Министерство образования Республики Беларусь

Брестский государственный политехнический колледж

|  |  |
| --- | --- |
|  | Утверждаю  Заместитель директора по учебной работе  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Н.В. Ратникова  «\_\_\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2014г. |

ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОНИКИ И

МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

для выполнения домашних контрольных работ

для учащихся специальности

2-39 02-02 «Проектирование и производство радиоэлектронных средств»

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_для заочной\_формы обучения\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ (форма обучения\*)

2014

Разработал: Щеперка В.Н., преподаватель УО «Брестский государственный политехнический колледж».

Контрольные задания разработаны на основе типовой учебной программы дисциплины «Основы электроники и микроэлектроники», утвержденной Министерством образования Республики Беларусь 26.06.2008г.

Контрольные задания обсуждены и рекомендованы к использованию на заседании цикловой комиссии радиотехнических дисциплин.

Протокол № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2014г.

Председатель цикловой комиссии \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Л.П. Бойко\_\_\_\_\_\_\_\_

(подпись) (инициалы, фамилия)

**Содержание**

**Введение........................................................................................... 4**

**1 Примерный тематический план учебной дисциплины..... 8**

**2 Перечень рекомендуемой литературы................................. 10**

**3 Задания для домашней контрольной работы и**

**методические указания по их выполнению…………......... 11**

**3.1 Задача 1………………………………………………………… 12**

**3.2 Методические указания по выполнению задачи 1………… 15**

**3.3 Задача 2…………………………………………………………… 16**

**3.4 Методические указания по выполнению задачи 2………… 21**

**3.5 Задача 3…………………………………………………………… 22**

**3.6 Методические указания по выполнению задачи 3…………. 38**

**3.7 Задача 4…………………………………………………………… 43**

**3.8 Методические указания по выполнению задачи 4………… . 46**

**3.9 Задача 5……………………………………………………………. 47**

**3.10 Методические указания по выполнению задачи 5………… 52**

**3.11 Задача 6………………………………………………………… 52**

**3.12 Методические указания по выполнению задачи 6……….. 53**

**3.13 Задача 7…………………………………………………… 55**

**3.14 Методические указания по выполнению задачи 7……… 56**

**3.15 Задача 8………………………………………………………… 57**

**3.16 Методические указания по выполнению задачи 8……… 58**

**3.17 Задача 9………………………………………………………… 59**

**3.18 Методические указания по выполнению задачи 9……… 61**

**3.19 Задача 10………………………………………………………… 61**

**3.20 Методические указания по выполнению задачи 10…… 67**

**ПРИЛОЖЕНИЕ А Основные электрические параметры**

**некоторых типов диодов……………………… 68**

**ПРИЛОЖЕНИЕ Б Основные электрические параметры**

**некоторых типов транзисторов…………… 70**

**ПРИЛОЖЕНИЕВ Схемы включения полупроводниковых**

**диодов транзисторов………………………… 71**

**Введение**

Электроника представляет собой бурно развивающую область науки и техники. Это наука о взаимодействии электронов с электромагнитными полями и о методах создания на основе этого взаимодействия электронных устройств. Она изучает принципы устройства электронных приборов и физические основы работы этих приборов, их характеристики, параметры и важнейшие свойства, определяющие возможность их применения в радиоэлектронной аппаратуре (РЭА). Электроника, изучающая электронные приборы, в которых протекают токи в единицы, десятки и даже в сотни ампер называется *силовой электроникой.*

Электроника прошла несколько этапов развития, за время которых сменилось несколько поколений элементной базы: дискретная электроника на электровакуумных приборах и полупроводниках, интегральная электроника микросхем, больших и сверхбольших интегральных схем (БИС, СБИС), микропроцессоров, микроконтроллеров, функциональная электроника.

Элементная база первого поколения (20 – 50 г.г. 20 века), была построена с использованием электровакуумных ламп, дискретных электрорадиоэлементов (ЭРЭ), проводных электрических связей. Сложность технологии электровакуумных приборов, небольшой срок службы, значительные габаритные размеры и масса, большое потребление электроэнергии послужили стимулом к появлению второго поколения электроники.

Ко второму поколению (50 – 60 г.г.) относят конструкции РЭС на полупроводниковых приборах, которые по сравнению с электровакуумными приборами имеют меньшие габаритные размеры и массу потребляемую энергию, больший КПД, срок службы и надежность, меньшую стоимость.

Действие почти всех полупроводниковых приборов основано на использовании свойств р – n перехода, представляющего собой границу полупроводников с электропроводностью р – и n – типа в монокристалле. В полупроводниковых приборах используют выпрямительные свойства р – n перехода (выпрямительные диоды низко- и высокочастотные, а также силовые диоды), его управляемую напряжением емкость (варикапы, параметри­ческие диоды), явление пробоя (стабилитроны), отрицательное сопротивление р – n переходов с высокой концентрацией примеси (туннельные диоды).

*Основным полупроводниковым прибором следует считать транзистор, обладающий усилительными свойствами.* Появление транзистора в конце сороковых – начале пятидесятых годов послужило толчком к стремительному развитию полупроводниковой электроники. Промышленностью выпускаются преимущественно биполярные и полевые транзисторы. Биполярный транзистор содержит два близко (на расстоянии около 1 мкм и менее) расположенных друг к другу р – n перехода, сопротивление одного из которых (коллекторного) зависит от прямого тока, протекающего через другой (эмиттерный). Работа полевых транзисто­ров основана на изменении сопротивления тонкого приповерхностного слоя полупроводника (канала) под действием электрического поля (напряжения), подаваемого на изолированный от канала (р – n переходом или диэлектриком) элект­род (затвор). Промышленность выпускает транзисторы, предназначен­ные для работы в широком диапазоне напряжений, токов и частот, в том числе в микроминиатюрном исполнении (бескорпусные). Выпускаются также приборы, содержащие три р – n перехода – тиристоры, эквивалент­ные по свойствам электрически управляемым ключам и используемые главным образом в устройствах автоматики.

К третьему поколению (60 –70 г.г.) относят конструкции на печатных платах (ПП) и интегральных микросхемах (ИМС) малой степени интеграции. Технология изготовления аппаратуры на микросхемах упрощается, т.к. уменьшается общее число деталей и соединений между ними. Благодаря этому увеличивается надежность аппаратуры, уменьшаются ее габаритные размеры и масса.

*Появление ИМС сыграло решающую роль в развитии электроники, положив начало новому этапу – микроэлектроники.*

Полупроводниковая интегральная микросхема представляет собой множество полупроводниковых приборов (транзисторов, диодов) и других радио компонентов (резисторов, конденсаторов), изготовленных на небольшом кристалле полупроводника прямоугольной формы и соединенных друг с другом тонкопленочными металлическими проводниками. Получаемая сложная электрическая схе­ма выполняет определенную функцию преобразования и обработки сигнала. Микросхему герметизируют в корпусе, имеющем внешние выводы.

Выпускаются интегральные микросхемы, предназначенные для обработки как аналоговых, т.е. плавно изменяющихся сигналов, так и цифровых сигналов, т.е. последовательностей импульсов определенной амплитуды, представляющих данные в виде чисел.

*Аналоговые микросхемы* применяют в измерительных устройствах, системах автоматического регулирования. *К универсальным элементам аналоговой электроники относится операционный усилитель*, позволяю­щий строить на его основе различные устройства — усилитель, генератор сигналов синусоидальной или другой формы, интегратор, дифференциа­тор, сумматор и множество других.

*На цифровых интегральных микросхемах выполнены устройства и системы обработки больших потоков цифровой информации* – системы автоматического регулирования, ЭВМ большой и малой производительности, а также микро – ЭВМ, предназначенные, как правило, для узкого применения. Почти все современное технологическое оборудование, в том числе оборудование полупроводникового и электровакуумного производства, оснащено встроенными автоматизированными системами управления технологическим процессом на основе микро – ЭВМ.

В конструкции РЭА четвертого поколения (70 – 80г.г.) применены большие интегральные схемы (БИС), многослойные ПП, гибкие печатные шлейфы, микрополосковые линии.

В конструкции РЭА пятого поколения (80 – 90 г.г. по настоящее время) широкое применение нашли: чип ЭРЭ, приборы с переносом заряда, микропроцессоры и микроконтроллеры, а также такая область электроники, как функциональная микроэлектроника.

Основными тенденциями в современном производстве РЭА являются: уменьшение потребляемой мощности, повышение надежности и срока службы, упрощение технологии.

В последнее время все более эффективно внедряется микропроцессорная и микроконтроллерная техника. Это позволило создать, например, телевизоры с цифровой обработкой сигналов, что в значительной мере повысило качество изображения; миниатюрные сотовые телефоны, электронные записные книжки, переносные электронные игры и прочее.

Основными технологическими направлениями развития электроники и микроэлектроники являются:

- миниатюризация;

- повышение качества продукции;

- механизация и автоматизация производства;

- создание новых технологий, позволяющих упростить технологические процессы, сократить время изготовления, повысить качество, уменьшить отходы производства, а также уменьшить выбросы вредных веществ в окружающую среду.

Целью изучения дисциплины «Основы электроники и микроэлектроники» является формирование знаний по полупроводниковой элементной базе и основам электронной схемотехники современных РЭС, а также навыков экспериментальных исследований полупроводниковых приборов, интегральных микросхем и электронных устройств.

Успешное освоение учебного материала базируется на знаниях физики, химии, теоретических основ электротехники, материаловедения.

В результате изучения дисциплины учащиеся должны *знать на уровне представления:*

– новые разработки структур электронных приборов и интегральных микросхем;

– особенности использования электронных приборов и интегральных микросхем;

– основные тенденции развития и современные достижения методов проектирования интегральных микросхем.

*знать на уровне понимания:*

– устройство, принцип действия, характеристики, области применения интегральных микросхем, полупроводниковых, фотоэлектронных и оптоэлектронных приборов;

– принципы построения типовых электронных схем, применяемых в телемеханике, автоматике и вычислительной технике;

– технологические методы, средства изготовления и особенности организации производства электронных приборов.

*уметь:*

– осуществлять расчет и конструирование полупроводниковых приборов и базовых электронных схем;

– собирать схемы и выполнять эксперименты по исследованию полупроводниковых приборов и устройств;

– осуществлять анализ работы базовых электронных схем.

