень – при высоком уровне напряжения на входе

28. Цифровая микросхема переходит из разомкнутого состояния в замкнутое, если входное напряжение превысит напряжение



- А) U_B
- Б) U_C
- В) U_D
- Г) U_E
- Д) U_F

29. Большая помехоустойчивость цифровых микросхем по сравнению с аналоговыми микросхемами объясняется следующими причинами

- А) цифровые схемы малочувствительны к форме передаточной характеристики в области переключения
- Б) цифровые схемы характеризуются уменьшенным энергопотреблением
- В) наблюдается большое отличие сигналов высокого и низкого уровня
- Г) имеется возможность применения специальных кодов при работе цифровых устройств
- Д) цифровые схемы малочувствительны к температурному дрейфу

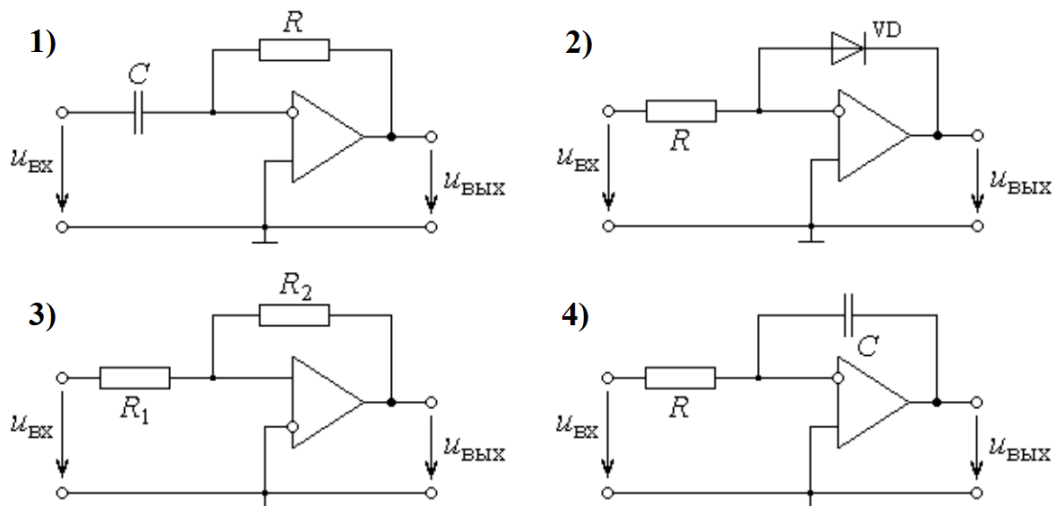
30. Достоинством интегрального логического элемента в ТТЛ технологии перед логическими элементами ЭСЛ и И²Л технологий является

- А) меньшее время переключения
- Б) меньшее напряжение статической помехи
- В) больший логический перепад
- Г) меньшее напряжение питания
- Д) более широкий спектр выполняемых логических функций

31. Достоинствами МОП интегрального логического элемента перед биполярными интегральными логическими элементами являются

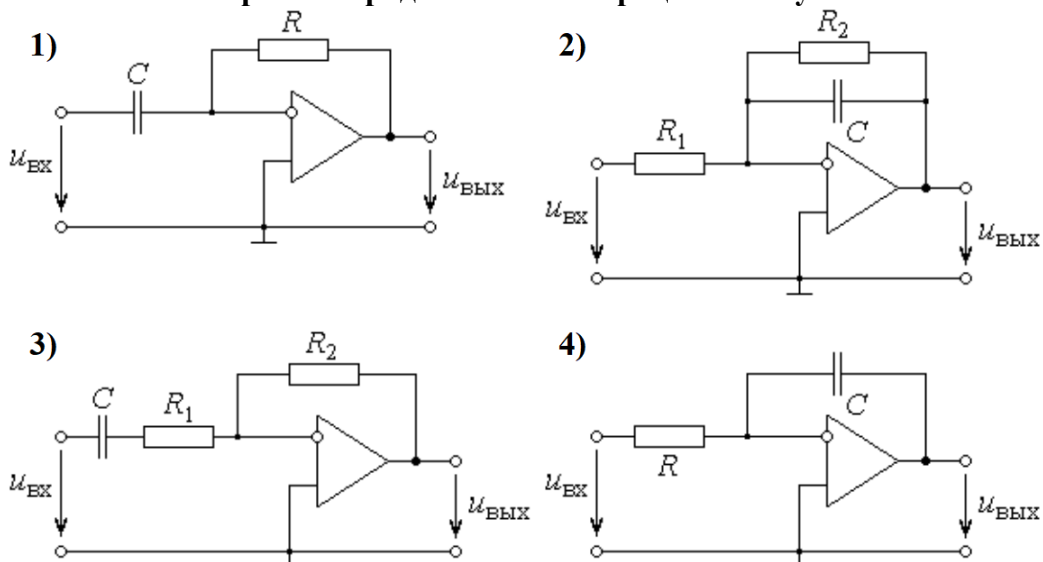
- А) большее быстродействие
- Б) гораздо меньшее напряжение питания
- В) большая помехоустойчивость
- Г) более высокая степень интеграции
- Д) большой логический перепад

32. Схема интегрирующего усилителя на базе операционного усилителя имеет вид



- А) 1
- Б) 2
- В) 3
- Г) 4

33. Схема ФНЧ первого порядка на базе операционного усилителя имеет вид



- А) 1
- Б) 2
- В) 3
- Г) 4

Вариант 2

1. Компонентом интегральной микросхемы называют

- А) часть интегральной микросхемы, реализующая функцию какого-либо электрорадиоэлемента, которая может быть выделена как самостоятельное изделие
- Б) любая, сколь угодно сложная, часть интегральной микросхемы, реализующая функцию какого-либо электрорадиоэлемента
- В) любая, сколь угодно сложная, часть интегральной микросхемы, которая может быть выделена как самостоятельное изделие
- Г) часть интегральной микросхемы, реализующая функцию какого-либо электрорадиоэлемента, которая не может быть выделена как самостоятельное изделие

2. В качестве подложек интегральных микросхем могут выступать

- А) полупроводниковая пластина, предназначенная для выполнения на ее поверхности и в ее объеме элементов, межэлементных соединений, а также контактных площадок
- Б) диэлектрическая пластина, предназначенная для выполнения в ее объеме элементов, межэлементных соединений, а также контактных площадок
- В) металлическая пластина, предназначенная для выполнения на ее поверхности элементов, межэлементных соединений, а также контактных площадок
- Г) диэлектрическая пластина, предназначенная для выполнения на ее поверхности элементов, межэлементных соединений, а также контактных площадок

3. Пленочной микросхемой называют микросхему, в которой

- А) все элементы выполнены в приповерхностном слое полупроводниковой подложки
- Б) активные элементы выполнены в приповерхностном слое полупроводникового кристалла, а пассивные – нанесены в виде пленок на предварительно изолированную поверхность того же кристалла
- В) используется комбинация пленочных пассивных элементов и навесных активных компонентов
- Г) все элементы выполнены в виде разного рода пленок, нанесенных на поверхность диэлектрической подложки

4. Основным элементом для биполярных интегральных микросхем является

- А) полупроводниковый резистор
- Б) полупроводниковый конденсатор
- В) полупроводниковый диод
- Г) МДП транзистор
- Д) *p-n-p* транзистор
- Е) *n-p-n* транзистор

5. Функциональную сложность интегральной микросхемы параметры принято характеризовать следующими параметрами

- А) быстродействие
- Б) плотность упаковки
- В) степень интеграции
- Г) помехозащищенность
- Д) интегральная плотность

6. Количество элементов в микросхеме составляет 35. По степени интеграции данная микросхема относится к следующему классу

- А) малая интегральная схема
- Б) интегральная схема средней степени интеграции
- В) большая интегральная схема
- Г) сверхбольшая интегральная схема

7. К классу гибридных микросхем относятся следующие микросхемы

- А) КР580ВГ80А
- Б) К217ТК1Б
- В) КМ531ИЕ17
- Г) КР1533ЛА3
- Д) К710УД1
- Е) 828КТ6
- Ж) К2НЕ281

8. Условному отказу усилителя нижних частот в микросхемном исполнении соответствуют следующие позиции

- А) отсутствие напряжения на выходных зажимах в рабочем режиме
- Б) увеличение частоты среза на 50%
- В) спад максимального коэффициента усиления в 10 раз
- Г) нарушение целостности межэлементных связей
- Д) наличие на выходных зажимах нескольких гармоник входного сигнала

9. Рост монокристалла в методе Чохральского происходит за счет

- А) увеличения толщины пластины при длительном напылении
- Б) роста толщины пластины при длительном осаждении из раствора
- В) химической реакции восстановления
- Г) сил поверхностного натяжения и охлаждения затравки при ее вытягивании из расплава

плава

10. Целями проведения полировки полупроводниковой пластины являются

- А) снижение неровностей поверхности до уровня, свойственного оптическим системам
- Б) удаление механически нарушенного слоя на поверхности полупроводниковой пластины, образовавшегося в результате шлифовки
- В) обеспечение необходимой толщины пластины, недостижимой при шлифовке
- Г) удаление физически нарушенного слоя под поверхностью полупроводниковой пластины, образовавшегося в результате шлифовки

мам

11. Характерными особенностями анизотропного травления являются

- А) наибольшая скорость травления для кристаллографического направления (100)
- Б) травление не только вглубь пластины, но и под маску
- В) независимость скорости травления от выбранного направления травления
- Г) наименьшая скорость травления для кристаллографического направления (111)

12. Эпитаксия представляет собой

- А) диффузию атомов примеси в подложку
- Б) процесс ориентированного наращивания одних кристаллов на поверхности других кристаллов

В) очистку поверхности подложки от загрязнений органическими веществами

Г) термическое окисление подложки

13. Гетероэпитаксия представляет собой процесс ориентированного наращивания

А) кристаллического вещества, однотипного по структуре с подложкой, отличающегося от нее только содержанием легирующих примесей

Б) вещества, в результате которого образование новой фазы происходит при химическом взаимодействии вещества подложки с веществом, поступающим из внешней среды

В) кристаллического вещества, в результате которого образование новой фазы происходит при диффузии атомов вещества, поступающего из внешней среды, вглубь вещества подложки

Г) вещества, отличающегося по составу от вещества подложки, происходящий при их кристаллохимическом взаимодействии

14. К требованиям, предъявляемые к защитным диэлектрическим пленкам, относятся

А) полная защита поверхности подложки от проникновения в нее диффундирующих элементов

Б) низкое удельное сопротивление

В) химическая стойкость и стабильность во времени

Г) высокие удельное сопротивление и электрическая прочность

Д) высокая механическая прочность

Е) высокая плотность

15. К методам легирования относятся

А) электрохимическое осаждение

Б) анодирование

В) диффузия при высокой температуре

Г) ионная имплантация

16. Между глубиной диффузии и временем ее проведения существует следующая взаимосвязь

А) время проведения диффузии не зависит от требуемой глубины диффузии

Б) время проведения диффузии прямо пропорционально требуемой глубине диффузии

В) квадрат времени проведения диффузии прямо пропорционален требуемой глубине диффузии

Г) время проведения диффузии прямо пропорционально квадрату требуемой глубины диффузии

17. Электронная литография (1), фотолитография (2), ионная литография (3) и рентгенолитография (4) имеют разрешающие способности, увеличивающиеся в следующем порядке

А) 1, 2, 3, 4

Б) 3, 4, 2, 1

В) 3, 2, 4, 1

Г) 2, 4, 1, 3

18. Выражение для определения коэффициента формы полоски базового слоя длиной a , шириной b и толщиной d имеет вид

А) $K_{\phi} = a \cdot b$

Б) $K_{\phi} = a \cdot b \cdot d$

В) $K_{\phi} = \frac{a}{d}$

Г) $K_{\phi} = \frac{a}{b}$

Д) $K_{\phi} = \frac{b}{d}$

19. Емкость диффузионного конденсатора на основе эмиттерного перехода значительно

А) больше емкости аналогичного конденсатора на основе коллекторного перехода, так как эмиттерный переход образован более низкоомными слоями

Б) меньше емкости аналогичного конденсатора на основе коллекторного перехода, так как эмиттерный переход образован более низкоомными слоями

В) больше емкости аналогичного конденсатора на основе коллекторного перехода, так как эмиттерный переход образован более высокоомными слоями

Г) меньше емкости аналогичного конденсатора на основе коллекторного перехода, так как эмиттерный переход образован более высокоомными слоями

20. Для создания обкладок конденсаторов в тонкопленочной технологии используется следующий материал

- А) золото
- Б) хром
- В) нихром
- Г) алюминий
- Д) кермет из смеси хрома и монооксида кремния
- Е) медь с подслоем ванадия

21. Емкость пленочного конденсатора больше емкости МОП-конденсатора из-за

- А) более высокой удельной емкости
- Б) большей площади обкладок
- В) использования диэлектриков с большей диэлектрической проницаемостью
- Г) большей толщины диэлектрика

22. К разновидностям интегральных *n-p-n*-транзисторов относятся

- А) многоэмиттерный транзистор
- Б) многоколлекторный транзистор
- В) транзистор с барьером Шоттки
- Г) МНОП транзистор
- Д) супербета транзистор

23. На практике не используется следующий вариант диодного включения биполярного транзистора

- А) БК-Э
- Б) БЭ-К
- В) Б-ЭК
- Г) Э-К

24. Для повышения быстродействия МОП-транзисторов используются

- А) технология самосовмещенных затворов
- Б) изолирующие карманы
- В) *n*-канальные транзисторы вместо *p*-канальных
- Г) метод двойной диффузии с целью уменьшения длины канала

25. МНОП-транзистор находит применение

- А) в интегральных запоминающих устройствах
- Б) во входных каскадах операционных усилителей
- В) в качестве усилительного элемента
- Г) в цифровых логических элементах

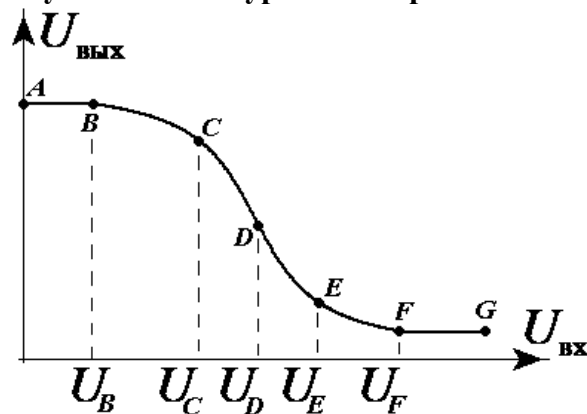
26. Функциональным элементом, лежащим в основе построения цифровых микросхем, является

- А) компаратор
- Б) усилительный каскад
- В) двоичный счетчик
- Г) транзисторный ключ
- Д) шифратор
- Е) ячейка памяти

27. Для неинвертирующей интегральной микросхемы характерно следующее соответствие между логическим и физическим уровнями напряжения: напряжение на выходе микросхемы имеет ...