**1 Примерный тематический план**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Количество часов | | |
| Раздел, тема |  | Количество часов | |
|  | всего | на лабор.­ работы | на практи­ч. работы |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| **Введение** | **2** |  |  |
| **Раздел 1. Физические основы** | **10** |  |  |
| **полупроводников** |  |  |  |
| 1.1. Основы зонной теории твердого тела и | 2 |  |  |
| собственные полупроводники |  |  |  |
| 1.2. Примесные полупроводники и их ­ | 2 |  |  |
| проводимость |  |  |  |
| 1.3. Контактные явления и полупроводниковые | 4 |  |  |
| переходы |  |  |  |
| 1.4. Оптические и фотоэлектрические явления | 2 |  |  |
| в полупроводниках |  |  |  |
| **Раздел 2. Полупроводниковые компоненты компоненты** | **33** | **8** | **4** |
| **компоненты** |  |  |  |
| 2.1. Полупроводниковые резисторы | 2 |  |  |
| 2.2. Полупроводниковые диоды | 10 | 2 | 2 |
| 2.3. Транзисторы | 12 | 4 | 2 |
| 2.4. Четырехслойные полупроводниковые | 6 | 2 |  |
| приборы (тиристоры) |  |  |  |
| 2.5. Шумы полупроводниковых | 2 |  |  |
| приборов |  |  |  |
| *Обязательная контрольная работа №1* | 1 |  |  |
| **Раздел 3. Элементы и компоненты** | **10** |  |  |
| **интегральных схем** | 2 |  |  |
| 3.1. Интегральные схемы |  |  |  |
| 3.2. Элементы и компоненты гибридных | 4 |  |  |
| интегральных схем |  |  |  |
| 3.3. Элементы и компоненты | 4 |  |  |
| полупроводниковых интегральных схем |  |  |  |
| **Раздел 4. Основы электронной** | **41** | **10** | **2** |
| **схемотехники** |  |  |  |
| 4.1. Параметры и характеристики | 2 |  |  |
| аналоговых и цифровых электронных |  |  |  |
| устройств |  |  |  |
| 4.2. Режимы работы усилительных | 2 |  |  |
| элементов по постоянному току |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
| 4.3. Обратная связь и ее влияние на  показатели усилителей | 2 |  |  |
| 4.4. Каскады предварительного | 8 | 4 |  |
| усиления |  |  |  |
| 4.5. Широкополосные и избирательные и | 2 |  |  |
| усилители |  |  |  |
| 4.6. Оконечные каскады усиления | 2 |  |  |
| 4.7. Усилители постоянного тока | 2 |  |  |
| 4.8. Операционные усилители и их | 6 | 2 |  |
| применение для создания устройств  аналоговой обработки сигналов |  |  |  |
| 4.9. Генераторы синусоидальных колебаний  4.10. Схемотехника цифровых интегральных | 2 | 2 |  |
| схем | 10 | 2 | 2 |
| Обязательная контрольная работа № 2 | 1 |  |  |
| **Раздел 5.**Устройства отображения | **4** |  |  |
| информации |  |  |  |
| 5.1. Устройства отображения информации на  электронно-лучевых трубках | 2 |  |  |
| 5.2. Полупроводниковые индикаторы | 2 |  |  |
|  |  |  |  |
| **Итого** | **100** | **18** | **6** |

1. **Перечень рекомендуемой литературы**

**2.1 Основная литература**

1**. Галкин, В.И.** Промышленная электроника / В.И. Галкин. Мн.,1989.

2. **Гусев, В.Г.** Электроника / В.Г. Гусев, Ю.М. Гусев. М., 1991.

3. **Жеребцов, И.П.** Основы электроники / И.П. Жеребцов, Л., 1989.

4. **Лачин, В.И**. Электроника / В.И. Лачин, Н.С. Савелов. Ростов-на

Дону, 2005.

5. **Нефедов, В. И**. Основы радиоэлектроники / В.И. Нефедов, М., 2000.

6. **Федотов, В.И.** Основы электроники / В.И. Федотов.М., 1990.

**2.2 Дополнительная литература**

1. **Василенко, B.C.**Электроника и микроэлектроника / B.C. Василенко, М.С.Хандогин. Мн., 2003.
2. **Ворсин, Н.Н.** Основы радиоэлектроники / Н.Н. Ворсин, Н.М. Ляшко.

Мн., 1992.

3.  **Гольцев, В.Р**. Электронные усилители /В.Р. Гольцев [и др.]. М.,1990.

4. **Мокеев, O.K**. Полупроводниковые приборы и микросхемы / O.K.

Мокеев. М., 1987.

5. **Нефедов, А.В.** Интегральные микросхемы и их зарубежные аналоги:

справочник: в 12 т. / А.В. Нефедов. М., 2002.

6. **Петухов, В.М.** Транзисторы и их зарубежные аналоги: справочник: в

4 т. / В.М. Петухов. М., 2000.

7. **Транзисторы** для аппаратуры широкого применения: справочник/

К.М. Брежнева [и др.]; под ред. Б.Л.Перельмана. М., 1981.

8. **Хрулев, А.К.** Диоды и их зарубежные аналоги: справочник: в 3 т. /

А.К. Хрулев, В.П. Черепанов. М., 2002.

9. **Григорьев, О.П.** Тиристоры. Справочник **/** О.П. Григорьев [и др.].

М., 1990

10. **Богданович, М.И.** Цифровые интегральные микросхемы / М.И.

Богданович [и др.]. М.,1991.

**3 Задания для домашней контрольной работы и методические указания по их выполнению**

Домашняя контрольная работа состоит из 10 задач. Перед решением каждой задачи необходимо изучить методические рекомендации. Ответы на вопросы задач должны быть достаточно полными, конкретными и четкими.

Вариант контрольного задания определяется по двум последним цифрам шифра (номера зачётной книжки) учащегося. Например, учащийся, имеющий шифр 321, выполняет вариант 21 (см. таблицу вариантов контрольной работы).

При оформлении работ следует придерживаться следующих требований:

1. Контрольная работа выполняется на стандартных листах формата А4 с пронумерованными страницами машинным способом с применением печатающих и графических устройств вывода ЭВМ.

2. Контрольная работа включает:

- титульный лист;

- содержание;

- основную часть;

- список использованных источников.

3.Титульный лист является первым листом и оформляется в соответствии с приложением Д стандарта предприятия СТП БГПК 001– 2011.

4. Текстовая часть домашней контрольной работы также оформляется в соответствии со стандартом предприятия СТП БГПК 001– 2011.

5. Последовательность заполнения листов домашней контрольной работы должна выдерживаться в соответствии с заданием. Условие каждой задачи должно быть приведено полностью. После полной записи условия приводится таблица с исходными данными задачи своего варианта.

6. Все элементы схем и графики должны вычерчиваться в соответствии с ЕСКД. Обязательно обозначение координат осей с откладываемыми величинами и единицами их измерения.

7. Все рисунки и таблицы должны быть пронумерованы сквозной нумерацией.

8. После решения последней задачи должен быть приведен список использованной литературы.

9. Домашняя контрольная работа помещается в папку с верхним прозрачным листом.

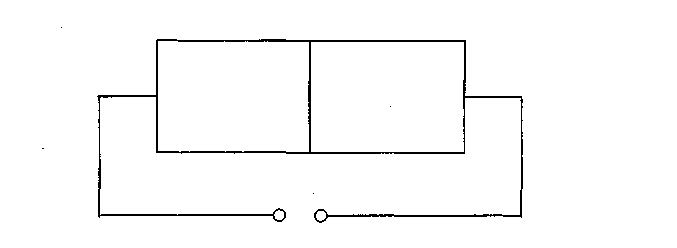
10. Работа должна быть выполнена и предоставлена на рецензию своевременно, в соответствии с учебным графиком. После получения зачтенной работы необходимо внести дополнения и исправления по замечаниям рецензии.

Если работа не зачтена, учащийся выполняет ее заново.

11. При затруднении в выполнении какого – либо задания учащийся может обратиться к преподавателю за консультацией.

**3.1 Задача 1**

1. Приведите условное изображение р-n перехода с подключением к нему источников питания (рисунок 1). Нанесите на изображенном р-n переходе заданные носители заряда с указанием направления их перемещения (таблица 1).



**Рисунок 1 – Условное обозначение р-n – перехода с источником питания**

2. Обозначьте на рисунке тип проводимости обеих областей (р или п) и полярность источника питания, соответствующую заданному перемещению носителей заряда.

3. Отметьте, в каком направлении включен р-n – переход (в прямом или обратном).

4. Приведите вольт-амперную характеристику, соответствующую такому включению р-n – перехода для двух разных температур.

5. Укажите порядок величин тока и напряжения, соответствующих полученному направлению включения р-n – перехода.

**Таблица 1 – Варианты задачи 1**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № варианта | Тип носителей заряда | Знак перемещающихся носителей заряда (Н.З.) | Направление перемещения |
| 00 | О.Н. | – | Справа налево |
| 01 | О.Н. | + | Слева направо |
| 02 | Н.Н. | + | Справа налево |
| 03 | О.Н. | – | Справа налево |
| 04 | Н.Н. | + | Слева направо |
| 05 | О.Н. | + | Справа налево |
| 06 | Н.Н. | – | Справа налево |
| 07 | О.Н. | – | Слева направо |
| 08 | Н.Н. | + | Слева направо |
| 09 | О.Н. | + | Слева направо |
| 10 | Н.Н. | – | Справа налево |
| 11 | О.Н. | – | Слева направо |
| 12 | Н.Н. | + | Справа налево |