- А) низкий уровень при любом уровне напряжения на входе
- Б) высокий уровень при любом уровне напряжения на входе
- В) низкий уровень при высоком уровне напряжения на входе и высокий уровень – при низком уровне напряжения на входе
- Г) низкий уровень при низком уровне напряжения на входе и высокий уровень – при высоком уровне напряжения на входе

28. Цифровая микросхема переходит из замкнутого состояния в разомкнутое, если входное напряжение опустится ниже уровня напряжения



- А) U_B
- Б) U_C
- В) U_D
- Г) U_E
- Д) U_F

29. Цифровые микросхемы имеют уменьшенное энергопотребление по сравнению с аналоговыми микросхемами так как

- А) цифровые микросхемы характеризуются большим отличием напряжений высокого и низкого уровня
- Б) замкнутому состоянию ключа соответствует максимум тока и минимум напряжения, а разомкнутому состоянию ключа – минимум тока и максимум напряжения
- В) цифровые микросхемы характеризуются малой величиной статической помехи
- Г) замкнутому состоянию ключа соответствует максимум тока и напряжения, а разомкнутому состоянию ключа – минимум тока и напряжения

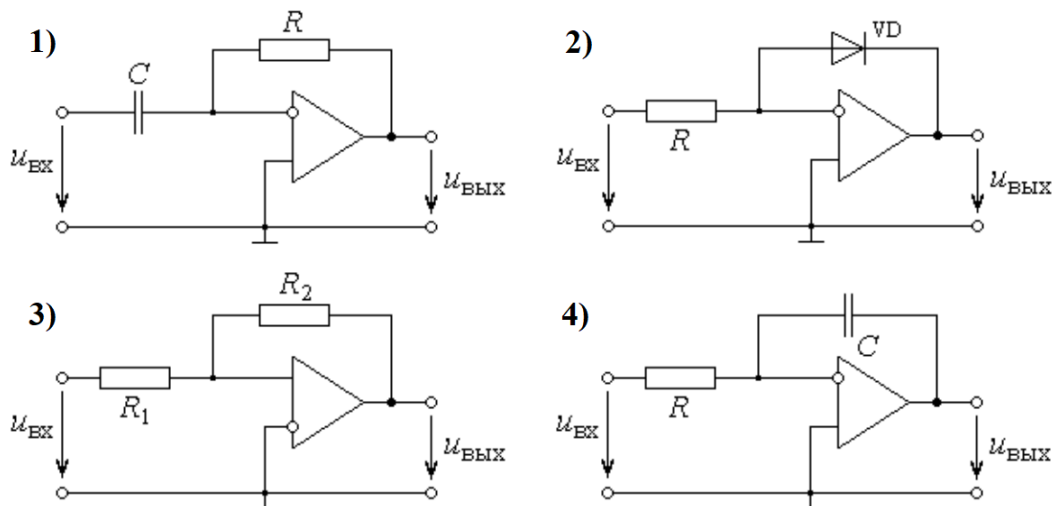
30. Достоинством интегрального логического элемента в ЭСЛ технологии перед логическими элементами ТТЛ и И²Л технологий является

- А) меньшее время переключения
- Б) меньшее напряжение статической помехи
- В) бóльший логический перепад
- Г) меньшее напряжение питания
- Д) более широкий спектр выполняемых логических функций

31. Преимуществом МЭП интегрального логического элемента перед интегральными логическими элементами МОП и КМОП является

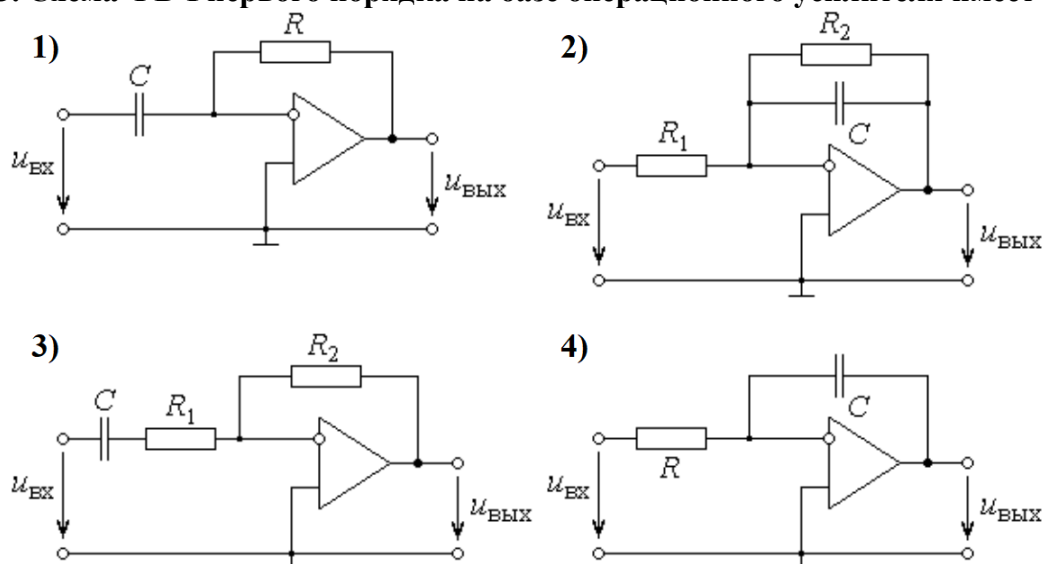
- А) большее быстродействие
- Б) гораздо меньшее напряжение питания
- В) большая помехоустойчивость
- Г) более высокая степень интеграции
- Д) больший логический перепад

32. Схема инвертирующего усилителя на базе операционного усилителя имеет вид



- А) 1
- Б) 2
- В) 3
- Г) 4

33. Схема ФВЧ первого порядка на базе операционного усилителя имеет вид



- А) 1
- Б) 2
- В) 3
- Г) 4

Вариант 3

1. Под интегральным элементом понимается

- А) часть интегральной микросхемы, реализующая функцию какого-либо электрорадиоэлемента, которая может быть выделена как самостоятельное изделие
- Б) любая, сколь угодно сложная, часть интегральной микросхемы, реализующая функцию какого-либо электрорадиоэлемента
- В) любая, сколь угодно сложная, часть интегральной микросхемы, которая может быть выделена как самостоятельное изделие
- Г) часть интегральной микросхемы, реализующая функцию какого-либо электрорадиоэлемента, которая не может быть выделена как самостоятельное изделие

2. Групповому методу производства интегральных микросхем свойственны следующие черты

- А) на одной пластине полупроводникового материала одновременно изготавливается большое количество интегральных элементов
- Б) все элементы интегральной микросхемы изготавливаются при одних и тех же условиях
- В) на одной пластине полупроводникового материала одновременно изготавливается большое количество интегральных схем
- Г) одновременно обрабатываются десятки полупроводниковых пластин

3. Гибридной микросхемой называют микросхему, состоящую из

- А) активных элементов, выполненных в приповерхностном слое полупроводникового кристалла, и пассивных, нанесенных в виде пленок на предварительно изолированную поверхность того же кристалла
- Б) элементов, выполненных в виде разного рода пленок, нанесенных на поверхность диэлектрической подложки
- В) пленочных пассивных элементов и навесных активных компонентов
- Г) элементов, выполненных в приповерхностном слое полупроводниковой подложки

4. Основным элементом для МДП интегральных микросхем является

- А) p -канальный МДП транзистор
- Б) полупроводниковый конденсатор
- В) полупроводниковый диод
- Г) n -канальный МДП транзистор
- Д) $p-n-p$ транзистор
- Е) $n-p-n$ транзистор

5. Выражение, определяющее степень интеграции микросхемы с числом элементов N , имеет вид

- А) $k = 10 \cdot \lg(N)$
- Б) $k = \lg(N)$
- В) $k = \ln(N)$
- Г) $k = 20 \cdot \lg(N)$

6. Количество элементов в микросхеме составляет 120000. По степени интеграции данная микросхема относится к следующему классу

- А) малая интегральная схема
- Б) интегральная схема средней степени интеграции
- В) большая интегральная схема
- Г) сверхбольшая интегральная схема

7. Для широкого применения предназначены следующие микросхемы

- А) К224УН1
- Б) К217ТК1Б
- В) КМ531ИЕ17
- Г) 2ТК041
- Д) К710УД1
- Е) 828КТ6
- Ж) 5512ПП1РБМ

8. Полному отказу усилителя нижних частот в микросхемном исполнении соответствуют следующие позиции

- А) отсутствие напряжения на выходных зажимах в рабочем режиме
- Б) увеличение частоты среза на 50%
- В) спад максимального коэффициента усиления в 10 раз
- Г) нарушение целостности межэлементных связей
- Д) наличие на выходных зажимах нескольких гармоник входного сигнала

9. Процесс подготовки подложек интегральных микросхем включает в себя

- А) полировку
- Б) эпитаксию
- В) шлифовку
- Г) травление
- Д) легирование

10. Процесс травления полупроводниковой пластины представляет собой

- А) распыление слоя полупроводника под действием лазерного излучения
- Б) удаление слоя полупроводника с помощью абразивного инструмента
- В) испарение слоя полупроводника под воздействием высокой температуры
- Г) растворение слоя полупроводника в химических реактивах

11. Для ионного травления характерно

- А) простота лабораторной установки
- Б) большая скорость травления
- В) отсутствие подтравливания под маску
- Г) универсальность метода по отношению к материалу подложки

12. К разновидностям эпитаксии относятся

- А) автоэпитаксия
- Б) термоэпитаксия
- В) гетероэпитаксия
- Г) хемоэпитаксия

13. Хемоэпитаксия представляет собой процесс ориентированного наращивания

А) кристаллического вещества, однотипного по структуре с подложкой, отличающегося от нее только содержанием легирующих примесей

Б) вещества, в результате которого образование новой фазы происходит при химическом взаимодействии вещества подложки с веществом, поступающим из внешней среды

В) кристаллического вещества, в результате которого образование новой фазы происходит при диффузии атомов вещества, поступающего из внешней среды, вглубь вещества подложки

Г) вещества, отличающегося по составу от вещества подложки, происходящий при их кристаллохимическом взаимодействии

14. В качестве материалов защитных диэлектрических пленок используются

- А) диоксид кремния
- Б) нитрид кремния
- В) оксид алюминия
- Г) нитрид алюминия
- Д) нитрид бора

15. Максимальное число диффузионных процессов, которое можно последовательно проводить на одной и той же подложке для создания многослойных структур, составляет

- А) 2
- Б) 3
- В) 4
- Г) 5

16. К основным преимуществам ионной имплантации перед диффузией при высокой температуре относятся

- А) точный контроль полного количества внедренной примеси
- Б) высокая однородность легирования по поверхности пластины
- В) не требует высоких температур отжига
- Г) использует более простую лабораторную установку

17. В качестве основного материала для металлизации используют алюминий по причине

- А) отсутствия коррозии
- Б) высокого удельного сопротивления
- В) низкой стоимости
- Г) возможности сварных контактов с алюминиевой и золотой проволокой
- Д) хорошей адгезии к окислу SiO_2

18. Зигзагообразная конфигурация диффузионного резистора предназначена для

- А) уменьшения паразитной емкости
- Б) увеличения граничной частоты функционирования
- В) увеличения сопротивления
- Г) увеличения пробивного напряжения

19. Пробивное напряжение диффузионного конденсатора на основе эмиттерного перехода значительно

- А) больше пробивного напряжения аналогичного конденсатора на основе коллекторного перехода, так как эмиттерный переход образован более низкоомными слоями
- Б) меньше пробивного напряжения аналогичного конденсатора на основе коллекторного перехода, так как эмиттерный переход образован более низкоомными слоями
- В) больше пробивного напряжения аналогичного конденсатора на основе коллекторного перехода, так как эмиттерный переход образован более высокоомными слоями
- Г) меньше пробивного напряжения аналогичного конденсатора на основе коллекторного перехода, так как эмиттерный переход образован более высокоомными слоями

20. Для создания диэлектрических слоев пленочных конденсаторов в тонкопленочной технологии используются следующие материалы

- А) моноокись кремния
- Б) кермет из смеси хрома и монооксида кремния
- В) нихром
- Г) золото
- Д) моноокись германия
- Е) окисел алюминия

21. Преимуществом пленочной катушки индуктивности с прямоугольной конфигурацией перед пленочной катушкой индуктивности с круглой конфигурацией тех же размеров является

- А) значительно большая индуктивность
- Б) значительно большая добротность
- В) технологическая простота
- Г) большая удельная индуктивность

22. Относительно интегральных биполярных транзисторов можно заключить, что наибольшим быстродействием характеризуется

- А) $n-p-n$ транзистор, так как подвижность основных носителей в нем (дырок) больше, чем подвижность основных носителей в структуре $p-n-p$ (электронов)
- Б) $p-n-p$ транзистор, так как подвижность основных носителей в нем (дырок) больше, чем подвижность основных носителей в структуре $n-p-n$ (электронов)
- В) $n-p-n$ транзистор, так как подвижность основных носителей в нем (электронов) больше, чем подвижность основных носителей в структуре $p-n-p$ (дырок)
- Г) $p-n-p$ транзистор, так как подвижность основных носителей в нем (электронов) больше, чем подвижность основных носителей в структуре $n-p-n$ (дырок)

23. Вариант диодного включения биполярного транзистора, которое характеризуется наибольшей емкостью диода, имеет вид

- А) БК-Э
- Б) БЭ-К
- В) Б-ЭК
- Г) Э-К

24. Для снижения порогового напряжения МОП-транзистора используются

- А) поликремниевые затворы
- Б) замена тонкого подзатворного окисла SiO_2 на слой нитрида кремния Si_3N_4
- В) метод двойной диффузии с целью уменьшения длины канала
- Г) пластины кремния с кристаллографической ориентацией (100) вместо (111)

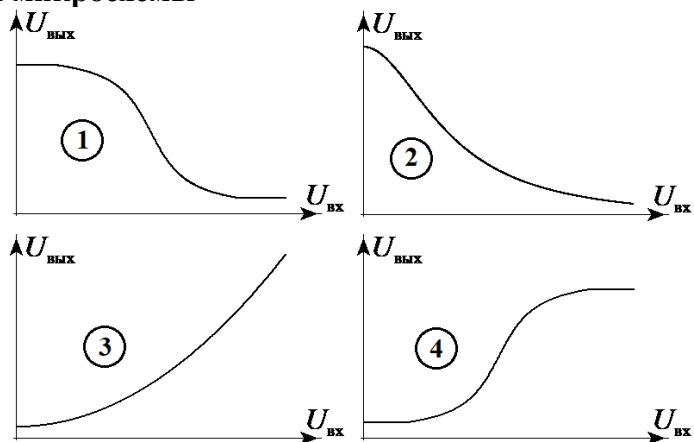
25. Преимущество изоляции диэлектриком перед изоляцией $p-n$ -переходом состоит в следующем

- А) при комнатной температуре токи утечки в диэлектрике на несколько порядков меньше обратных токов $p-n$ -переходов
- Б) изоляция диэлектриком лучше вписывается в общий технологический цикл биполярных ИМС
- В) изоляция диэлектриком обеспечивает большую паразитную емкость, чем при изоляции $p-n$ -переходом
- Г) в отличие от изоляции $p-n$ -переходом, изоляция диэлектриком не приводит к рельефности поверхности, затрудняющей осуществление металлической разводки