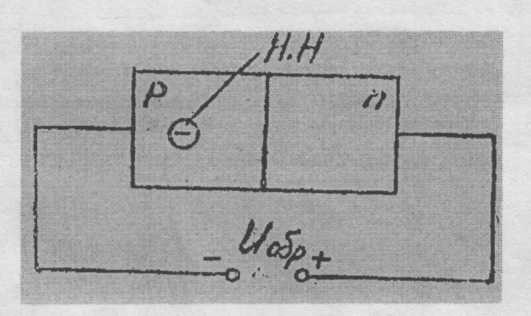
|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Продолжение таблицы 1** | | | |
| 13 | О.Н. | + | Справа налево |
| 14 | Н.Н. | – | Слева направо |
| 15 | О.Н. | – | Справа налево |
| 16 | Н.Н. | + | Слева направо |
| 17 | О.Н. | + | Справа налево |
| 18 | Н.Н. | – | Слева направо |
| 19 | О.Н. | – | Слева направо |
| 20 | Н.Н. | – | Справа налево |
| 21 | Н.Н. | + | Слева направо |
| 22 | О.Н. | + | Справа налево |
| 23 | О.Н. | + | Слева направо |
| 24 | О.Н. | – | Справа налево |
| 25 | Н.Н. | – | Справа налево |
| 26 | Н.Н. | – | Слева направо |
| 27 | О.Н. | + | Слева направо |
| 28 | О.Н. | + | Слева направо |
| 29 | О.Н. | – | Справа налево |
| 30 | Н.Н. | – | Слева направо |
| 31 | Н.Н. | – | Справа налево |
| 32 | Н.Н. | + | Слева направо |
| 33 | О.Н. | + | Слева направо |
| 34 | О.Н. | + | Справа налево |
| 35 | Н.Н. | – | Слева направо |
| 36 | Н.Н. | – | Справа налево |
| 37 | О.Н. | – | Справа налево |
| 38 | О.Н. | – | Справа налево |
| 39 | Н.Н. | + | Справа налево |
| 40 | О.Н. | – | Слева направо |
| 41 | О.Н. | + | Слева направо |
| 42 | О.Н. | + | Слева направо |
| 43 | Н.Н. | + | Слева направо |
| 44 | О.Н. | + | Справа налево |
| 45 | Н.Н. | + | Справа налево |
| 46 | О.Н. | – | Слева направо |
| 47 | Н.Н. | – | Слева направо |
| 48 | О.Н. | – | Справа налево |
| 49 | Н.Н. | – | Справа налево |
| 50 | О.Н. | + | Слева направо |
| 51 | Н.Н. | – | Справа налево |
| 52 | О.Н. | + | Справа налево |
| **Продолжение таблицы 1** | | | |
| 53 | Н.Н. | – | Слева направо |
| 54 | О.Н. | – | Слева направо |
| 55 | Н.Н. | + | Справа налево |
| 56 | О.Н. | – | Слева направо |
| 57 | Н.Н. | + | Слева направо |
| 58 | О.Н. | – | Справа налево |
| 59 | Н.Н. | – | Слева направо |
| 60 | О.Н. | + | Слева направо |
| 61 | Н.Н. | + | Справа налево |
| 62 | О.Н. | – | Справа налево |
| 63 | Н.Н. | + | Справа налево |
| 64 | О.Н. | – | Слева направо |
| 65 | Н.Н. | + | Слева направо |
| 66 | О.Н. | + | Справа налево |
| 67 | Н.Н. | – | Слева направо |
| 68 | О.Н. | + | Слева направо |
| 69 | Н.Н. | – | Справа налево |
| 70 | О.Н. | + | Справа налево |
| 71 | Н.Н. | – | Слева направо |
| 72 | О.Н. | + | Справа налево |
| 73 | Н.Н. | + | Справа налево |
| 74 | О.Н. | + | Слева направо |
| 75 | Н.Н. | – | Справа налево |
| 76 | О.Н. | – | Слева направо |
| 77 | Н.Н. | – | Слева направо |
| 78 | О.Н. | + | Справа налево |
| 79 | О.Н. | + | Слева направо |
| 80 | Н.Н. | + | Слева направо |
| 81 | Н.Н. | – | Слева направо |
| 82 | О.Н. | – | Справа налево |
| 83 | О.Н. | + | Справа налево |
| 84 | Н.Н. | – | Справа налево |
| 85 | Н.Н. | – | Слева направо |
| 86 | О.Н. | – | Слева направо |
| 87 | Н.Н. | + | Справа налево |
| 88 | О.Н. | + | Справа налево |
| 89 | Н.Н. | + | Справа налево |
| 90 | О.Н. | + | Слева направо |
| 91 | Н.Н. | – | Слева направо |
| 92 | О.Н. | – | Слева направо |
| **Продолжение таблицы 1** | | | |
| 93 | Н.Н. | – | Справа налево |
| 94 | О.Н. | + | Справа налево |
| 95 | О.Н. | – | Слева направо |
| 96 | Н.Н. | + | Слева направо |
| 97 | Н.Н. | – | Справа налево |
| 98 | О.Н. | + | Слева направо |
| 99 | Н.Н. | + | Слева направо |

**3.2 Методические указания по выполнению задачи 1**

3.2.1. Приведите таблицу с вариантом задания, аналогично таблице 1. Изобразите р-n – переход. Над изображением перехода сделайте надпись «О.Н.» или «Н.Н.» в зависимости от условия своего варианта. Нанесите заданный носитель заряда (+ или –) в той части р-n – перехода, откуда начинается его движение. Покажите вектором (→), (←) направление перемещения заданных зарядов.

3.2.2. В соответствии с заданием обратите внимание еще раз на то, какими для области, из которой начинается перемещение, являются изображенные заряды – основными или не основными. Далее, надо указать проводимости левой и правой областей, т.е. где р-, где n-область. Р-область – та, для которой дырки являются основными (О.Н.), а электроны – не основными (Н.Н.); n-область – та, в которой электроны – О.Н., а дырки – Н.Н. Теперь укажите полярность подключенного к р-n – переходу источника питания. Понятно, что дырки, имеющие положительный заряд, будут двигаться в сторону той области, к которой подключен отрицательный полюс источника, а электроны – в область, к которой подключен положительный полюс.

3.2.3. Отметьте теперь на своем рисунке, какое вы получили включение источника питания Unp или Uобр (рисунок 2).



**Рисунок 2 – Обратное включение р-n – перехода**

3.2.4.  Приведите график с изображением той части вольт-амперной характеристики р-n – перехода, которая соответствует полученному направлению его включения. Приведите на том же графике одну характеристику для большей температуры.

3.2.5.  Для ответа на пятый вопрос задачи 1 обратитесь к материаламрекомендуемой литературы по теме 1.3примерного тематического плана.

**3.3 Задача 2**

Выберите из приложения А полупроводниковый диод согласно своему варианту (таблица 2). Охарактеризуйте выбранный прибор и укажите физический смысл заданного в графе 4 таблицы 2 параметра. Ответ должен содержать:

– таблицу с выписанным заданием своего варианта;

– таблицу с записью обозначения (маркировки) выбранного диода и его справочными данными;

– запись определения данного типа диода и его условное графическое обозначение (УГО);

– запись с расшифровкой маркировки выбранного диода;

– краткий ответ о том, какое свойство p-n – перехода используется в этом типе диодов;

– габаритный чертеж диода;

– схему включения;

– типовую вольт-амперную характеристику (для варикапа – зависимость емкости (заряда) от приложенного напряжения);

– ответ о физическом смысле параметра, заданного в таблице 2, графа 4;

**Таблица 2 – Варианты задачи 2**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № варианта | Тип диодов | Условие выбора диодов | Параметр |
| 00 | Варикап | Постоянное обратное напряжение Uобр = 25В | Iобр |
| 01 | Выпрямительный | Максимальное постоянное прямое напряжение | rдин |
| 02 | Варикап | Емкость С = 100 πФ | QВ |
| 03 | Туннельный | Максимальный пиковый туннельный ток | UВ |
| 04 | Выпрямительный | Максимальный постоянный обратный ток | Iпр,д |
| 05 | Стабилитрон | Напряжение стабилизации Uст = 8,5В | rcm |
| 06 | Варикап | Постоянное обратное напряжение Uобр = 25В | Pпр |
| 07 | Выпрямительный | Наибольшее предельное постоянное обратное напряжение | Pпр, ср |
| 08 | Стабилитрон | Напряжение стабилизации Uст = 8,6В | rдиф |
| 09 | Туннельный | Наименьшая общая емкость | Uпроб. |
| 10 | Выпрямительный | Наибольший допустимый постоянный ток | Iобр, ср |

**Продолжение таблицы 2**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 11 | Светоизлучающие | Наименьший постоянный прямой ток | Uпр |
| 12 | Сверхвысокочастотные | Наибольшие потери преобразования | Iпот |
| 13 | Выпрямительный | Постоянное прямое напряжение | Uобр, и, п |
| 14 | Варикап | Наибольшая емкость | fпред, в |
| 15 | Туннельный | Пиковый ток  Iи = 1,3 ÷ 1,7 мА | Uп |
| 16 | Стабилитрон | Напряжение стабилизации  Uст = 5,6В | Uст |
| 17 | Выпрямительные блоки и сборки | Минимальное повторяющееся импульсное обратное напряжение | Uпр, и |
| 18 | Светоизлучающие | Постоянный прямой ток Iпр = 10мА | Pизл |
| 19 | Сверхвысокочастотные | Потери преобразования Lпреоб = 6дБ | βи |
| 20 | Варикап | Емкость С = 30πФ | Qв |
| 21 | Туннельный | Пиковый ток  Iп = 4,5 ÷ 5,1мА | Iп |
| 22 | Стабилитрон | Напряжение стабилизации Uст = 9В | Нcт |
| 23 | Выпрямительный | Постоянное напряжение Uпр = 12В | Uобр, и, р |
| 24 | Светоизлучающий | Наибольшее постоянное прямое напряжение | λmax |
| 25 | Сверхвысокочастотные | Наибольший нормированный коэффициент шума | η |
| 26 | Выпрямительные блоки и сборки | Максимальное повторяющееся импульсное обратное напряжение | Uобр |
| 27 | Сверхвысокочастотные | Наименьший нормированный коэффициент шума | Fнорм |
| 28 | Светоизлучающие | Наименьшее постоянное прямое напряжение | L |
| 29 | Туннельный | Минимальное отношение пикового тока к току впадины | Iв |
| **Продолжение таблицы 2** | | | |
| 30 | Стабилитрон | Наименьший средний температурный коэффициент напряжения | Iст |
| 31 | Выпрямительный | Постоянное прямое напряжение Uпр = 0,4В | Uпор |
| 32 | Светоизлучающий | Постоянное прямое напряжение Uпр = 3В | L |
| 33 | Сверхвысокочастотный | Нормированный коэффициент шума  Fнорм = 7,5 дБ | Q |
| 34 | Выпрямительные блоки и сборки | Повторяющееся импульсное обратное напряжение  Uобр, и, п, max = 600В | Uпр, ср |
| 35 | Туннельный | Отношение пикового тока к току впадины In/Iв = 5 | In/Iв |
| 36 | Стабилитрон | Средний температурный коэффициент напряжения k = 0,1% | Rст |
| 37 | Варикап | Добротность Q = 300 | αCв |
| 38 | Выпрямительный | Постоянное прямое напряжение Uпр = 1В | Iпр, и, п |
| 39 | Сверхвысокочастотный | Нормированный коэффициент шума  Fнорм = 8,5 дБ | Nm |
| 40 | Светоизлучающий | Постоянное прямое напряжение Uпр = 2В | Pизл |
| 41 | Выпрямительные блоки и сборки | Повторяющееся импульсное обратное напряжение Uобр, и, п = 50В | Iпр |
| 42 | Туннельный | Отношение пикового тока к току впадины In/Iв = 4 | Un |
| 43 | Стабилитрон | Постоянный обратный ток Iобр = 700 мкА | Iст, и |
| 44 | Блоки и сборки выпрямительные | Максимальный ток перегрузки выпрямительного диода Iпрг | Pпр |
| 45 | Светоизлучающий | Максимум спектрального распределения  λmax = 0,69 мкп | Pизл |