26. Передаточной характеристикой называется зависимость

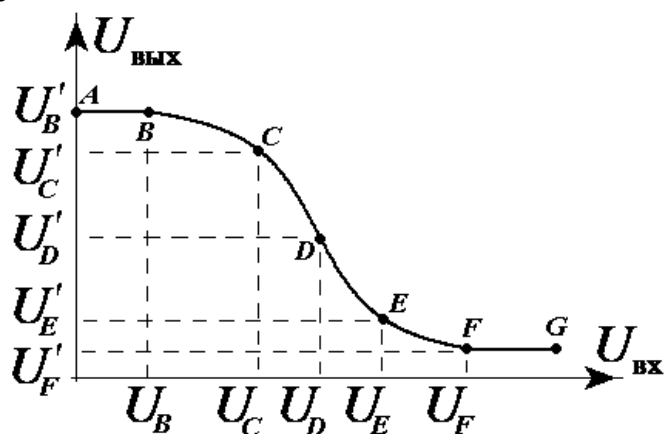
- А) напряжения на выходе микросхемы от тока, протекающего через входные зажимы
- Б) напряжения на выходе микросхемы от тока, протекающего через выходные зажимы
- В) тока протекающего через выходные зажимы от напряжения на входе микросхемы
- Г) напряжения на выходе микросхемы от напряжения, поданного на ее вход

27. Верным является следующий вид передаточной характеристики инвертирующей интегральной микросхемы



- А) 1
- Б) 2
- В) 3
- Г) 4

28. На приведенной передаточной характеристике логическому перепаду соответствует напряжение



- А) $U'_B - U'_D$
- Б) $U'_D - U'_F$
- В) $U'_B - U'_F$
- Г) $U_B - U_F$
- Д) $U_B - U_D$
- Е) $U_D - U_F$

29. При работе интегрального логического элемента в «отрицательной логике»

- А) низкому уровню входного напряжения соответствует высокий уровень выходного напряжения и наоборот
- Б) низкому уровню входного напряжения соответствует низкий уровень выходного напряжения, а высокому уровню входного напряжения соответствует высокий уровень выходного напряжения
- В) уровень логической единицы на выходе меньше уровня логического нуля на выходе
- Г) уровень логической единицы на выходе больше уровня логического нуля на выходе

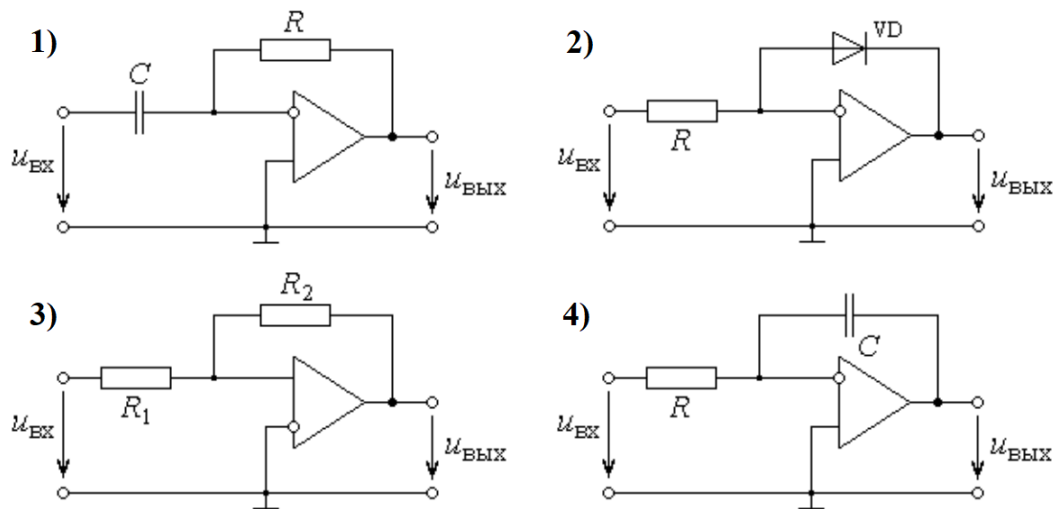
30. Достоинством интегрального логического элемента в И²Л технологии перед логическими элементами ЭСЛ и ТТЛ технологий является

- А) меньшее время переключения
- Б) меньшее напряжение статической помехи
- В) бóльший логический перепад
- Г) меньшее напряжение питания
- Д) более широкий спектр выполняемых логических функций

31. Интегральный триггер может выполнять следующие функции

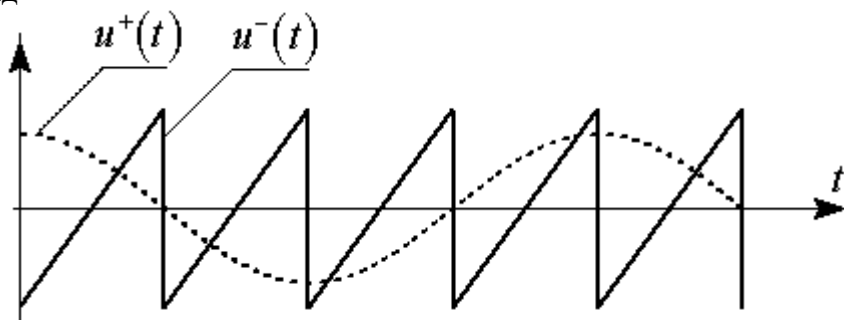
- А) сравнение двух напряжений по уровню
- Б) функцию ячейки памяти
- В) формирователя импульсов с малой длительностью фронтов и стабильной амплитудой
- Г) перемножение двух напряжений
- Д) деление частоты входного сигнала

32. Схема логарифмирующего усилителя на базе операционного усилителя имеет вид

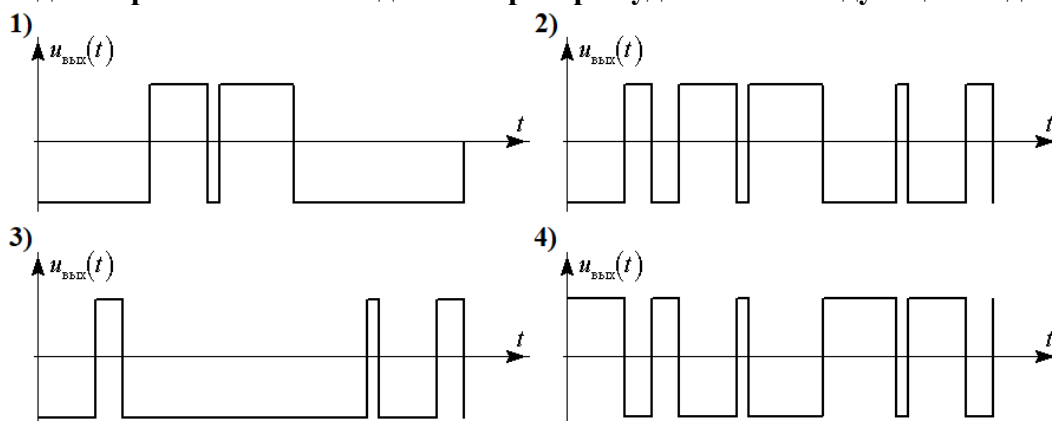


- А) 1
- Б) 2
- В) 3
- Г) 4

33. Пусть напряжения на неинвертирующем и инвертирующем входах компаратора имеют вид



Тогда напряжение на выходе компаратора будет иметь следующий вид



- А) 1
- Б) 2
- В) 3
- Г) 4

Приложение 3

Задания и контрольные вопросы для лабораторных работ

Лабораторная работа 1. «Изучение элементной базы, топологии и конструкции гибридных и полупроводниковых интегральных микросхем».

Содержание работы:

1. Исследование элементной базы гибридных интегральных схем.
2. Исследование интегральных микросхем с различной степенью интеграции: триггер, дешифратор, микросхема памяти.

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?

Лабораторная работа 2. «Исследование интегральной микросхемы ТТЛ».

Содержание работы:

1. Измерение передаточной характеристики ИМС.
2. Измерение входной ВАХ ИМС.
3. Измерение таблицы истинности ИМС.

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?

Лабораторная работа 3: «Исследование основных характеристик операционного усилителя».

Содержание работы:

1. Измерение передаточной характеристики операционного усилителя (ОУ).
2. Измерение АЧХ ОУ с обратной связью.
3. Исследование работы простейших устройств на основе ОУ.

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?

Приложение 4

Содержательная часть задания на контрольную работу для заочной формы обучения

Контрольная работа состоит из 3 индивидуальных заданий:

1. Развернутый ответ на поставленный теоретический вопрос.
2. Расшифровка условного обозначения интегральных микросхем и определение параметров функциональной сложности.
3. Решение задачи по методам контроля параметров полупроводниковых и диэлектрических структур в ходе технологического процесса изготовления микросхем.

Вариант исходных данных определяется двумя последними цифрами шифра зачетной книжки.

Задание №1

Приведите развернутый ответ на один из следующих вопросов:

1. Дайте определение и приведите классификацию интегральных микросхем.
2. Приведите полный перечень элементов маркировки интегральных микросхем отечественного производства. Приведите пример.
3. Приведите полный перечень элементов маркировки интегральных микросхем зарубежного производства. Приведите пример.
4. Как оценивается надежность интегральных микросхем? Охарактеризуйте методы оценки надежности и поясните их суть.
5. Перечислите материалы, применяемые при производстве интегральных микросхем, и их основные свойства.
6. Приведите сравнительную характеристику методов выращивания полупроводниковых монокристаллов.
7. В чем состоит хлоридный метод эпитаксии кремния и германия?
8. В чем состоит гидридный метод эпитаксии кремния?
9. Как осуществляют контроль качества защитных диэлектрических пленок?
10. Охарактеризуйте методы контроля диффузионных структур.
11. Поясните суть метода ионной имплантации.
12. Поясните механизм легирования атомами отдачи. С какой целью применяют данный процесс?
13. Поясните механизм каскадного перемешивания. С какой целью применяют данный процесс?
14. Охарактеризуйте методы контроля ионно-имплантированных структур.
15. Приведите известные вам виды литографии, области применения, ограничения в применении.
16. Приведите сравнительную характеристику методов нанесения тонких пленок.
17. Как осуществляется многослойная металлическая разводка?
18. В чем состоит и как решается проблема омических контактов в алюмооксидной технологии?
19. Приведите известные вам разновидности корпусов интегральных микросхем. Какие функции выполняет корпус?

20. Приведите известные вам разновидности интегральных $n-p-n$ транзисторов. В чем их достоинства, недостатки? Каковы области применения таких транзисторов?

21. Приведите известные вам виды диодного включения биполярного транзистора и их рабочие и паразитные параметры.

22. Опишите технологию изготовления ионно-легированного резистора. В чем преимущества и недостатки ионно-легированного резистора перед диффузионным?

23. Проведите сравнительный анализ тонкопленочной и толстопленочной технологий изготовления элементов пленочных интегральных микросхем.

24. Перечислите и поясните причины, препятствующие повышению степени интеграции БИС.

25. Перечислите основные аналоговые функции и микросхемы их реализующие. Приведите схемы реализации данных функций на операционном усилителе.

Задание №2

Расшифровать условное обозначение аналоговой или цифровой микросхемы. Пояснить функцию, выполняемую данной микросхемой. Рассчитать характеристики, определяющие функциональную сложность (степень интеграции k , интегральную плотность ω , плотность упаковки K_V) данной микросхемы, если известны размеры подложки (кристалла) микросхемы.

Таблица 2 – Исходные данные к заданию №2

№ варианта	Рисунок	Размеры подложки (кристалла) ИМС			Найти		
		a , мм	b , мм	d , мм	k	ω	K_V^*
1	Рис. 1	14,5	19,5	–			–
2	Рис. 2	1,5	1,5	0,5			
3	Рис. 3	19,4	5,6	–			–
4	Рис. 4	1,5	1,5	0,5			
5	Рис. 5	22	14,5	–			–
6	Рис. 6	1,5	1,5	0,5			
7	Рис. 7	24,5	20	–			–
8	Рис. 8	1,5	1,5	0,5			
9	Рис. 9	19,4	5,6	–			–
10	Рис. 10	1,5	1,5	0,5			
11	Рис. 11	1,5	1,5	0,5			
12	Рис. 12	19,5	14,5	–			–
13	Рис. 13	1,5	1,5	0,5			
14	Рис. 14	11,9	11,9	–			–
15	Рис. 15	1,5	1,5	0,5			
16	Рис. 16	1,5	1,5	0,5			
17	Рис. 17	19,4	14,3	–			–
18	Рис. 18	19,7	14,5	–			–
19	Рис. 19	22	14,5	–			–
20	Рис. 20	22	14,5	–			–

Окончание таблицы 2

№ варианта	Рисунок	Размеры подложки (кристалла) ИМС			Найти		
		a , мм	b , мм	d , мм	k	ω	K_V^*
21	Рис. 21	1,5	1,5	0,5			
22	Рис. 22	22	14,5	–			–
23	Рис. 23	1,5	1,5	0,5			
24	Рис. 24	1,5	1,5	0,5			
25	Рис. 25	19,4	14,3	–			–

* Если в графе «Плотность упаковки» стоит прочерк, то данный параметр рассчитывать не требуется.

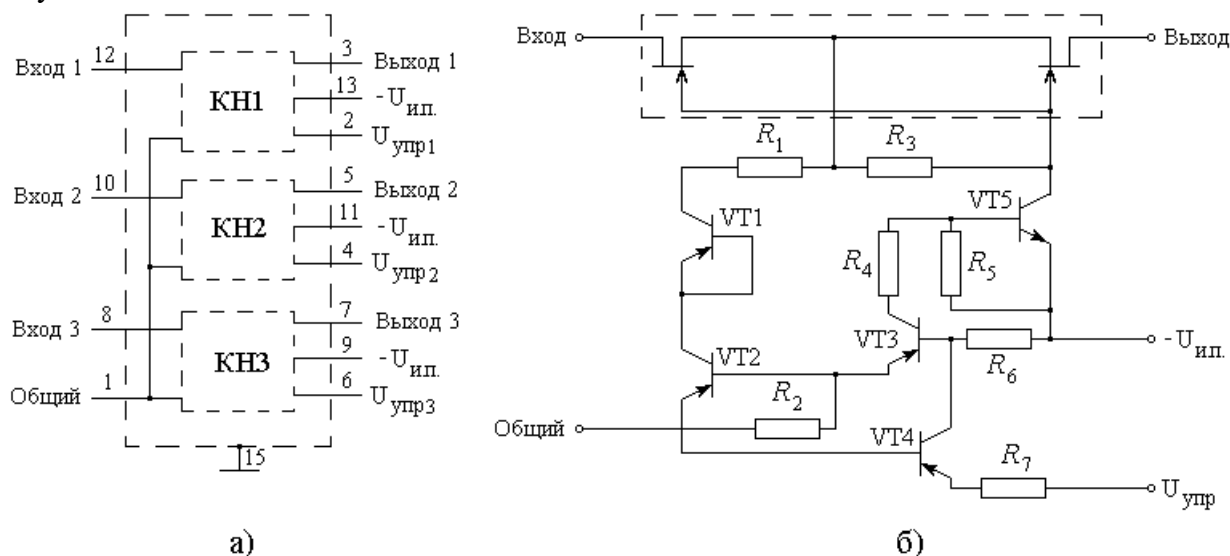


Рисунок 1 – Функциональная схема ИМС К284КН1 (а) и принципиальная схема одного ключа (б)

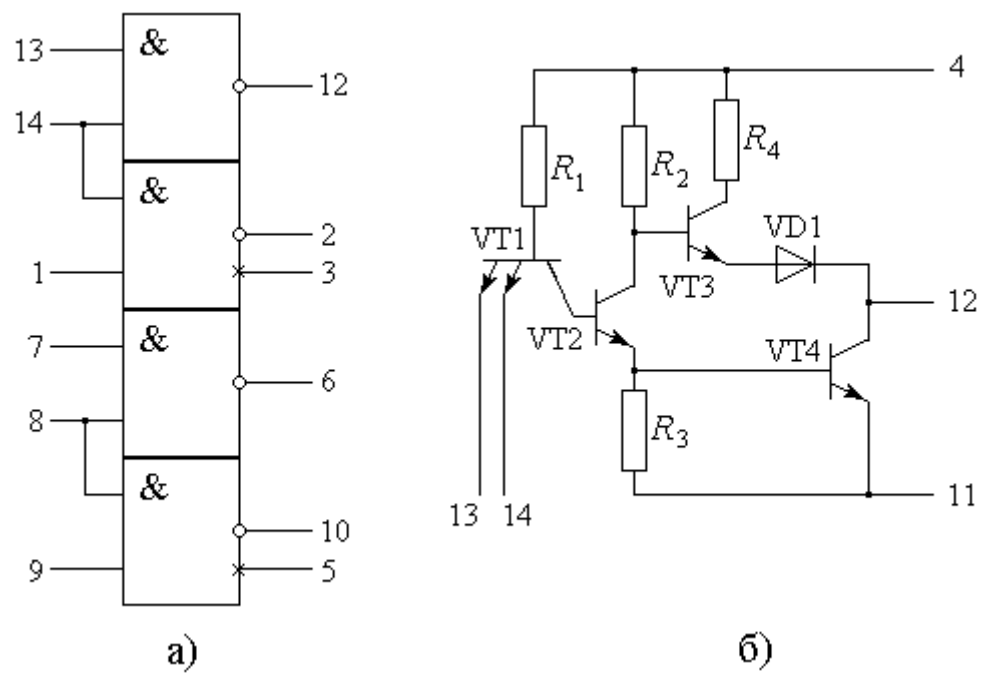


Рисунок 2 – Функциональная схема ИМС КР134ЛА8 (а) и принципиальная схема одного базового элемента (б)