**Продолжение таблицы 2**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 46 | Выпрямительный | Постоянный обратный ток Iобр = 5мкА | Iпр, уд |
| 47 | Варикап | Добротность Q = 180 | αQв |
| 48 | Туннельный | Сопротивление потерь  rn = 4Ом | Uв |
| 49 | Стабилитрон | Максимальное дифференциальное сопротивление | αUст |
| 50 | Выпрямительный | Постоянный обратный ток Iобр = 400 мкА | Iпр, д. |
| 51 | Варикап | Постоянный обратный ток Iобр = 5 мкА | Kc |
| 52 | Туннельный | Сопротивление потерь  rп = 6Ом | Upp |
| 53 | Выпрямительные блоки и сборки | Минимальный ток перегрузки | Pобр |
| 54 | Светоизлучающий | Максимум спектрального распределения λmax = 0,666 мкм | fmax |
| 55 | Сверхвысокочастотные | Коэффициент стоячей волны по напряжению  Ксти = 1,5 | rвыс |
| 56 | Выпрямительный | Предельное постоянное обратное напряжение  Uобр, max = 560В | Iпрг |
| 57 | Варикап | Постоянный обратный ток Iобр = 1 мкА | Qв |
| 58 | Туннельный | Напряжение пика  Uп = 0,075 В | FR |
| 59 | Стабилитрон | Дифференциальное сопротивление rст = 10Ом | tвкл |
| 60 | Выпрямительный | Предельное постоянное обратное напряжение  Uобр max = 30В | Iпр, уд |
| 61 | Варикап | Постоянное обратное напряжение Uобр = 45В | αCв |
| 62 | Выпрямительные блоки и сборки | Ток перегрузки выпрямительного диода Iпрг = 28А | Pcp |
| 63 | Сверхвысокочастотные | Выходное сопротивление rвых = 210Ом | rвых |

**Продолжение таблицы 2**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 64 | Выпрямительный | Предельное постоянное обратное напряжение  Uобр max = 800В | Iпр, д |
| 65 | Варикап | Постоянное обратное напряжение Uобр = 25В | Fпред |
| 66 | Туннельный | Напряжение впадины  Uвп = 0,75В | In |
| 67 | Стабилитрон | Дифференциальное сопротивление rст = 460м | tвых |
| 68 | Выпрямительный | Предельное постоянное обратное напряжение  Uобр max = 800В | Iпрг |
| 69 | Варикап | Предельная постоянная рассеиваемая | αQв |
| 70 | Туннельный | Минимальное напряжение впадины | Iв |
| 71 | Стабилитрон | Максимальный ток стабилизации  Iст max = 29 мА | Нст |
| 72 | Выпрямительный | Предельное постоянное обратное напряжение  Uобр max = 20В | Uобр, и, р |
| 73 | Светоизлучающий | Максимальное импульсное обратное напряжение | Ixx |
| 74 | Сверхвысокочастотные | Выходное сопротивление rвых = 250Ом | Tвыкл |
| 75 | Выпрямительные блоки и сборки | Ток перегрузки выпрямительного диода Iпрг = 1А | Pu |
| 76 | Выпрямительный | Максимально допустимый постоянный прямой ток  Iпр max = 5А | Uпор |
| 77 | Варикап | Постоянное обратное напряжение  Uобр  = 45В | Kc |
| 78 | Туннельный | Постоянное прямое напряжение  Uпр = 5,5В | In/Iв |
| 79 | Стабилитрон | Максимальный ток стабилизации  Iст max = 55мА | Sш |

**Продолжение таблицы 2**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 80 | Светоизлучающий | Постоянный прямой ток Iпр = 5 мА | Uкз |
| 81 | Выпрямительные блоки и сборки | Средний максимальный прямой ток  Iпр, ср max = 0,6 мА | rдиф |
| 82 | Варикап | Емкость 17πФ | Qв |
| 83 | Выпрямительный | Постоянное прямое напряжение Uпр = 1,5В | Iпр, и,п |
| 84 | Туннельный | Пиковый ток In = 15 мА | Un |
| 85 | Стабилитрон | Минимальный ток стабилизации Icт min = 3мА | Uст |
| 86 | Выпрямительный | Постоянный обратный ток Iобр = 100 мкА | Iпр, уд |
| 87 | Светоизлучающие | Постоянное прямое напряжение Uпр = 8В | Iкз |
| 88 | Сверхвысокочастотные | Выходное сопротивление rвых = 270Ом | Rпр |
| 89 | Выпрямительные блоки и сборки | Напряжение короткого замыкания Uкз = 4В | Cд |
| 90 | Варикап | Добротность Q = 300 | αCв |
| 91 | Выпрямительный | Постоянный обратный ток Iобр = 700 мкА | Iпр, д |
| 92 | Стабилитрон | Дифференциальное сопротивление rст = 46Ом | Iст |
| 93 | Выпрямительный | Постоянное прямое напряжение Uпр = 0,4В | Uобр, и,р |
| 94 | Светоизлучающий | Постоянное прямое напряжение Uпр = 2В | tнар, изл |
| 95 | Сверхвысокочастотный | Потери преобразования Lпрб = 6дБ | Pгр |
| 96 | Выпрямительные блоки и сборки | Напряжение короткого замыкания Uкз = 2В | Cд |
| 97 | Выпрямительный | Постоянный обратный ток Iобр = 100 мкА | Iпр, д |
| 98 | Стабилитрон | Дифференциальное сопротивление rст = 10 Ом | Iст |
| 99 | Сверхвысокочастотный | Потери преобразования Lпрб = 6,5дБ | Pгр |

**3.4 Методические указания по выполнению задачи 2**

3.4.1. Приведите таблицу с вашим вариантом задания.

3.4.2. Изучите классификацию и систему условных обозначений, приведенную в справочной литературе [8].

2.4.3. Обратитесь к приложению А. Найдите в приложении А диод, соответствующий по своему назначению вашему варианту. Из найденной группы выберите тот диод, который соответствует заданному условию выбора. Приведите таблицу с его обозначением и справочными данными.

2.4.3. Приведите запись определения данного типа диода и его условное графическое обозначение (УГО). УГО диодов приведены в дополнительной литературе [8]

2.4.4. Приведите запись с расшифровкой маркировки выбранного диода.

2.4.5. Используя материал основной литературы, разберитесь в принципе действия заданного диода и дайте краткий ответ о том, какое свойство p-n – перехода используется в этом типе диодов;

2.4.6. Используя справочную литературу [8], приведите габаритный чертеж диода;

2.4.7. Приведите вольт – амперную характеристику рассматриваемого диода. Если задан варикап, то приведите график зависимости барьерной емкости от величины приложенного внешнего обратного напряжения.

2.4.8. В приложении В приведены простейшие схемы включения диодов.

Выберите соответствующую вашему варианту схему и приведите ее в контрольной работе. На схеме рядом с диодом запишите его обозначение (буквенно – цифровой код). Опишите принцип работы схемы.

2.4.9. В материалах справочной литературы [8] найдите и запишите ответ относительно физического смысла заданного параметра диода.

**3.5 Задача 3**

Из таблицы 3 выберите биполярный транзистор согласно условию своего варианта. Выполните необходимые вычисления, построения и сделайте выводы. Укажите физический смысл заданного в таблице 3 параметра.

Ответ должен содержать:

-таблицу с выписанным заданием своего варианта;

-таблицу с обозначением выбранного транзистора и его справочными данными;

-запись определения биполярного транзистора;

-схему включения транзистора с общим эмиттером (ОЭ) в активном рабочем режиме;

-обозначение стрелками на схеме путей прохождения токов коллектора, базы, эмиттера и запись о том какие токи и напряжения являются для данной схемы входными и выходными;

-входные и выходные характеристики со всеми необходимыми построениями;

-расчет и построение нагрузочной прямой с обозначением на входных и выходных характеристиках напряжений, приложенных к транзистору, и токов во входной и выходной цепи транзистора;

-данные режима работы транзистора;

-таблицу расчета линии допустимых режимов и выводов о допустимости использования транзисторов в заданном режиме;

-обозначение на выходных характеристиках транзистора областей использования его в режимах отсечки и насыщения;

-расчет параметров и элементов схемы включения транзистора, используя данные таблицы 3, графа 9;

- ответ о физическом смысле параметра, заданного в графе 8, таблицы 3.

**Таблица 3 – Варианты задачи 3**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  варианта | Данный транзистор | Данные для нахождения рабочей точки (Р.Т.) и построения нагрузочной прямой. | | | | | Пара-метр | Данные для расчета параметров транзистора |
| IКр.т | UКЭр.т | IБр.т | Eк | Rн |
| 1 | П605А  р-n-р | 700  мА | 8 В | найти | 16 В | найти | *f*тр | Определить Rвх, Кi при амплитуде входного сигнала Imб = 2 мА. |
| 2 | П607А  р-n-р | найти | 8В | 2,75  мА | найти | 22,8 Ом | *f*h21Э | Определить Umк, Rвых, Рвых, если амплитуда входного сигнала  Imб =500мкА. |
| 3 | КТ608Б  n-р-n | найти | 5В | 30мА | 8В | Найти | h22э | Определить коэффициент усиления по напряжению Кu и амплитуду переменного коллекторно-  го тока Imk, если Umвх = 0,5В. |
| 4 | П701А  n-р-n | найти | 7В | 100  мА | 40В | 44Ом | *f*h21э | Определить статические параметры β, Rвых и рассеиваемуюколлектором мощность Рк в рабочей точке. |

**Продолжение таблицы 3**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 5 | ГТ806А  р-n-р | найти | найти | 500  мА | 10В | 0,63Ом | IКБО | Определить координаты Р.Т. и выходную мощность каскада, если амплитуда входного тока  Imб = 10 мА. |
| 6 | П609А  р-n-р | найти | 10В | 2мА | 16В | 22,8 Ом | IКЭО | Определить коэффициент усиления по току Кi и Rвых. при амплитуде входного тока Imб = 0,5 мА. |
| 7 | П609А  р-n-р | 0,29А | найти | 2мА | 16В | найти | h21э | Определить параметры β, h22э и сделать вывод о наличии иска-жения сигна-  ла. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 8 | КТ803А  n-р-n | найти | найти | 150  мА | 50В | 10 Ом | UКэmax | Определить выходную мощность Pвых и Rвых при Imб = 0,5 мА. |
| 9 | МП38А  n-р-n | найти | 5В | 0,2  мА | 14В | найти | *f*max | Определить амплитуду выходного тока, напря-  жения и Рвых при  Imб = 150 мкА. |
| 10 | МП42Б  р-n-р | найти | 5В | найти | 12В | 0,24  кОм | h11э | Определить входное со-  противление и амплитуду входного напряжения Umвх при Imδ = 100мкА. |