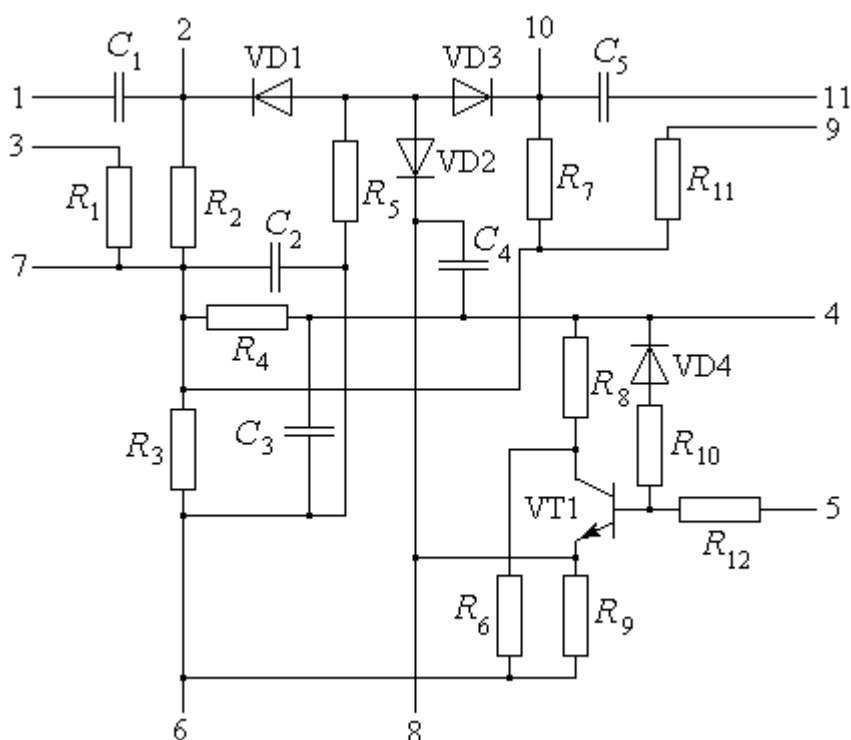


Рисунок 3 – Принципиальная схема ИМС 235ПП1

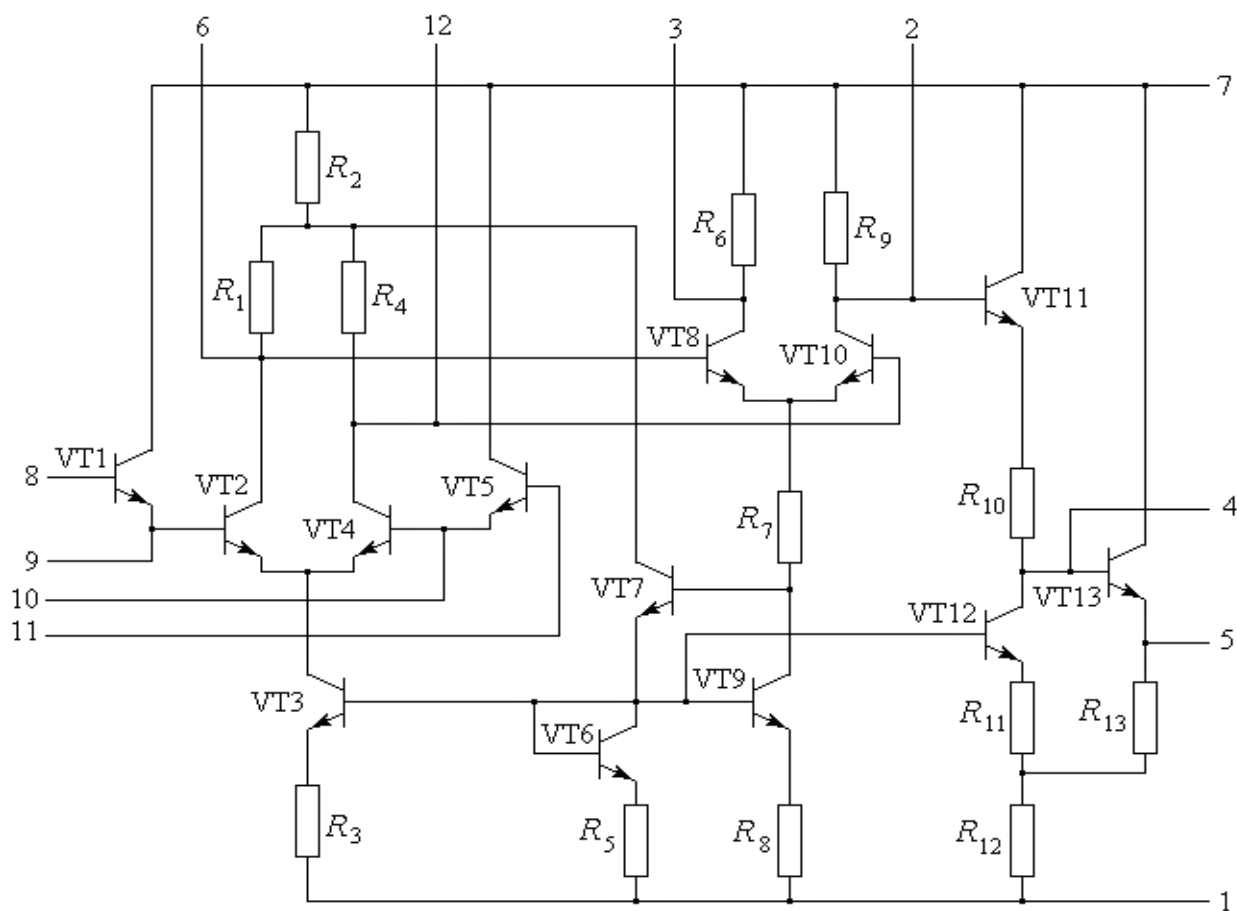


Рисунок 4 – Принципиальная схема ИМС К140УД5А

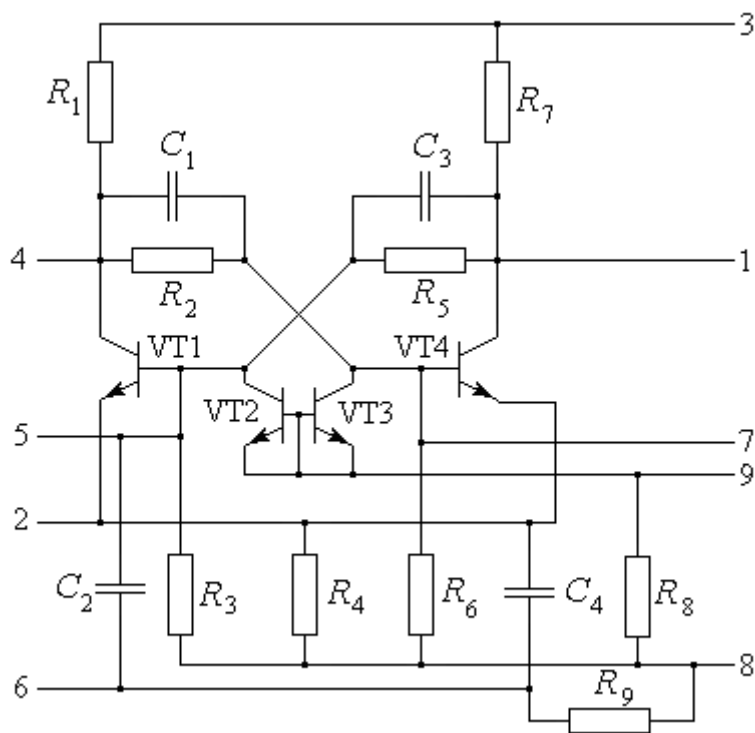


Рисунок 5 – Принципиальная схема ИМС K2TC241

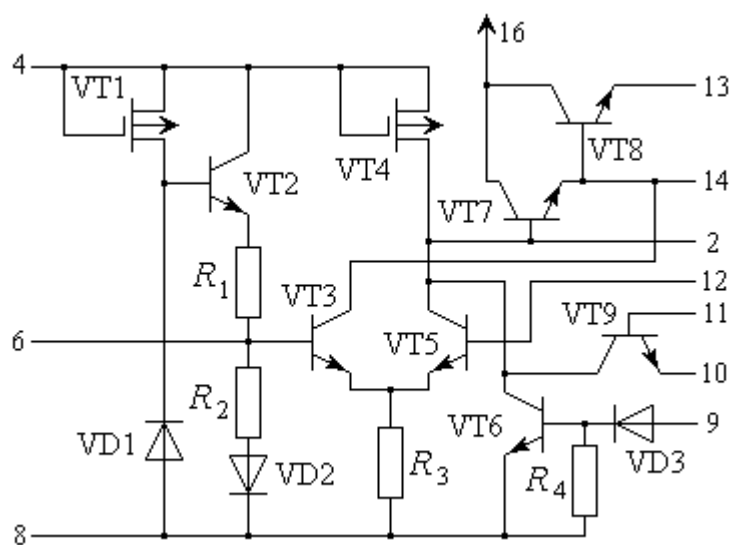


Рисунок 6 – Принципиальная схема ИМС K142EN1A

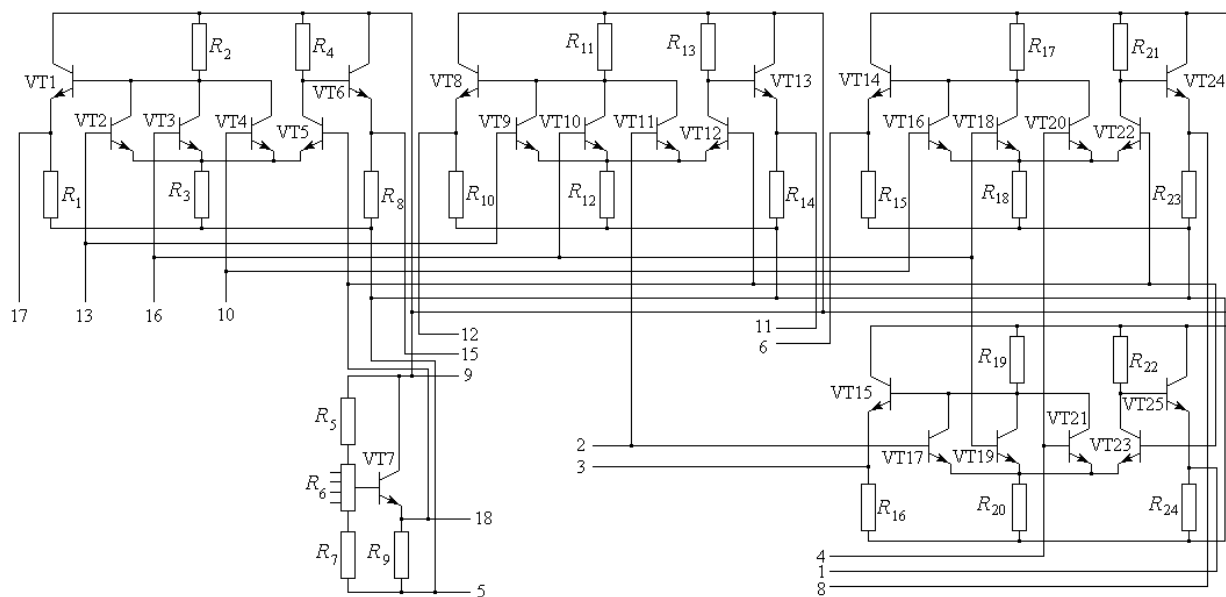


Рисунок 7 – Принципиальная схема ИМС К2ИД231

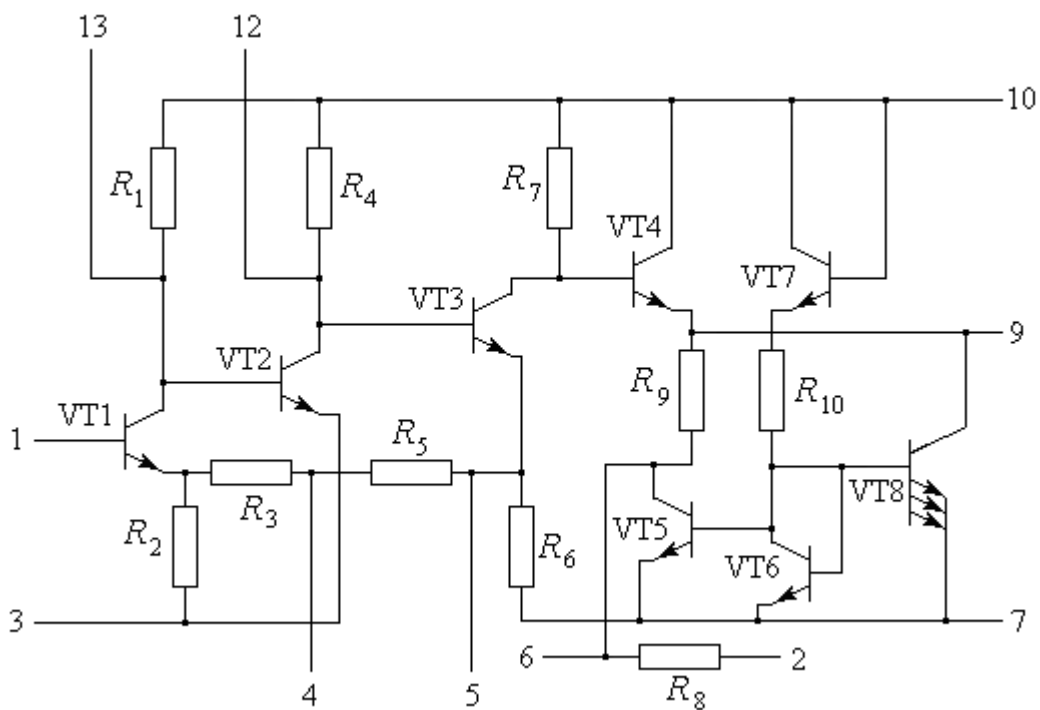


Рисунок 8 – Принципиальная схема ИМС КР123УН1

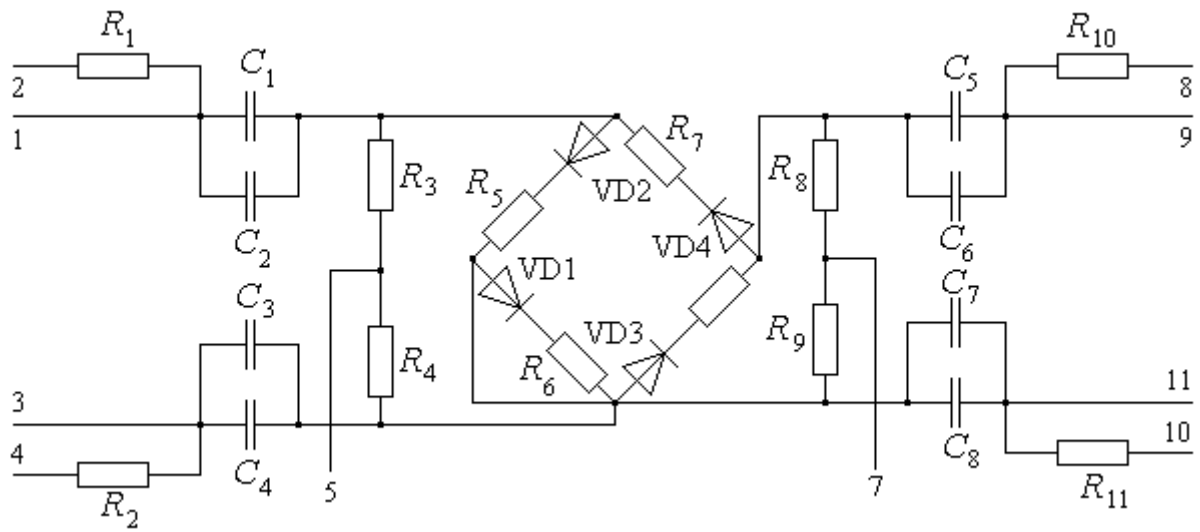


Рисунок 9 – Принципиальная схема ИМС 235МП1

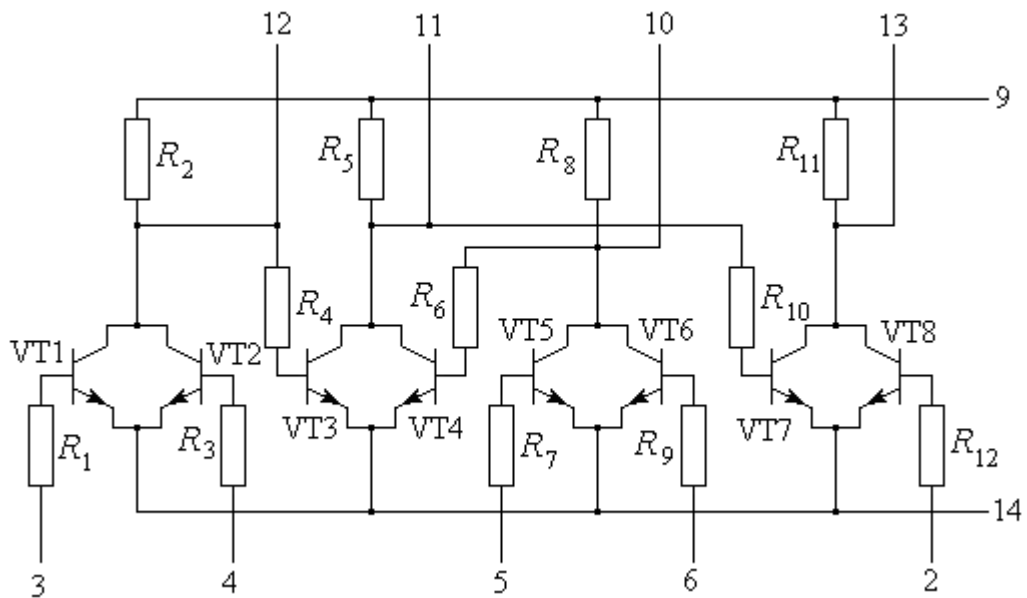


Рисунок 10 – Принципиальная схема ИМС К113ИЛ1

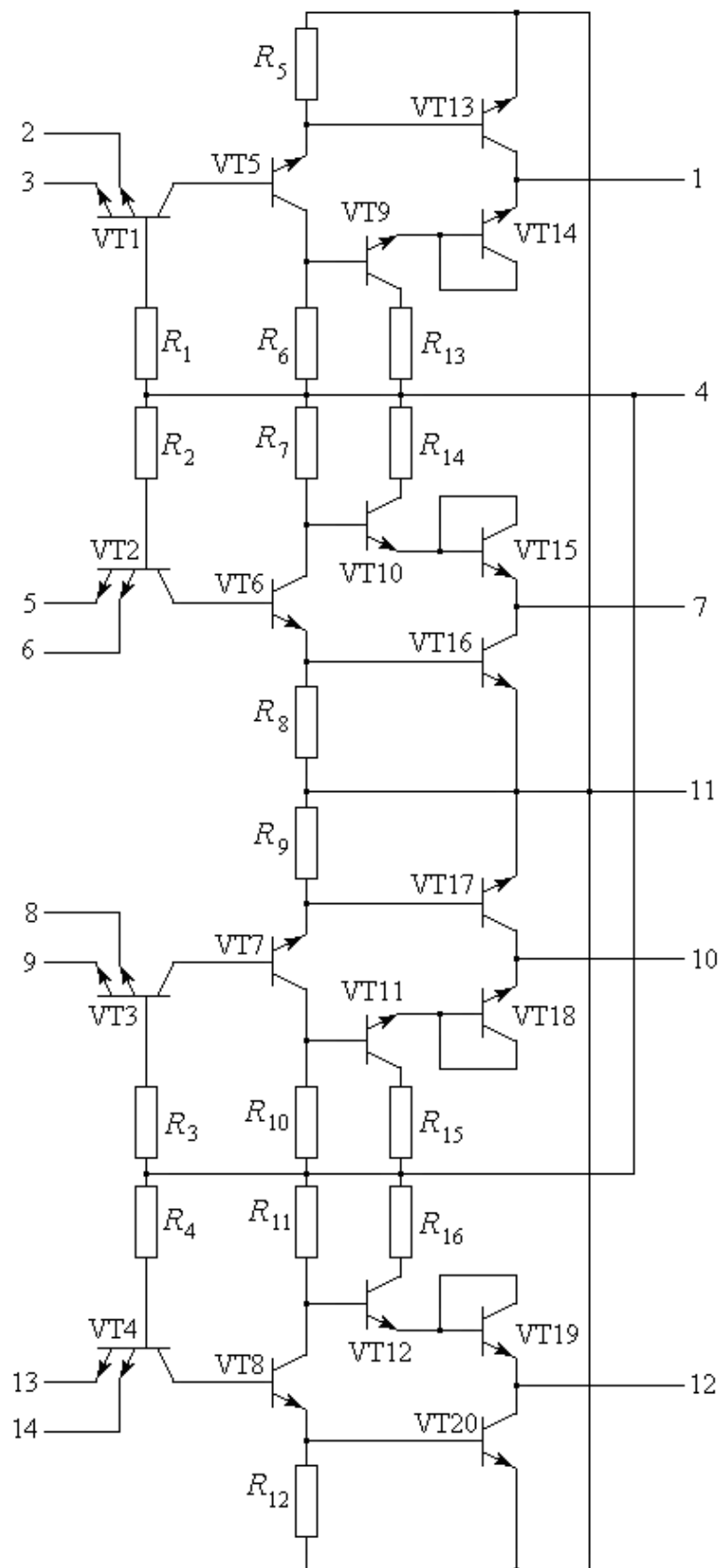


Рисунок 11 – Принципиальная схема ИМС К134ЛБ1

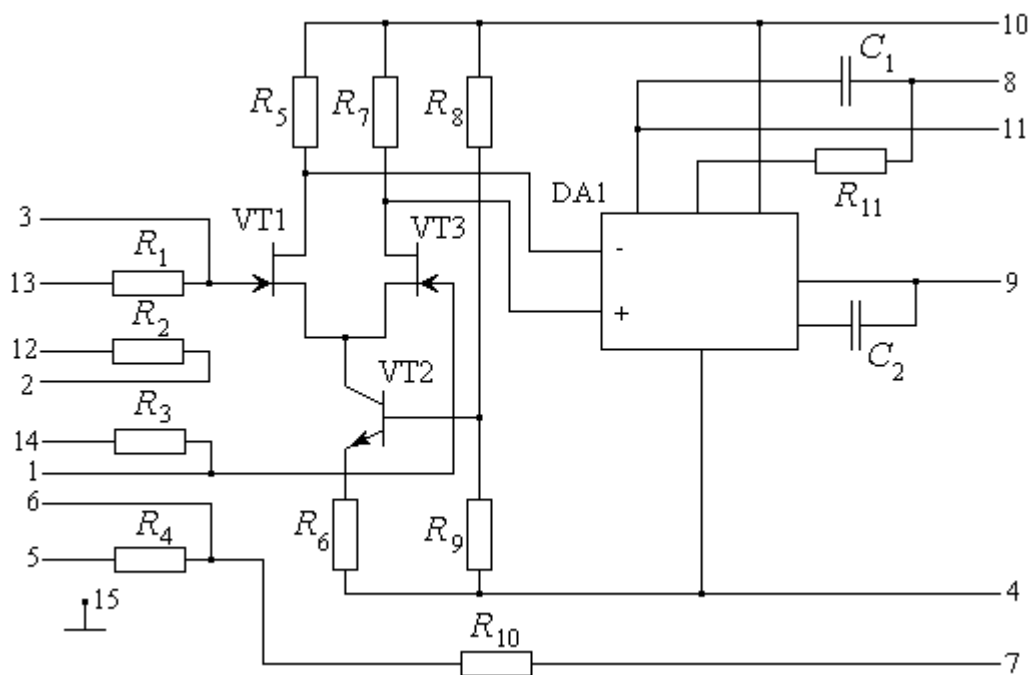


Рисунок 12 – Принципиальная схема ИМС 284УН1

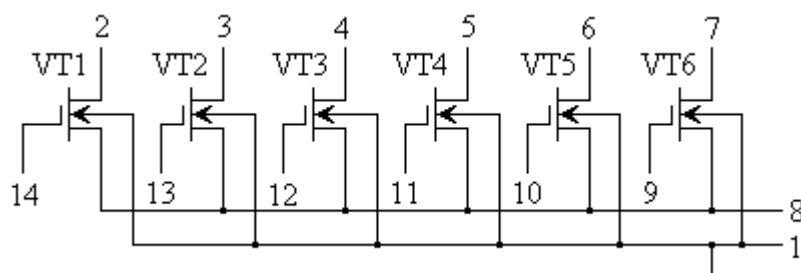


Рисунок 13 – Принципиальная схема ИМС К108КТ1

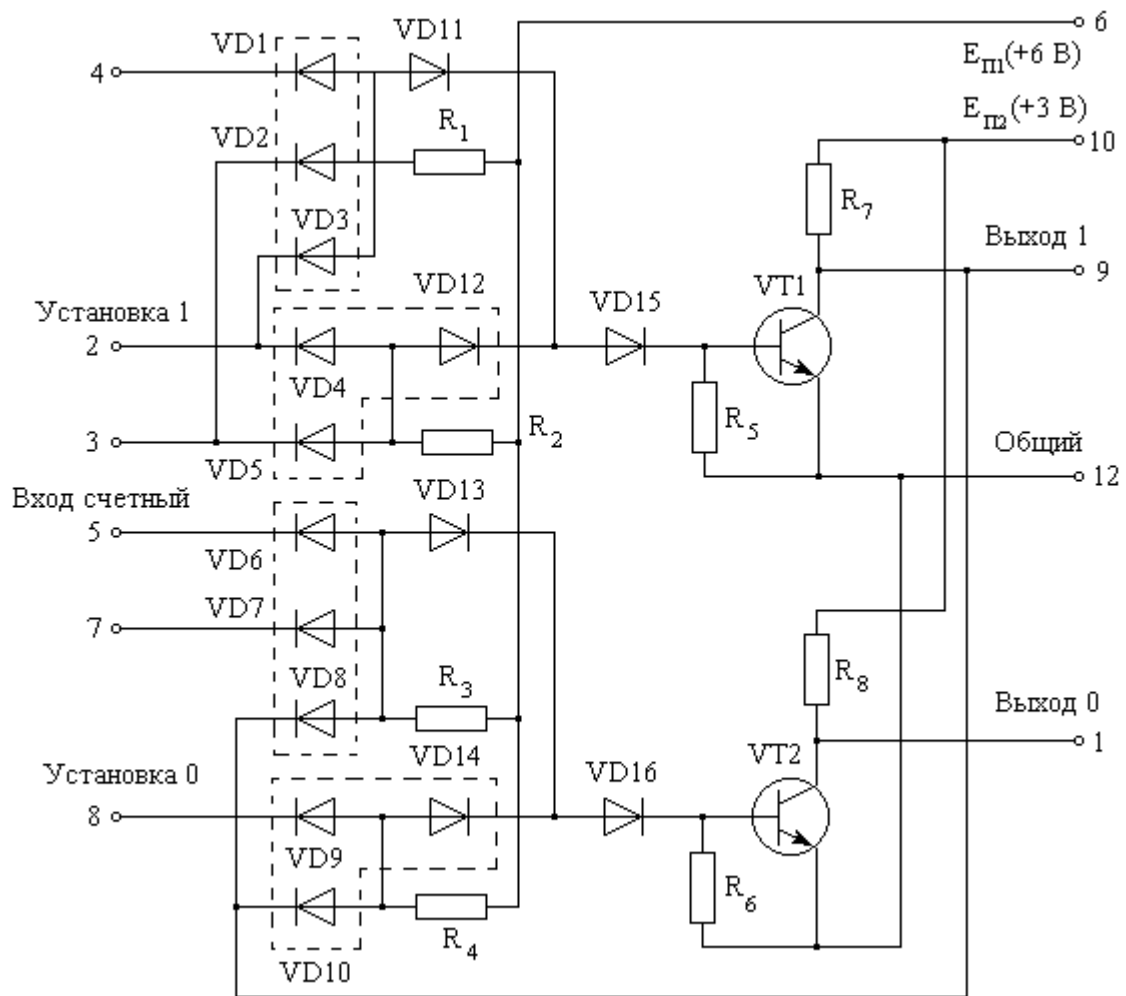


Рисунок 14 – Принципиальная схема ИМС К2ТК171Б

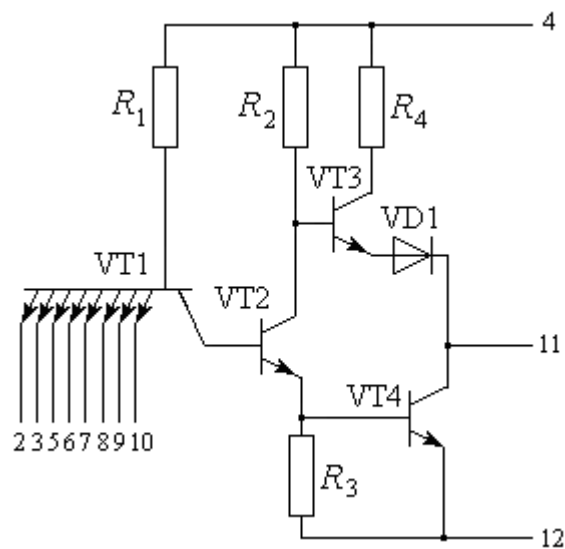


Рисунок 15 – Принципиальная схема ИМС КР134ЛA2

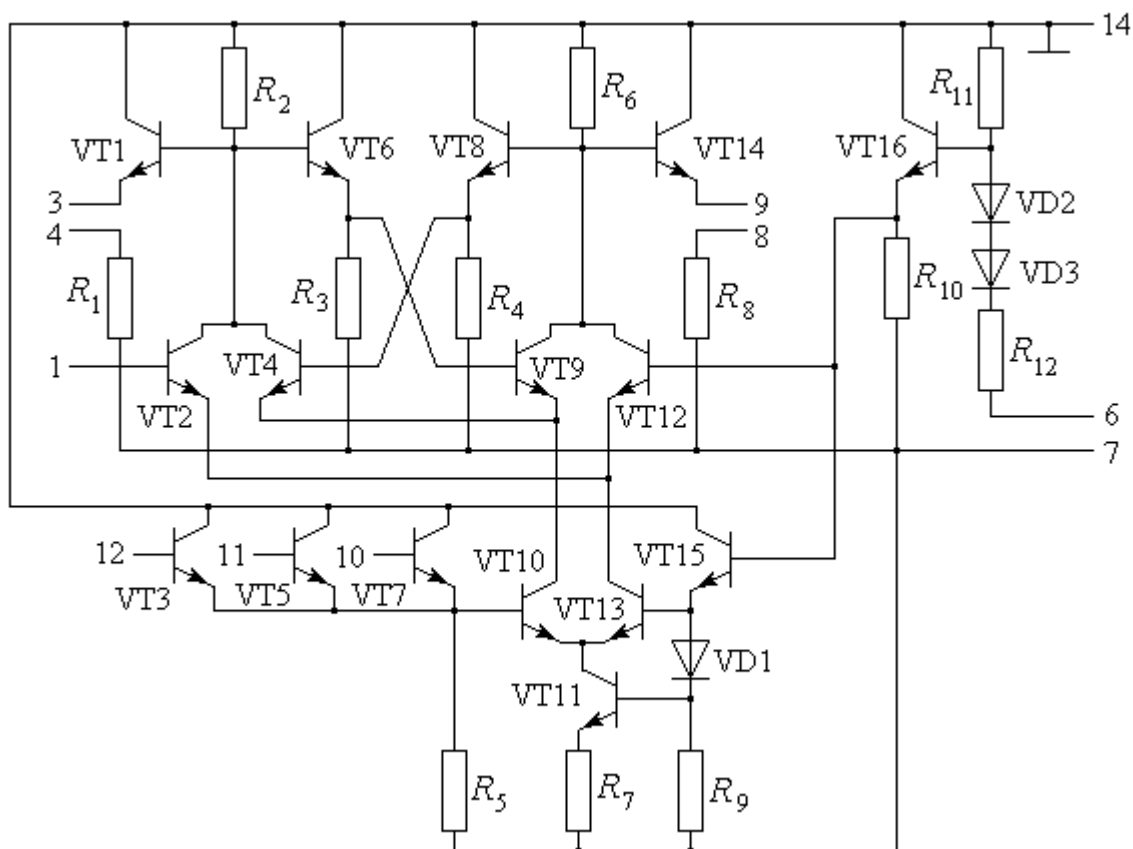


Рисунок 16 – Принципиальная схема ИМС К1ТР872

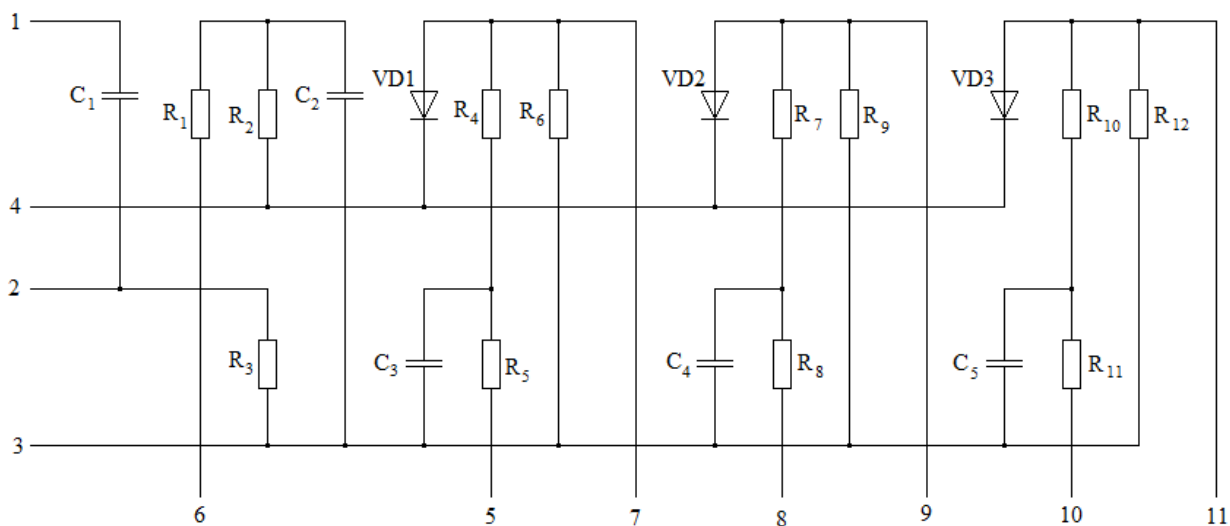


Рисунок 17 – Принципиальная схема ИМС 235КР2

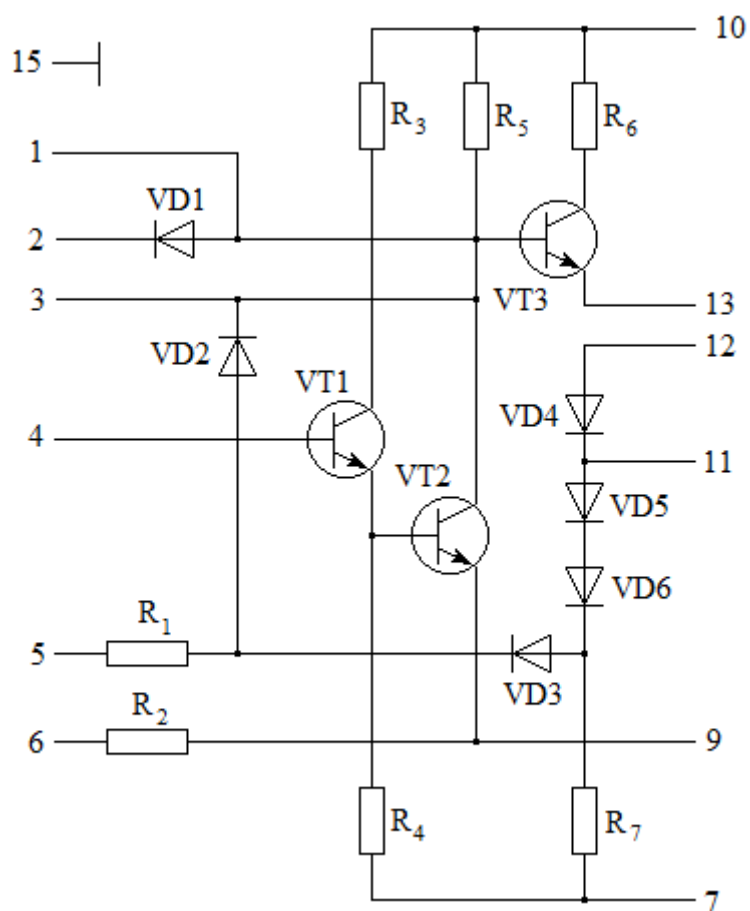


Рисунок 18 – Принципиальная схема ИМС 228СА1

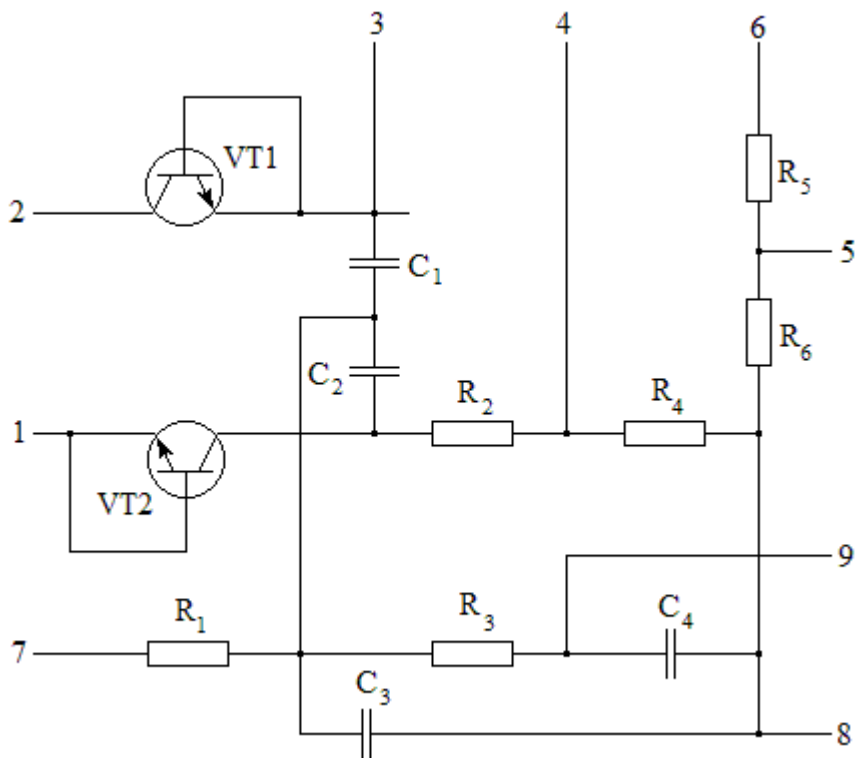


Рисунок 19 – Принципиальная схема ИМС К2ДС242

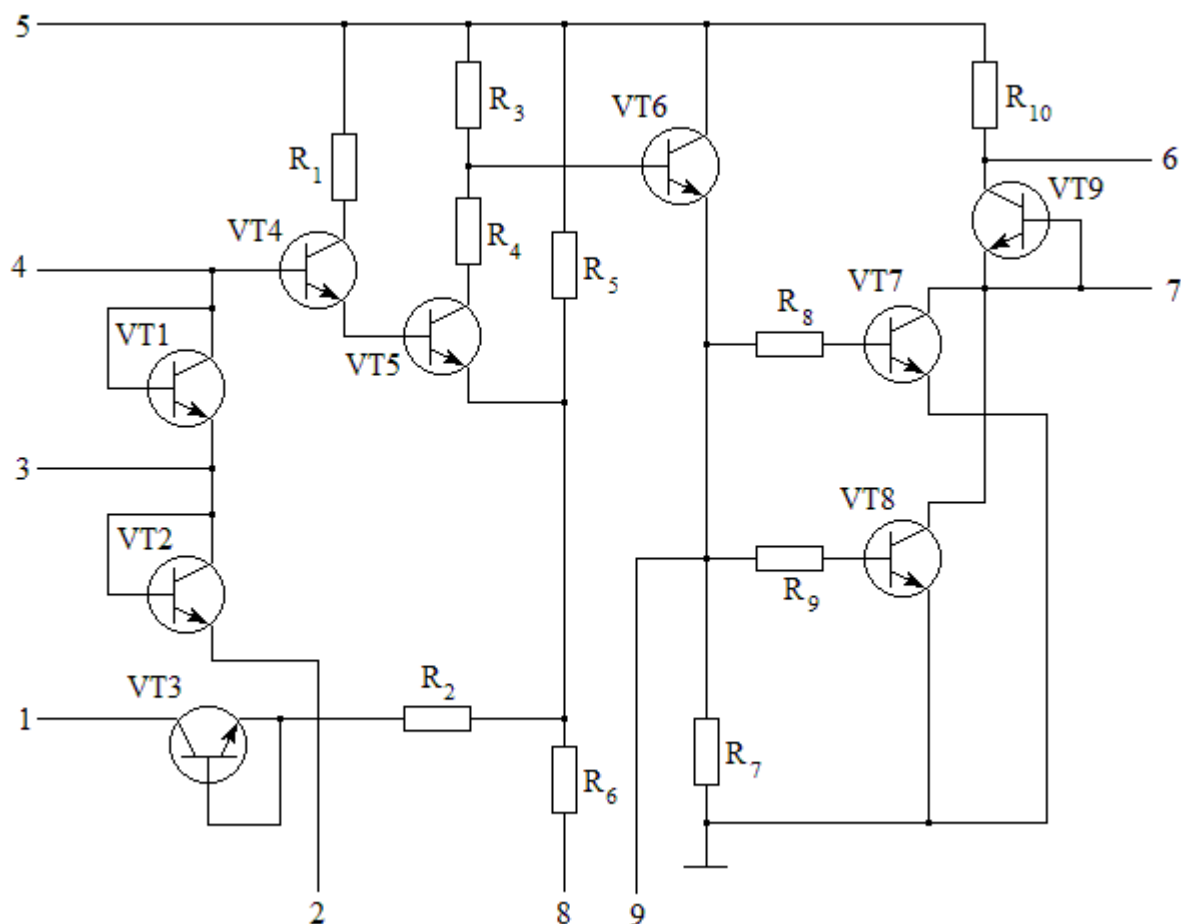


Рисунок 20 – Принципиальная схема ИМС К224ГТ2

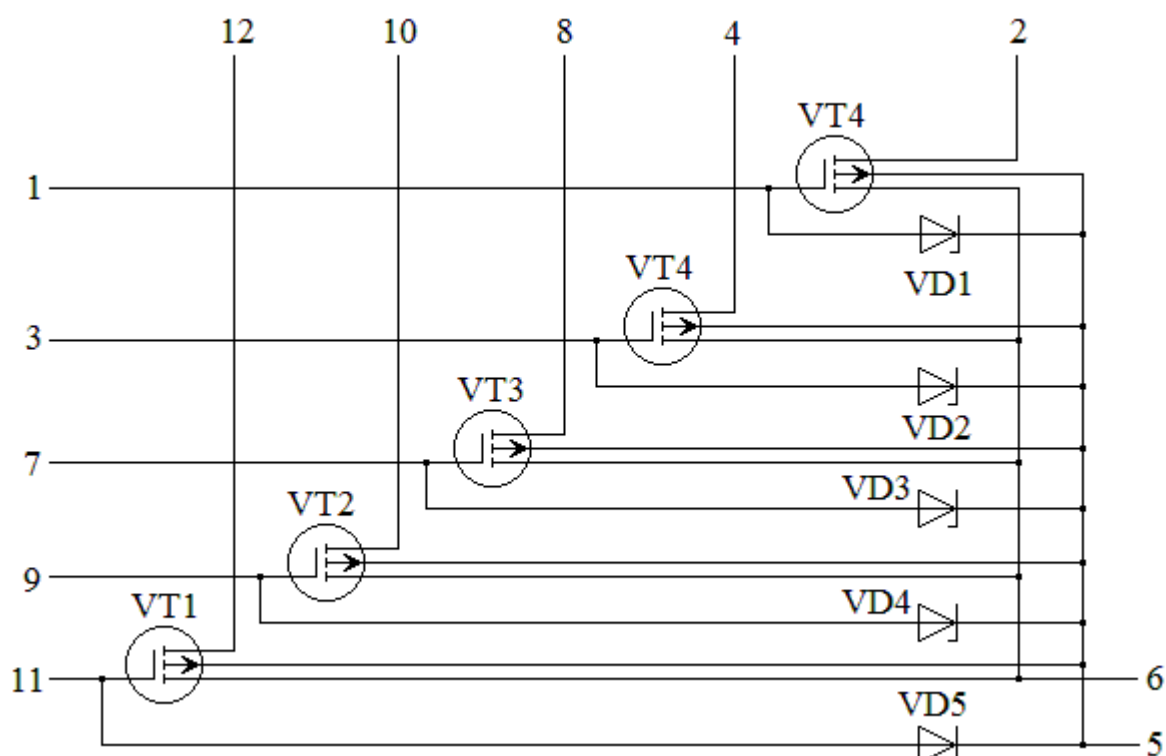


Рисунок 21 – Принципиальная схема ИМС К190КТ1

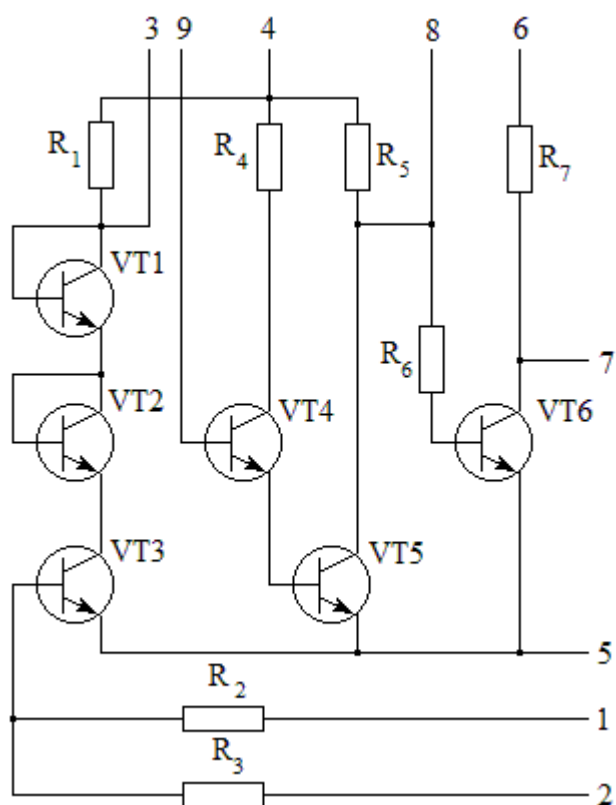


Рисунок 22 – Принципиальная схема ИМС К224АГ2

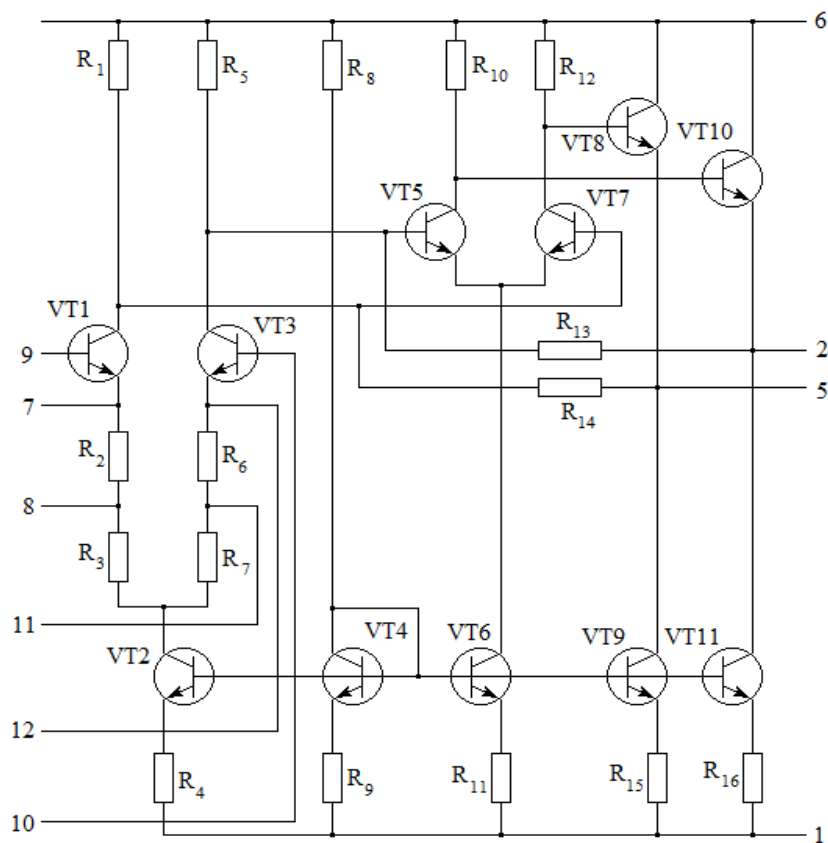


Рисунок 23 – Принципиальная схема ИМС 171УВ2

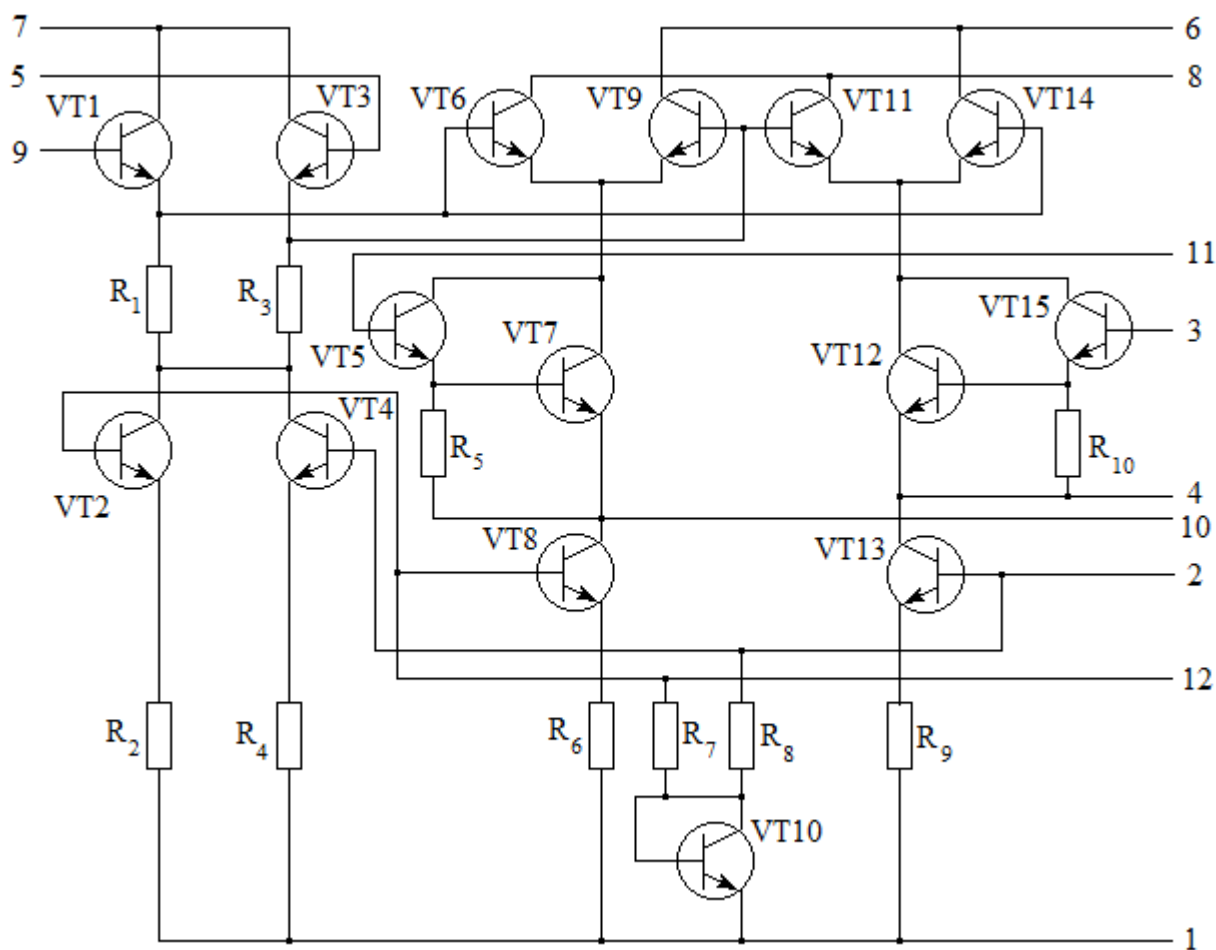


Рисунок 24 – Принципиальная схема ИМС К140МА1

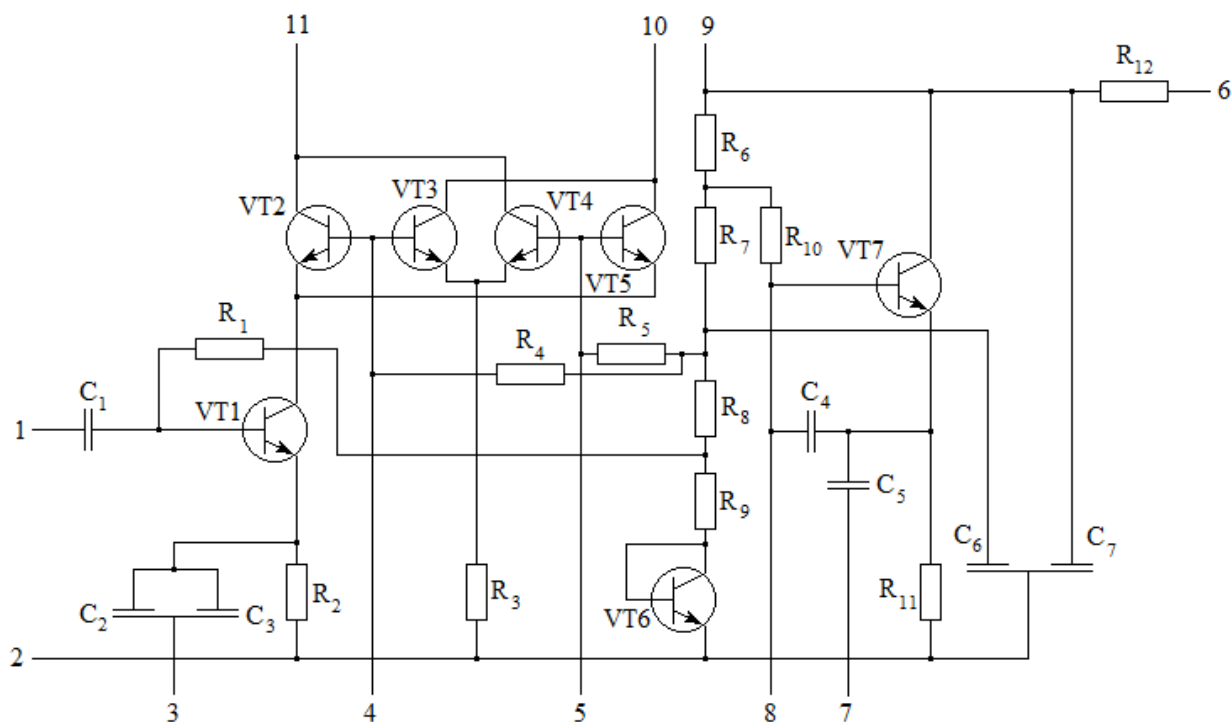


Рисунок 25 – Принципиальная схема ИМС 235PC2

Задание №3

Решите задачу в соответствии с выбранным вариантом:

1. При определении толщины защитной пленки Si_3N_4 интерференционным методом белый свет падает нормально на поверхность пленки. При этом поверхность пленки приобретает красный цвет ($\lambda = 650$ нм), а измеренный порядок интерференции равен $k = 4$. Определить толщину пленки нитрида кремния, если показатель преломления Si_3N_4 для красного света равен $n = 2,02$.

2. При контроле толщины защитной диэлектрической пленки способом микровзвешивания установили, что масса кремниевой пластины до и после нанесения защитной диэлектрической пленки составляет $m_1 = 5856$ мг и $m_2 = 5865$ мг, соответственно. Плотность материала оксидной пленки $\rho = 2200$ кг/м³, а кремниевая пластина имеет диаметр $D = 10$ см. Определить толщину диэлектрической пленки. Полагая, что размеры пластины известны с точностью $\pm 0,5$ мм, а масса пластины измерена с точностью ± 1 мг, вычислить с какой точностью будет определена толщина диэлектрической пленки.

3. При предварительных измерениях установили, что толщина диэлектрической пленки заключена в интервале от 0,3 до 0,5 мкм. При эллипсометрическом методе измерения толщины диэлектрической пленки SiO_2 свет с длиной волны $\lambda = 450$ нм падает на границу раздела воздух-диэлектрик под углом $\theta_0 = \pi/3$ рад. Отраженная волна имеет эллиптическую поляризацию, причем отношения амплитуд p - и s -волн (лежащей в плоскости