**Продолжение таблицы 3**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 11 | КТ312А  n-р-n | 25мА | найти | 0,4мА | 15В | Найти | h11б | | Определить Ki при амплитуде входного сигнала Imб = 0,1 мА. |
| 12 | ГТ321Д  р-n-p | найти | 7,5В | найти | 15В | 35Ом | Iк max | | Определить выходную мощность Рвых при Imб = 0,5 мА. |
| 13 | КТ201А  n-p-n | 17мА | 8В | найти | найти | 430 Ом | Cк | | Определить амплитуду выходного напряжения  Um вых, при  Um вх = 0,05В. |
| 14 | ГТ402Д  p-n-p | 220мА | найти | 4мА | 8В | найти | h22б | | Определить параметр h11э при Um вх = 0,05В. |
| 15 | К814А  p-n-p | найти | 3В | 15мкА | найти | 11 Ом | Uкэ нас | | Определить параметр h21э при Imб = 10 мкА. |
| 16 | КТ815А  n-p-n | 630мА | найти | 15мкА | 10В | Найти | Pк max | | Определить коэффициент Ku, при Um вх = 0,05В. |
| 17 | П605А  p-n-p | найти | 8В | 5мА | найти | 11,4 Ом | *f*h21э | | Определить Rвк, Кi при амплитуде входного сигнала Imб = 2 мА. |
| 18 | П607А  p-n-p | 350 мА | найти | 2,75 мА | найти | 22,8 Ом | *f*гр | | Определить Umк, Rвых, Рвых, если амплитуда входного сигнала Imб =500мкА. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | |

**Продолжение таблицы 3**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 19 | КТ608Б  n-p-n | 220 мА | 5В | найти | 8В | Найти | h22э | Определить коэффициент усиления по напряжению Кu и амплитуду переменного коллекторно-  го тока Imk, если Umвх = 0,5В. |
| 20 | П701А  n-p-n | 750 мА | 7В | найти | 40В | Найти | h21э | Определить статические параметры β, Rвых и рассеиваемую коллектором мощность Рк в рабочей точке |
| 21 | ГТ806А  p-n-p | 9,5А | 4В | найти | 10В | Найти | Iкбо | Определить координаты Р.Т. и выходную мощность каскада, если амплитуда входного тока  Imб = 10 мА |
| 22 | П609А  p-n-p | 0,29А | найти | 2мА | найти | 22,8 Ом | h21э | Определить коэффициент усиления по току Кi при амплитуде входного тока Imб = 0,5 мА |
| 23 | П609А  p-n-p | 0,29А | 10В | найти | найти | 22,8 Ом | Iкэ0 | Определить параметры β, h22э и сделать вывод о наличии искажения сигнала. |
|  | | | | | | | | |

**Продолжение таблицы 3**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 24 | | КТ803А  n-p-n | 3,4А | | найти | | 150мА | | 50В | | Найти | | Uкэ max | Определить выходную мощность Pвых и Rвых при Imб = 0,5 мА. |
| 25 | | МП38А  n-p-n | 28мА | | 5В | | найти | | найти | | 310 Ом | | *f*max | Определить амплитуду выходного тока и напря-жения и Рвых при  Imб = 150 мкА. |
| 26 | МП42Б  р-n-р | | | p-n-p  28мА | | найти | | 400 мкА | | 12В | | Найти | h11э | Определить входное сопро-тивление и амплитуду входного напряжения Umвх при Imδ = 100мкА |
| 27 | | КТ312А  n-p-n | найти | | 6В | | 0,4 мА | | 15В | | Найти | | h11б | Определить Ki при амплитуде входного сигнала Imб = 0,1 мА. |
| 28 | | ГТ321Д  p-n-p | 0,2А | | найти | | 2мА | | найти | | 35 Ом | | Iк max | Определить выходную мощность Рвых при Imб = 0,5 мА. |
| 29 | | КТ201А  n-p-n | найти | | 8В | | 2мА | | найти | | 430 Ом | | Cк | Определить амплитуду выходного напряженияUm вых, при Um вх = 0,05В. |
| 30 | | ГТ402Д  p-n-p | найти | | 4В | | 4мА | | 8В | | Найти | | h22б | Определить параметр h11э при Um вх = 0,05В. |
| 31 | | КТ814А  p-n-p | 630 мА | | найти | | 15мкА | | найти | | 11Ом | | Uкэ нас | Определить параметр h21э при Imб = 10 мкА. |

**Продолжение таблицы 3**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 32 | КТ815А  n-p-n | найти | 3В | 15мкА | 10В | Найти | Pк max | Определить коэффициент Ku, при Um вх = 0,05В. |
| 33 | П605А  p-n-p | найти | 8В | найти | 16В | 11,4 Ом | *f*h21э | Определить Rвх, Кi при амплитуде входного сигнала Imб = 2 мА. |
| 34 | П607А  p-n-p | 350мА | найти | 2,75  мА | 16В | Найти | *f*гр | Определить Umк, Rвых, Рвых, если амплитуда входного сигнала  Imб =500мкА. |
| 35 | КТ608Б  n-p-n | 220 мА | найти | 30мА | 8В | Найти | h22э | Определить коэффициент усиления по напряжению Кu и амплитуду переменного коллекторно-  го тока Imk, если Umвх = 0,5В. |
| 36 | П701А  n-p-n | найти | 7В | 100 мА | найти | 44 Ом | *f*h21э | Определить статические параметры β, Rвых и рассеивае-  мую коллектором мощность Рк в рабочей точке. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |

**Продолжение таблицы 3**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 37 | ГТ806А  p-n-p | найти | найти | 500 мА | 10В | 0,63 Ом | Iкбо | Определить координаты Р.Т. и выход-  ную мощ-  ность каскада, если амплиту-  да входного тока Imб = 10 мА. |
| 38 | П609А  p-n-p | 0,29А | найти | найти | 16В | 22,8 Ом | h21э | Определить коэффициент усиления по току Кi при амплитуде входного тока Imб = 0,5 мА и Rвых. |
| 39 | П609А  p-n-p | 0,29А | найти | 2мА | 16В | Найти | Iкэ0 | Определить параметры β, h22э и сделать вывод о наличии искажения сигнала. |
| 40 | КТ803А  n-p-n | 3,4 А | найти | 150мА | найти | 10Ом | Uкэ max | Определить выходную мощность Pвых и Rвых при Imб = 0,5 мА. |
| 41 | МП38А  n-p-n | 28мА | найти | 0,2мА | 14В | Найти | h11э | Определить амплитуду выходного тока и напряжения и Рвых при  Imб = 150 мкА |
| 42 | МП42Б  p-n-p | 28мА | 5В | найти | 12В | Найти | *f*max | Определить входное сопротивле-  ние и амп-литуду вход-  ного напря-  жения Umвх при Imδ = 100мкА. |

**Продолжение таблицы 3**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 43 | КТ312А  n-p-n | найти | 6В | найти | 15В | 300 Ом | h11б | Определить Ki при амплитуде входного сигнала Imб = 0,1 мА. |
| 44 | ГТ321Д  p-n-p | 0,2А | 7,5В | найти | 15В | Найти | Iк max | Определить выходную мощность Рвых при Imб = 0,5 мА. |
| 45 | КТ201А  n-p-n | найти | найти | 2мА | 14В | 430 Ом | Cк | Определить амплитуду выходного напряжения  Um вых, при  Um вх = 0,05В. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 46 | ГТ402Д  p-n-p | найти | 4В | найти | 8В | 20 Ом | h22б | Определить параметр h11э при Umвх = 0,05В. |
| 47 | КТ312А  n-p-n | 25мА | 6В | найти | 15В | Найти | h11б | Определить параметр h21э при Imб = 10 мкА |
| 48 | ГТ321Д  p-n-p | 0,2А | найти | найти | 15В | 35Ом | Cк | Определить выходную мощность Рвых при Imб = 0,5 мА. |
| 49 | КТ201А  n-p-n | найти | 8В | найти | 14В | 430Ом | Iкэ0 | Определить амплитуду выходного напряжения  Um вых, при  Um вх = 0,05В. |
| 50 | ГТ402Д  p-n-p | найти | 4В | найти | 8В | 20 Ом | h22б | Определить параметр h11э при Um вх = 0,05В. |
| 51 | КТ814А  p-n-p | 630мА | 3В | найти | 10В | Найти | Uкэ нас | Определить параметр h21э при Imб = 10 мкА. |

**Продолжение таблицы 3**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 52 | КТ815А  n-p-n | найти | 3В | найти | 10В | 11Ом | Pк max | Определить коэффициент Ku, при Um вх = 0,05В. |
| 53 | П-605А  p-n-p | 700 мА | найти | найти | 16В | 11,4 Ом | *f*h21э | Определить Rвх, Кi при амплитуде входного сигнала Imб = 2 мА. |
| 54 | П607А  p-n-p | найти | 8В | найти | 16В | 22,8 Ом | *f*гр | Определить Umк, Rвых, Рвых, если амплитуда входного сигнала  Imб =500мкА. |
| 55 | КТ608Б  n-p-n | найти | найти | 30мА | 8В | 13Ом | h22э | Определить коэффициент усиления по напряжению Кu и амплитуду переменного коллектор-  ного тока Imk, если Umвх = 0,5В. |
| 56 | П701А  n-p-n | найти | найти | 100 мА | 40В | 44Ом | *f*h21э | Определить статические параметры β, Rвых и рассеивае- мую коллек-  тором мощность Рк в рабочей точке. |

**Продолжение таблицы 3**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 57 | ГТ806А  p-n-p | 9,5А | найти | 500 мА | найти | 0,63 Ом | Iкб0 | Определить координаты Р.Т. и выходную мощность каскада, если амплитуда входного тока Imб = 10 мА. |
| 58 | П609А  p-n-p | найти | найти | 2мА | 16В | 22,8 Ом | h21э | Определить коэффициент усиления по току Кi и Rвых. при амплитуде входного тока Imб = 0,5 мА. |
| 59 | П609А  p-n-p | 0,29А | найти | 2мА | найти | 22,8 Ом | Iкэ0 | Определить параметры β, h22э и сделать вывод о наличии искажения сигнала |
| 60 | КТ803А  n-p-n | найти | 17В | найти | 50В | 10Ом | Uкэ max | Определить выходную мощность Pвых и Rвых при Imб = 0,5 мА. |
| 61 | МП38А  n-p-n | найти | найти | 0,2мА | 14В | 310Ом | *f*max | Определить амплитуду выходного тока и напряжения и Рвых при  Imб = 150 мкА. |
| 62 | МП42Б  p-n-p | найти | найти | 400  мкА | 12В | 0,24  кОм | h11э | Используя вы-  ходную хара-  ктеристику, определить входное соп-ротивление и амплитуду входного напряжения Umвх при Imδ = 100мкА. |