падения, и перпендикулярной ей) составляет $\text{tg}\Psi = 0,5$, а сдвиг фаз между ними $\Delta = -2,151$ рад. Определить истинную толщину диэлектрической пленки h , полагая коэффициенты преломления кремния и диоксида кремния равными $n_2 = 3,4$ и $n_1 = 1,45$, соответственно. Поглощением света пренебречь.

4. Для контроля глубины залегания p - n -перехода был применен метод сферического шлифа диаметром $D = 50$ мм. При вращении под давлением шлиф оставляет за собой сферическую канавку с кривизной, превышающей глубину залегания p - n -перехода. После окрашивания в смеси азотной и плавиковой кислот часть лунки, соответствующая легированному p -слою вследствие окисления Si, темнеет. Пусть с помощью инструментального микроскопа с микрометрической насадкой произведено измерение внутреннего $d_2 = 0,15$ мм и внешнего $d_1 = 0,65$ мм диаметров потемнения. Определить глубину залегания p - n -перехода h .

5. Какова глубина залегания p - n -перехода d эмиттерного слоя с поверхностным сопротивлением $R_s = 4$ Ом/□, если при использовании четырехзондового метода измерения R_s с расстояниями между зондами $l_1 = 0,159$ см, $l_2 = 0,130$ см и $l_3 = 0,075$ см разность потенциалов между внутренними зондами составляет $\Delta U_{23} = 0,2$ мВ при токе между внешними зондами $I_{14} = 50$ мА.

6. Инфракрасное (ИК) излучение падает на поверхность эпитаксиального слоя под углом $\theta = \pi/3$ рад. Излучение частично отражается от поверхности слоя, а частично от границы раздела эпитаксиальный слой – подложка. По наблюдаемой интерференционной картине измеряют разность хода лучей $\Delta = 19,7$ мкм. Зная показатель преломления (для кремния $n = 3,4$) и пренебрегая поглощением излучения, определите толщину эпитаксиального слоя h .