**Продолжение таблицы 3**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 63 | КТ312А  n-p-n | найти | найти | 0,4 мА | 15В | 300 Ом | h21б | Определить Ki при амплитуде входного сигнала Imб = 0,1 мА. |
| 64 | ГТ321Д  p-n-p | найти | найти | 2мА | 15В | 35Ом | Cк | Определить выходную мощность Рвых при Imб = 0,5 мА. |
| 65 | КТ201А  n-p-n | найти | найти | 2мА | 14В | 430 Ом | Iк max | Определить амплитуду выходного напряжения  Um вых, при  Um вх = 0,05В. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 66 | ГТ402Д  p-n-p | найти | найти | 4мА | 8В | 20Ом | h22б | Определить параметр h11э при Um вх = 0,05В |
| 67 | КТ814А  p-n-p | найти | найти | 15мкА | 10В | 11Ом | Uкэ нас | Определить параметр h21э при Imб = 10 мкА. |
| 68 | П605А  p-n-p | найти | 8В | 5мА | 16В | Найти | *f*h21э | Определить Rвх, Кi при амплитуде входного сигнала Imб = 2 мА. |
| 69 | П607А  p-n-p | найти | 8В | 2,75 мА | найти | 22,8 Ом | *f*гр | Определить Umк, Rвых, Рвых, если амплитуда входного сигнала  Imб =500мкА. |

**Продолжение таблицы 3**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 70 | КТ608Б  n-p-n | найти | 5В | 30мА | найти | 13Ом | h22э | Определить коэффициент усиления по напряжению Кu и амплитуду переменного коллекторно-  го тока Imk, если Umвх = 0,5В. |
| 71 | П701А  n-p-n | 750мА | найти | 100 мА | 40В | Найти | *f*h21э | Определить статические параметры β, Rвых и рассеиваемуюколлектором мощность Рк в рабочей точке. |
| 72 | ГТ806А  p-n-p | найти | 4В | 500 мА | 10В | Найти | Iкэ0 | Определить координаты Р.Т. и выходную мощность каскада, если амплитуда входного тока  Imб = 10 мА. |
| 73 | П609А  p-n-p | найти | 10В | 2мА | найти | 22,8 Ом | h21э | Определить коэффициент усиления по току Кi и Rвых при ампли-  туде входного тока Imб = 0,5 мА. |
| 74 | П609А  n-p-n | найти | 10В | 2мА | найти | 22,8 Ом | Iкэ0 | Определить параметры β, h22э и сделать вывод о наличии искажения сигнала. |

**Продолжение таблицы 3**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | | | | | | | |
| 75 | КТ815А  n-p-n | найти | 3В | 15мкА | найти | 11 Ом | Uкэ нас | Определить выходную мощность Pвых и Rвых при Imб = 0,5 мА. |
| 76 | КТ803А  n-p-n | найти | 17В | 150 мА | 50В | Найти | Uкэ max | Определить амплитуду выходного тока и напряжения и Рвых при  Imб = 150 мкА. |
| 77 | МП38А  n-p-n | найти | 5В | 0,2мА | найти | 310 Ом | h11э | Определить входное сопротивле-  ние и амп-литуду вход- ного напряже- ния Umвх при Imδ = 100мкА. |
| 78 | МП42Б  p-n-p | найти | 5В | 400 мкА | 12В | Найти | *f*max | Определить Ki при амплитуде входного сигнала Imб = 0,1 мА. |
| 79 | КТ312А  n-p-n | найти | 6В | 0,47 мА | найти | 300 Ом | h11б | Определить выходную мощность Рвых при Imб = 0,5 мА. |
| 80 | ГТ321Д  p-n-p | найти | 7,5В | 2мА | 15В | Найти | Cк | Определить амплитуду выходного напряжения  Um вых, при  Um вх = 0,05В. |
| 81 | КТ201А  n-p-n | найти | 8В | 2мА | 14В | Найти | Iк max | Определить параметр h11э при Um вх = 0,05В. |
| 82 | ГТ402Д  p-n-p | найти | 4В | 4мА | найти | 8В | h22б | Определить параметр h21э при Imб = 10 мкА. |

**Продолжение таблицы 3**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 83 | КТ814А  p-n-p | найти | 3В | 15мкА | 10В | Найти | Uкэ нас | Определить амплитуду выходного напряжения  Um вых, при  Um вх = 0,05В. | |
| 84 | КТ815А  n-p-n | найти | 3В | 15мкА | найти | 11Ом | Pк max | Определить коэффициент Ku, при Um вх = 0,05В. | |
| 85 | П605А  p-n-p | 700 мА | найти | 5мА | 16В | Найти | *f*h21э | Определить Rвх, Кi при амплитуде входного сигнала Imб = 2 мА. | |
| 86 | П607А  p-n-p | 350 мА | найти | найти | 16В | 22,8 Ом | *f*гр | | Определить Umк, Rвых, Рвых, если амплитуда входного сигнала  Imб =500мкА. |
| 87 | КТ608Б  n-p-n | 220мА | найти | 30мА | найти | 13 Ом | h22э | | Определить коэффициент усиления по напряжению Кu и амплитуду переменного коллекторно-  го тока Imk, если Umвх = 0,5В. |
| 88 | П701А  n-p-n | 750 мА | найти | 100 мА | 40В | Найти | *f*h21э | | Определить статические параметры β, Rвых и рассеиваемуюколлектором мощность Рк в рабочей точке |

**Продолжение таблицы 3**

\

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 89 | ГТ806А  p-n-p | 9,5А | найти | 500 мА | 10В | Найти | Iкб0 | Определить координаты Р.Т. и выходную мощность каскада, если амплитуда входного тока  Imб = 10 мА. |
| 90 | П609А  p-n-p | 0,29А | найти | 2мА | 16В | Найти | h21э | Определить коэффициент усиления по току Кi и Rвых. при амплитуде входного тока Imб = 0,5 мА. |
| 91 | КТ815А  n-p-n | 630мА | найти | найти | 10В | 11Ом | Pк max | Определить параметры β, h22э и сделать вывод о наличии искажения сигнала. |
| 92 | КТ803А  n-p-n | 3,4А | найти | найти | 50В | 10Ом | Uкэ max | Определить выходную мощность Pвых и Rвых при Imб = 0,5 мА. |
| 93 | МП38А  n-p-n | 28мА | найти | 0,2мА | найти | 310Ом | *f*max | Определить амплитуду выходного тока, напря-  жения и Рвых при  Imб = 150 мкА. |

**Продолжение таблицы 3**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 94 | МП42Б  p-n-p | 28мА | найти | найти | 12В | 0,24кОм | h11э | Определить входное сопротивле-  ние и амплитуду входного напряжения Umвх при Imδ = 100мкА. |
| 95 | КТ312А  n-p-n | 25мА | найти | найти | 15В | 300 Ом | h11б | Определить Ki при амплитуде входного сигнала Imб = 0,1 мА. |
| 96 | ГТ321Д  p-n-p | 0,2А | найти | найти | 15В | 35Ом | Cк | Определить выходную мощность Рвых при Imб = 0,5 мА. |
| 97 | КТ201А  n-p-n | 17мА | найти | найти | 14В | 430 Ом | Iк max | Определить амплитуду выходного напряжения  Um вых, при  Umвх = 0,05В. |
| 98 | ГТ402Д  p-n-p | 220мА | найти | найти | 8В | 20Ом | h22б | Определить параметр h11э при Um вх = 0,05В. |
| 99 | КТ814А  p-n-p | 630мА | найти | найти | 10В | 11Ом | Uкэ нас | Определить параметр h21э при Imб = 10 мкА. |

# **3.6 Методические указания по выполнению задачи 3**

3.6.1. Составьте таблицу с вариантом своего задания по типу таблицы 3.

3.6.2. Из приложения Б выпишите справочные данные указанного в варианте транзистора.

3.6.3. Запишите определение биполярного транзистора.

3.6.4. Выберите схему, соответствующую структуре вашего транзистора и приведите ее в работе. Укажите полярности источников питания. Схемы включения р-n-р и n-р-n транзисторов с двумя источниками питания даны в приложении Б.

3.6.5. Обозначьте пути прохождения токов Iэ, Iк , Iб. Для этого требуется запись соотношения, связывающего три тока Iэ = Iк + Iб, из которого следует, что Iк и Iб являются составляющими частями Iэ. Токи должны протекать по цепи своего электрода.

3.6.6. Найдите в справочнике [7] графики входной и выходной характеристик вашего транзистора. Постройте эти характеристики по точкам на миллиметровой бумаге или бумаге в клетку и приведите их в работе.

3.6.7. Постройте на графике семейства выходных характеристик вашего транзистора нагрузочную прямую и найдите координаты рабочей точки. При этом транзистор рассматривается в активном нагрузочном режиме. Следовательно, в его выходной цепи включено сопротивление нагрузки.

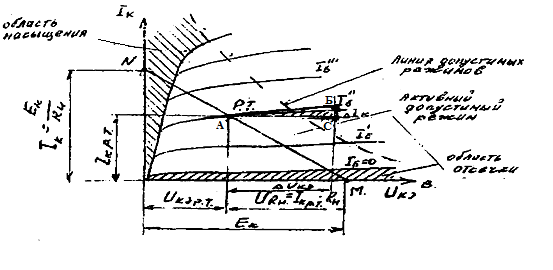
Для выходной цепи есть соотношение Uкэ = Ек – IкRн, называемое уравнением нагрузочной прямой. Для ее построения нужны две точки.

Условием варианта могут быть заданы две из трех следующих точек: рабочая точка (р.т.), точка пересечения нагрузочной прямой с осью напряжения (М), точка пересечения нагрузочной прямой с осью токов (см. рисунок 3). Точка М имеет координаты: Uкэм = Ек; Iкм =0. Точка N имеет координаты:

 .

Следовательно, если известны Ек и Rн, то нагрузочная прямая строится по точкам М и N. Рабочая точка (р.т.) в этом случае находится на пересечении нагрузочной прямой со статической выходной характеристикой при заданном токе базы Iбрт или с перпендикуляром, восстановленным из точки на оси напряжения с Uкэ = Uкэрт. Рабочая точка может быть задана различными исходными данными в зависимости от варианта.

В целом рабочая точка характеризуется четырьмя величинами: Iкрт; Uкэрт; Iбр.т.; Uбэр.т. Однако достаточно двух из этих величин, чтобы определить ее положение на выходных характеристиках. Отметив р.т. на выходных характеристиках, определите из графика (или из исходных данных) и запишите значение Iкрт и Uкэрт.



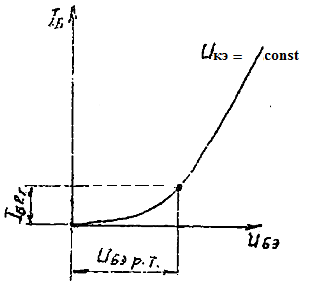
**Рисунок 3 – Выходные характеристики транзистора**

Если в таблице данных имеется величина Ек, нагрузочную прямую проводите через точку р.т и точку М. Если задано сопротивление нагрузки Rн, то сначала определите Ек = Uкэрт + Iкрт ⋅ Rн. После этого стройте прямую по р.т. и т.М. Обратите внимание на то, что напряжение источника питания Ек распределяется между транзистором (Uкэр.т.) и нагрузкой (URн). Отметьте эти напряжения на графиках выходных характеристик.

3.6.8. Имея положение р.т. на выходных характеристиках и зная теперь величины Uкэр.т и Iбрт (рисунок 3), перенесите ее на входную характеристику при Uкэр.т.>0 (рисунок 4).

Даже если Uкэрт не равно тому Uкэ, при котором приведена справочная входная характеристика, рабочую точку все равно расположите на имеющейся характеристике. Это допустимо с достаточной степенью точности. Рабочая точка будет находится на пересечении перпендикуляра, восстановленного из точки на оси токов базы с Iб = Iбрт с самой входной характеристикой.

Определите на графике Uбэрт. Координаты р.т. на входной и выходных характеристиках определяют режим работы транзистора. Выпишите величины Iкр.т.; Uкэр.т; Iбр.т; Uбэр.т.



### **Рисунок 4 – Входная характеристика транзистора**

3.6.9.  Линия допустимых режимов соединяет все точки на выходных характеристиках, для которых справедливо соотношение Iк⋅Uкэ = РКmax. Величина РКmax определяется из справочных данных приложения Б.

Для транзисторов, использующих теплоотводы расчеты допустимых режимов вести по формуле:

.

При построении линии допустимых режимов составьте таблицу 4.

**Таблица 4**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| UКЭ, В |  |  |  |  |  |
| IК, мА |  |  |  |  |  |

Задаваясь произвольно значениями Uкэ, рассчитайте соответствующую величину тока Iк для пяти-семи точек. Заполните таблицу. По данным таблицы на выходных характеристиках постройте линию допустимых режимов.

Если рабочая точка находится ниже этой линии, то режим транзистора допустим для использования, если выше – недопустим. По графику сделайте вывод о допустимости использования заданного режима работы транзистора.

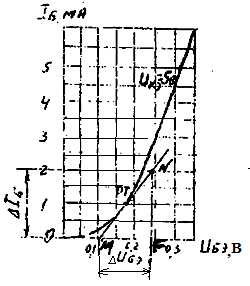
3.6.10. В импульсных устройствах транзисторы используются в режимах отсечки и насыщения. Режимом отсечки называется такой режим, при котором оба перехода транзистора смещены в обратном напряжении; режимом насыщения – такой, при котором оба перехода смещены в прямом направлении.

На рисунке 3 указаны области выходных характеристик, соответствующие режимам отсечки и насыщения. Обозначьте их на своем графике в контрольной работе.

3.6.11. Пользуясь данными таблицы 3 графа 9, произведите расчет параметров транзистора по статическим характеристикам транзистора.

В связи с тем, что основные параметры транзистора являются дифференциальными и сильно зависят от положения рабочей точки, их определяют по входным и выходным статическим характеристикам.

Входное сопротивление транзистора Rвх при токе коллектора в десятки миллиампер находят графически, проводя касательную к входной статической характеристике через рабочую точку, как показано на рисунке 5.



**Рисунок 5 – Входная характеристика и способ определения Rвх по ней**

Котангенс угла наклона касательной с осью абсцисс пропорционален входному сопротивлению транзистора.

На этой касательной строят прямоугольный треугольник NMF и отмечают отрезки соответствующие ΔIБ и ΔUБЭ.

### Входное сопротивление вычисляется по формуле



при Uкэ = const.

Выходное сопротивление определяется классически по касательной, проведенной к выходной статической характеристике через рабочую точку, как показано на рисунке 3. Котангенс угла наклона касательной с осью абсцисс пропорционален выходному сопротивлению транзистора. На этой касательной строят прямоугольный треугольник АВС и отмечают соответствующие отрезки ΔUкэ и ΔIк.

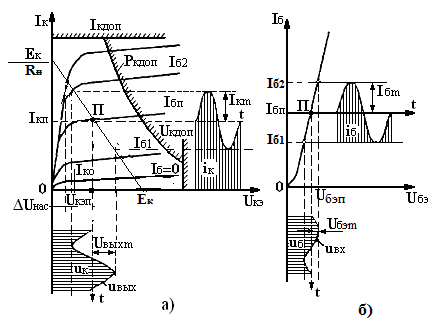
Выходное сопротивление транзистора вычисляют по формуле:



при Iб = const.

Амплитуды выходных напряжений Uвыхm = Uкэm и токов Iвыхm = Iкm находятся графическим методом на основании данных об амплитудах входных напряжений Uбэm или токов Iбm (см. рисунок 6). На рисунке 6 рабочая точка (точка покоя) обозначена буквой П.

Появление на входе транзистора переменного напряжения сигнала uвх (рисунок 6, б) вызывает изменение тока базы, т.е. появление переменной составляющей тока базы за счёт перемещения рабочей точки на входной характеристике.



**Рисунок 6 – Графический анализ работы каскада ОЭ с помощью характеристик транзистора: а – выходных; б – входной**

С появлением в цепи базы переменного тока в цепи коллектора возникает переменная составляющая коллекторного тока, создающая на резисторе нагрузки Rн переменное падение напряжения uвых.

Найдя амплитуды входных и выходных напряжений и токов, рассчитываются входная P вх и выходная P вых мощности по переменному току, коэффициенты усиления по току ki, напряжению ku, мощности kр, а также малосигнальные, низкочастотные h – параметры по следующим соотношениям:

(13)

P вх = 0,5Iвхm Uвхm  = 0,5 UбэmIбm;

P вых = 0,5Im вых Um вых = 0,5 UкэmIкm;

k*i* = Iкm/ Iбm; ku= Uкэm/ Uбэm; k*р* = k*i*k*u*;

h11 = Uбэm / Iбm = Rвх;

h12 = Uбэm / Uкэm ;

h21 = Iкm/ Iбm = k*i* = β;

h22 = Iкm / Uкэm = 1/ Rвых;

Статические параметры β, Rвых и рассеиваемая коллектором мощность Рк определяются по соответствующим значениям токов и напряжений в рабочей точке:

β = Iкрт / Iбрт;

Rвых = Uкэрт / Iкрт;

Рк = Uкэрт Iкрт.

**3.7 Задача 4**

Из таблицы 5 выберите ИМС согласно номеру своего варианта и определите параметры аналоговых и цифровых ИМС с использованием справочной литературы.

Ответ должен содержать:

- таблицу с выписанным заданием своего варианта;

- запись с определением ИМС и назначением данной микросхемы;

- расшифровку буквенно – цифрового кода (маркировки) микросхемы;

- условное графическое обозначение микросхемы с нумерацией выводов;

- принципиальную или функциональную схему ИМС;

- таблицу истинности для логического элемента;

- справочные данные микросхемы (параметры, характеристики и их определения);

- чертеж корпуса микросхемы ;

- расшифровку буквенно – цифрового кода (маркировки) корпуса микросхемы;

- описание принципа работы логического элемента, функционального узла, устройства, отражающих назначение ИМС.

**Таблица 5 – Варианты заданий**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № варианта | Тип логики,  № серии | Функциональное назначение |
| 00 | [ТТЛ](file:///L:\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%B8%20%D0%BB%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D1%8B%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BC%20%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8%20%D0%B8%20%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0%20%E2%84%963\%D0%9D%D0%B5%20%D0%BE%D1%82%D0%BA%D1%80%D1%8B%D0%B2%D0%B0%D1%82%D1%8C\ttl.html) | Два логических элемента 4И |