7. Приповерхностный слой эпитаксиальной пленки, ориентированной вдоль кристаллографической плоскости (111), содержит дефекты упаковки в виде тетраэдров с основанием в плоскости пленки (рис. 26). Измеренное электронным микроскопом значение стороны основания тетраэдра составляет $a = 0,01$ мкм. Определить, на какую глубину h необходимо произвести травление?

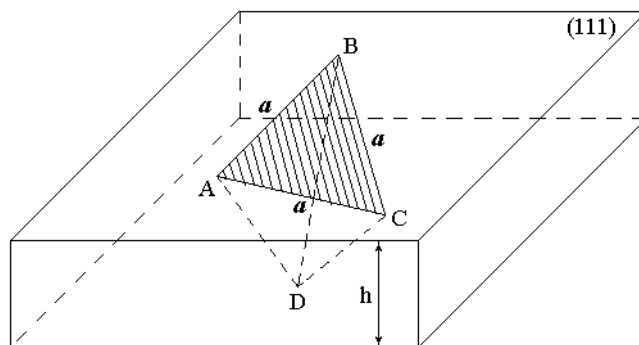


Рисунок 26 – Геометрия дефекта упаковки в приповерхностном слое эпитаксиальной пленки с кристаллографической ориентацией (111)

8. Приповерхностный слой эпитаксиальной пленки, ориентированной вдоль кристаллографической плоскости (110), содержит дефекты упаковки в виде пирамиды (рис. 27) с основанием в плоскости пленки. Измеренные электронным микроскопом значения сторон основания пирамиды составляют: $b = 0,025$ мкм и $a = 0,015$ мкм. Определить, на какую глубину h необходимо произвести травление?

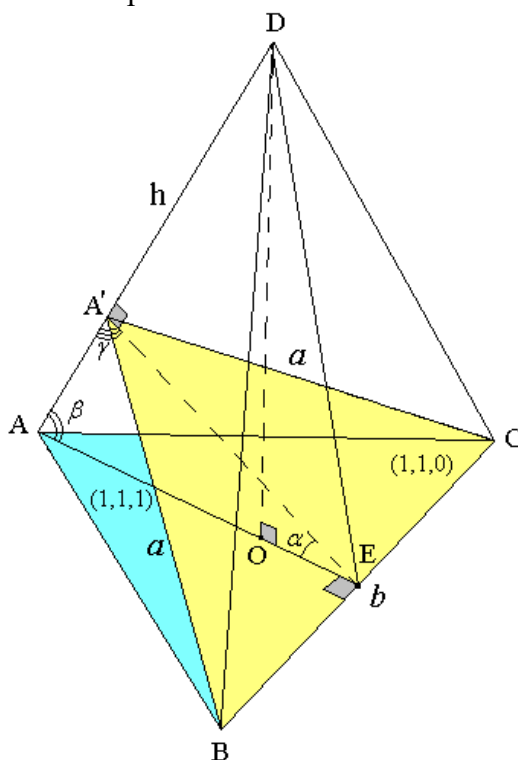


Рисунок 27 – Геометрия дефекта упаковки в приповерхностном слое эпитаксиальной пленки с кристаллографической ориентацией (110)

9. Поверхностное сопротивление базового слоя составляет $R_S = 160 \text{ Ом}/\square$. Диффузионный резистор на основе данного слоя содержит $n = 3$ петли с продольным размером проводящих полосок $a = 200 \text{ мкм}$. Какова должна быть ширина проводящих полосок, чтобы диффузионного резистора мог работать при постоянных напряжениях до $U_{\max} = 15 \text{ В}$, если предельно допустимая удельная мощность рассеяния составляет $P_{\max} = 2 \text{ Вт}/\text{мм}^2$?

10. Поверхностное сопротивление базового слоя составляет $R_S = 200 \text{ Ом}/\square$. Определить необходимое число петель с размерами $a = 20 \text{ мкм}$ и $b = 0,5 \text{ мкм}$, чтобы сопротивление такого диффузионного резистора (рис. 28) равнялось $R = 40,86 \text{ кОм}$?

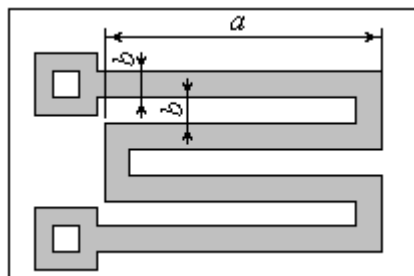


Рисунок 28 – Структура спирального диффузионного резистора на основе базового слоя

11. Для создания диффузионного резистора (рис. 29) с сопротивлением $R = 5 \text{ кОм} \pm 10\%$, ТКС $\alpha_R = -2 \cdot 10^{-3} \text{ К}^{-1}$ и номинальной мощностью $P = 0,125 \text{ Вт}$ в рамках эпитаксильно-планарной технологии была использована базовая область с удельным поверхностным сопротивлением $R_S = 250 \text{ Ом}/\square \pm 7\%$ и толщиной $d = 3 \text{ мкм}$. Какую следует выбрать ширину резистора b , если максимально допустимая удельная мощность рассеяния $P_{\max} = 2,5 \text{ Вт}/\text{мм}^2$, а рабочий температурный диапазон от 20°C до 70°C ?

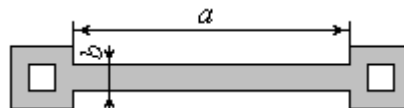


Рисунок 29 – Структура диффузионного резистора на основе базового слоя

12. Рассчитать номинальную мощность пинч-резистора (рис. 30) с геометрическими размерами $a_1 = a_3 = 92,5 \text{ мкм}$, $a_2 = 1 \text{ мм}$ и $b = 50 \text{ мкм}$, если удельные поверхностные сопротивления базового слоя и базового слоя под эмиттерным слоем составляют $R_S = 200 \text{ Ом}/\square$ и $R'_S = 10^4 \text{ Ом}/\square$, соответственно. При расчетах полагать, что максимально допустимая удельная мощность рассеяния равна $P_{\max} = 4 \text{ Вт}/\text{мм}^2$.

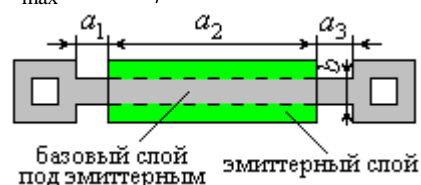


Рисунок 30 – Структура пинч-резистора на основе базового слоя под эмиттерным слоем

13. Рассчитать сопротивление R составного диффузионного резистора (рис. 31) с геометрическими размерами $a_1 = a_2 = 0,5$ мм и $b = 20$ мкм на основе эмиттерного слоя с удельным поверхностным сопротивлением $R_S = 4$ Ом/□. Определить сопротивление того же резистора при увеличении температуры на $\Delta T = 50$ К, если ТКС резистора равен $\alpha_R = 2 \cdot 10^{-4}$ К $^{-1}$.

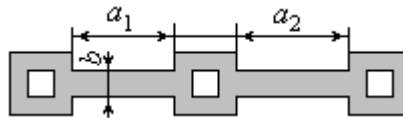


Рисунок 31 – Структура составного диффузионного резистора на основе эмиттерного слоя

14. Добротность диффузионного конденсатора на частоте $f_B = 1$ МГц составляет $Q_B = 80$. Какой добротностью Q_H будет обладать тот же конденсатор на частоте 500 Гц, если известно, что сопротивление утечки на низких частотах в 16 млн. раз больше чем сопротивление коллекторного слоя, на котором построен данный конденсатор?

15. Добротность диффузионного конденсатора на основе перехода база-коллектор на частоте $f_1 = 1$ МГц составляет $Q_1 = 75$. Какой добротностью Q_2 будет обладать тот же конденсатор на частоте $f_2 = 5$ МГц? Полагая емкость конденсатора равной $C = 100$ пФ, определите величину сопротивления потерь на высоких частотах.

16. Рассчитать емкость МДП конденсатора с диоксидом кремния в качестве диэлектрика, если толщина диэлектрика $d = 70$ нм, диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 4$ и электрической прочностью $E_{пр} = 10^7$ В/см, а металлическая обкладка имеет размеры 1,5 см на 1,5 см? До каких значений напряжения может эксплуатироваться такой конденсатор, если рабочее напряжение не должно превышать 50% от напряжения пробоя?

17. Пленочная катушка индуктивности (рис. 32) имеет размеры: $a = 3,64$ мм и $b = 40$ мкм. Какова индуктивность и добротность катушки на частоте $f = 100$ МГц, если удельная индуктивность составляет 15 нГн/мм 2 , а поверхностное сопротивление металлической пленки равно $R_S = 1,72$ мОм/□?

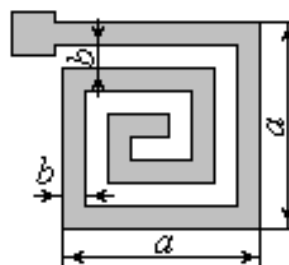


Рисунок 32 – Пленочная спиральная катушка индуктивности с витками прямоугольной формы

18. Рассчитать индуктивность пленочной катушки индуктивности с внутренним и внешним диаметрами $D_1 = 3,8$ мм и $D_2 = 6,5$ мм, соответственно, и числом витков $N = 11$. Витки нанесены на подложку толщиной $d_{п} = 0,25$ мм. Как измениться индуктивность, если на подложку нанести ферромагнитный слой толщиной $d_{ф} = 0,52$ с магнитной проницаемостью $\mu = 50$?

19. Рассчитать геометрические размеры пленочной спиральной катушки индуктивности (внешний и внутренний диаметры, шаг витков, ширину витка) на рабочую частоту $f = 250$ МГц с индуктивностью $L = 5$ нГн и добротностью $Q = 160$. Используйте оптимальное соотношение между диаметрами 0,4. Прочие дополнительные данные выберите самостоятельно.

20. Рассчитать индуктивность и добротность пленочной катушки индуктивности (рис. 33) на рабочую частоту $f = 100$ МГц с внутренним и внешним диаметрами $D_1 = 3$ мм и $D_2 = 8$ мм, соответственно. Катушка имеет $N = 13$ витков, витки выполнены из меди с удельным сопротивлением $\rho = 1,75 \cdot 10^{-6}$ Ом·см, ширина витков $b = 0,14$ мм, а их толщина $\delta = 10$ мкм.

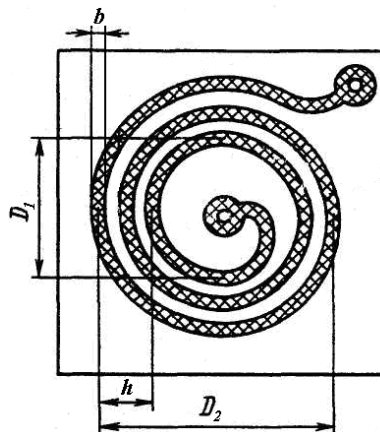


Рисунок 33 – Пленочная спиральная катушка индуктивности с витками круглой формы

21. Рассчитать индуктивность и добротность пленочной катушки индуктивности (рис. 34) на рабочую частоту $f = 50$ МГц с внутренним и внешним диаметрами $D_1 = 0,6$ мм и $D_2 = 3$ мм, соответственно. Катушка имеет $N = 3$ витка, витки выполнены из меди с удельным сопротивлением $\rho = 1,75 \cdot 10^{-6}$ Ом·см, ширина витков $b = 0,3$ мм, а их толщина $\delta = 10$ мкм.

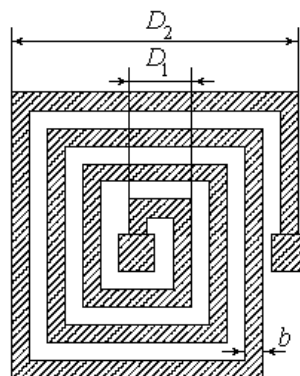


Рисунок 34 – Пленочная спиральная катушка индуктивности с витками прямоугольной формы

22. Рассчитать напряженность E ускоряющего поля в базе планарного транзистора, если известны: технологическая ширина базы $w_{60} = 1$ мкм, концентрация акцепторов на границе эмиттерного перехода $N_a = 5 \cdot 10^{18}$ см⁻³, максимальное напряжение на коллекторном переходе $U_{кб. max} = 30$ В.

23. Определить предельную частоту транзистора по емкости коллекторного перехода

f_k , если известны: максимальное напряжение на коллекторном переходе $U_{КБ.max} = 25$ В, поперечное распределенное сопротивление базового слоя под эмиттером в пассивной базе $r_{\bar{c}} = 200$ Ом, сопротивление высокоомного коллекторного слоя под активной частью коллекторного перехода $R_k = 100$ Ом, площадь активной части коллекторного перехода $S_k = 2 \cdot 10^{-4}$ см², рабочее напряжение на коллекторном переходе $U_{КБ.обр} = 10$ В?

24. Определить коэффициент усиления β_0 планарного транзистора, если концентрация донорной примеси в коллекторной области $N_d = 10^{15}$ см⁻³, время жизни неосновных носителей заряда (дырок) в базе $\tau_p = 5$ нс, напряженность ускоряющего поля в базе $E = 10^3$ В/см, а длины диффузионного смещения донорных и акцепторных примесей в базе связаны соотношением $L_d = \frac{1}{5} \cdot L_a$.

25. Определить технологическую ширину базы w_{60} планарного транзистора, не легированного золотом, если известно, что: максимальное напряжение на коллекторном переходе $U_{КБ.max} = 30$ В, время жизни неосновных носителей заряда (дырок) в базе $\tau_p = 5$ нс, концентрация акцепторов на границе эмиттерного перехода $N_a = 5 \cdot 10^{18}$ см⁻³, коэффициент усиления транзистора $\beta_0 = 60$, а длины диффузионного смещения донорных и акцепторных примесей в базе связаны соотношением $L_d = \frac{1}{3} \cdot L_a$.

Требования к оформлению

Контрольная работа оформляется в рукописном или печатном виде в отдельной тетради или на листах А4. Решение каждой задачи начинается с условия и схемы исследуемой электрической цепи (при наличии). Изображение элементов на схеме должно быть близким к требованиям ЕСКД.

Решение каждой задачи должно быть подробным и сопровождаться иллюстрациями (при наличии), выводом рабочих выражений, подстановкой исходных данных в конечное выражение, а также числовым ответом.

Для построения реальных характеристик рекомендуется использовать пакет прикладных программ MathCAD.

Приложение 5

Выбор варианта задания для контрольной работы (заочная форма обучения)

Выбор вариантов исходных данных осуществляется по двум последним цифрам шифра зачетной книжки в соответствии со следующей таблицей

Таблица 3

Выбор варианта выполняемых заданий

Вариант		Последняя цифра шифра									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Предпоследняя цифра шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	1	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	2	21	22	23	24	25	1	2	3	4	5
	3	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	4	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	6	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	7	21	22	23	24	25	1	2	3	4	5
	8	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	9	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25

Приложение 6

Контрольные вопросы по дисциплине

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 *n-p-n*: рабочие и паразитные параметры, типовой технологический цикл, разновидности (многоэмиттерный, многоколлекторный, с барьером Шоттки, супербета).
18. Транзисторы *p-n-p*: 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.