**Продолжение** **таблицы 5**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 01 | К140 | Операционный усилитель средней точности |
| 02 | [ТТЛ](file:///L:\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%B8%20%D0%BB%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D1%8B%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BC%20%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8%20%D0%B8%20%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0%20%E2%84%963\%D0%9D%D0%B5%20%D0%BE%D1%82%D0%BA%D1%80%D1%8B%D0%B2%D0%B0%D1%82%D1%8C\ttl.html) | Три логических элемента 3И-НЕ |
| 03 | К142 | Мощный стабилизатор напряжения с Uвых = 8,73...9,27В |
| 04 | [ТТЛ](file:///L:\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%B8%20%D0%BB%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D1%8B%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BC%20%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8%20%D0%B8%20%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0%20%E2%84%963\%D0%9D%D0%B5%20%D0%BE%D1%82%D0%BA%D1%80%D1%8B%D0%B2%D0%B0%D1%82%D1%8C\ttl.html) | Три логических элемента 3И |
| 05 | К175 | Детектор АМ сигналов |
| 06 | [КМДП](file:///L:\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%B8%20%D0%BB%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D1%8B%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BC%20%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8%20%D0%B8%20%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0%20%E2%84%963\%D0%9D%D0%B5%20%D0%BE%D1%82%D0%BA%D1%80%D1%8B%D0%B2%D0%B0%D1%82%D1%8C\kmdp.html) | Четыре логических элемента 2 И-НЕ |
| 07 | К224 | Усилитель со стандартной частотной характеристикой |
| 08 | [КМДП](file:///L:\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%B8%20%D0%BB%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D1%8B%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BC%20%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8%20%D0%B8%20%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0%20%E2%84%963\%D0%9D%D0%B5%20%D0%BE%D1%82%D0%BA%D1%80%D1%8B%D0%B2%D0%B0%D1%82%D1%8C\kmdp.html) | Два элемента 3ИЛИ - НЕ и один НЕ |
| 09 | К574 | Быстродействующий операционный усилитель |
| 10 | [КМДП](file:///L:\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%B8%20%D0%BB%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D1%8B%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BC%20%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8%20%D0%B8%20%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0%20%E2%84%963\%D0%9D%D0%B5%20%D0%BE%D1%82%D0%BA%D1%80%D1%8B%D0%B2%D0%B0%D1%82%D1%8C\kmdp.html) | Три элемента 3ИЛИ - НЕ |
| 11 | К574 | Малошумящий операционный усилитель |
| 12 | [КМДП](file:///L:\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%B8%20%D0%BB%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D1%8B%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BC%20%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8%20%D0%B8%20%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0%20%E2%84%963\%D0%9D%D0%B5%20%D0%BE%D1%82%D0%BA%D1%80%D1%8B%D0%B2%D0%B0%D1%82%D1%8C\kmdp.html) | Три элемента 3И - НЕ |
| 13 | К513 | Усилитель-повторитель |
| 14 | [КМДП](file:///L:\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%B8%20%D0%BB%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D1%8B%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BC%20%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8%20%D0%B8%20%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0%20%E2%84%963\%D0%9D%D0%B5%20%D0%BE%D1%82%D0%BA%D1%80%D1%8B%D0%B2%D0%B0%D1%82%D1%8C\kmdp.html) | Пять преобразователей уровней КМОП - ТТЛ |
| 15 | К521 | Компаратор напряжения средней точности |
| 16 | [ЭЛС](file:///L:\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%B8%20%D0%BB%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D1%8B%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BC%20%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8%20%D0%B8%20%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0%20%E2%84%963\%D0%9D%D0%B5%20%D0%BE%D1%82%D0%BA%D1%80%D1%8B%D0%B2%D0%B0%D1%82%D1%8C\esl.html) | Два элемента 2И/2И - НЕ и один элемент 3И/3И - НЕ |
| 17 | КР1005 | Сдвоенный операционный усилитель |
| 18 | [ТТЛ](file:///L:\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%B8%20%D0%BB%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D1%8B%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BC%20%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8%20%D0%B8%20%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0%20%E2%84%963\%D0%9D%D0%B5%20%D0%BE%D1%82%D0%BA%D1%80%D1%8B%D0%B2%D0%B0%D1%82%D1%8C\ttl.html) | Три элемента 2И - НЕ и один элемент 2И/2И - НЕ |
| 19 | К1021 | Усилитель низкой частоты |
| 20 | [ТТЛ](file:///L:\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%B8%20%D0%BB%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D1%8B%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BC%20%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8%20%D0%B8%20%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0%20%E2%84%963\%D0%9D%D0%B5%20%D0%BE%D1%82%D0%BA%D1%80%D1%8B%D0%B2%D0%B0%D1%82%D1%8C\ttl.html) | Четыре 2-ух входовых элемента "Исключающие - ИЛИ" |
| 21 | КР1054 | Двухканальный усилитель низкой частоты |
| 22 | [ТТЛ](file:///L:\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%B8%20%D0%BB%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D1%8B%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BC%20%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8%20%D0%B8%20%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0%20%E2%84%963\%D0%9D%D0%B5%20%D0%BE%D1%82%D0%BA%D1%80%D1%8B%D0%B2%D0%B0%D1%82%D1%8C\ttl.html) | Четыре элемента 2И-НЕ |
| 23 | КР1054 | Усилитель ПЧ в канале записи сигналов |
| 24 | [ТТЛ](file:///L:\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%B8%20%D0%BB%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D1%8B%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BC%20%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8%20%D0%B8%20%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0%20%E2%84%963\%D0%9D%D0%B5%20%D0%BE%D1%82%D0%BA%D1%80%D1%8B%D0%B2%D0%B0%D1%82%D1%8C\ttl.html) | Два элемента 4И-НЕ |
| 25 | К1156 | Стабилизатор напряжения c Uвых = 5В |
| 26 | [КМДП](file:///L:\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%B8%20%D0%BB%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D1%8B%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BC%20%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8%20%D0%B8%20%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0%20%E2%84%963\%D0%9D%D0%B5%20%D0%BE%D1%82%D0%BA%D1%80%D1%8B%D0%B2%D0%B0%D1%82%D1%8C\kmdp.html) | Шесть преобразователей уровней КМOП - ТТЛ |
| 27 | К1156 | Регулируемый стабилизатор с Uвых = 2...15В |
| 28 | [ТТЛ](file:///L:\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%B8%20%D0%BB%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D1%8B%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BC%20%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8%20%D0%B8%20%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0%20%E2%84%963\%D0%9D%D0%B5%20%D0%BE%D1%82%D0%BA%D1%80%D1%8B%D0%B2%D0%B0%D1%82%D1%8C\ttl.html) | Шесть элементов НЕ |
| 29 | К1834 | Восьмиканальный аналоговый коммутатор |
| 30 | [КМДП](file:///L:\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%B8%20%D0%BB%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D1%8B%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BC%20%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8%20%D0%B8%20%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0%20%E2%84%963\%D0%9D%D0%B5%20%D0%BE%D1%82%D0%BA%D1%80%D1%8B%D0%B2%D0%B0%D1%82%D1%8C\kmdp.html) | Шесть элементов НЕ |
| 31 | [КМДП](file:///L:\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%B8%20%D0%BB%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D1%8B%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BC%20%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8%20%D0%B8%20%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0%20%E2%84%963\%D0%9D%D0%B5%20%D0%BE%D1%82%D0%BA%D1%80%D1%8B%D0%B2%D0%B0%D1%82%D1%8C\kmdp.html) | Три комплементарные пары МОП транзисторов |
| 32 | К140 | Быстродействующий операционный усилитель |
| 33 | К142 | Двухполярный стабилизатор напряжения |
| 34 | [ЭСЛ](file:///L:\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%B8%20%D0%BB%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D1%8B%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BC%20%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8%20%D0%B8%20%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0%20%E2%84%963\%D0%9D%D0%B5%20%D0%BE%D1%82%D0%BA%D1%80%D1%8B%D0%B2%D0%B0%D1%82%D1%8C\esl.html) | Два элемента 3И-НЕ |
| 35 | К175 | Широкополосный усилитель высокой частоты |
| 36 | [ЭСЛ](file:///L:\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%B8%20%D0%BB%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D1%8B%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BC%20%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8%20%D0%B8%20%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0%20%E2%84%963\%D0%9D%D0%B5%20%D0%BE%D1%82%D0%BA%D1%80%D1%8B%D0%B2%D0%B0%D1%82%D1%8C\esl.html) | Два элемента 3И-НЕ и один элемент И-НЕ |

**Продолжение** **таблицы 5**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 37 | К224 | Усилитель мощности низкой частоты |
| 38 | [ЭСЛ](file:///L:\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%B8%20%D0%BB%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D1%8B%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BC%20%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8%20%D0%B8%20%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0%20%E2%84%963\%D0%9D%D0%B5%20%D0%BE%D1%82%D0%BA%D1%80%D1%8B%D0%B2%D0%B0%D1%82%D1%8C\esl.html) | Два элемента 3И с тремя прямыми выводами |
| 39 | К574 | Сдвоенный операционный усилитель |
| 40 | [КМДП](file:///L:\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%B8%20%D0%BB%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D1%8B%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BC%20%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8%20%D0%B8%20%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0%20%E2%84%963\%D0%9D%D0%B5%20%D0%BE%D1%82%D0%BA%D1%80%D1%8B%D0%B2%D0%B0%D1%82%D1%8C\kmdp.html) | Два (4И-НЕ) и один НЕ |
| 41 | К574 | Операционный усилитель с малыми Iвх |
| 42 | [КМДП](file:///L:\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%B8%20%D0%BB%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D1%8B%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BC%20%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8%20%D0%B8%20%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0%20%E2%84%963\%D0%9D%D0%B5%20%D0%BE%D1%82%D0%BA%D1%80%D1%8B%D0%B2%D0%B0%D1%82%D1%8C\kmdp.html) | Четыре (2И- ИЛИ) с объединенными входами |
| 43 | К522 | Усилитель релейного типа |
| 44 | К522 | Коммутатор напряжения |
| 45 | [ТТЛ](file:///L:\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%B8%20%D0%BB%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D1%8B%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BC%20%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8%20%D0%B8%20%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0%20%E2%84%963\%D0%9D%D0%B5%20%D0%BE%D1%82%D0%BA%D1%80%D1%8B%D0%B2%D0%B0%D1%82%D1%8C\ttl.html) | Два логических элемента 2И с мощным открытым коллекторным выходом |
| 46 | [ТТЛ](file:///L:\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%B8%20%D0%BB%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D1%8B%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BC%20%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8%20%D0%B8%20%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0%20%E2%84%963\%D0%9D%D0%B5%20%D0%BE%D1%82%D0%BA%D1%80%D1%8B%D0%B2%D0%B0%D1%82%D1%8C\ttl.html) | Четыре логических элемента 2ИЛИ-НЕ |
| 47 | КР1005 | Предварительный усилитель видеосигналов |
| 48 | [ЭСЛ](file:///L:\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%B8%20%D0%BB%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D1%8B%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BC%20%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8%20%D0%B8%20%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0%20%E2%84%963\%D0%9D%D0%B5%20%D0%BE%D1%82%D0%BA%D1%80%D1%8B%D0%B2%D0%B0%D1%82%D1%8C\esl.html) | Пять элементов 3И/3И-НЕ с общим стробирующим входом |
| 49 | КР1021 | Усилитель промежуточной частоты |
| 50 | [ЭСЛ](file:///L:\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%B8%20%D0%BB%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D1%8B%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BC%20%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8%20%D0%B8%20%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0%20%E2%84%963\%D0%9D%D0%B5%20%D0%BE%D1%82%D0%BA%D1%80%D1%8B%D0%B2%D0%B0%D1%82%D1%8C\esl.html) | Четыре элемента 2И/2И-НЕ с двойными выходами |
| 51 | КР1054 | Приемник сигнала дистанционного управления |
| 52 | [КМДП](file:///L:\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%B8%20%D0%BB%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D1%8B%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BC%20%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8%20%D0%B8%20%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0%20%E2%84%963\%D0%9D%D0%B5%20%D0%BE%D1%82%D0%BA%D1%80%D1%8B%D0%B2%D0%B0%D1%82%D1%8C\kmdp.html) | Один(9И) и один (НЕ) |
| 53 | К1055 | Четырехканальный стабилизатор напряжения |
| 54 | [КМДП](file:///L:\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%B8%20%D0%BB%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D1%8B%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BC%20%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8%20%D0%B8%20%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0%20%E2%84%963\%D0%9D%D0%B5%20%D0%BE%D1%82%D0%BA%D1%80%D1%8B%D0%B2%D0%B0%D1%82%D1%8C\kmdp.html) | Шесть преобразователей уровня с инверсией (КМОП-ТТЛ) |
| 55 | К1156 | Стабилизатор напряжения |
| 56 | [ТТЛ](file:///L:\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%B8%20%D0%BB%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D1%8B%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BC%20%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8%20%D0%B8%20%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0%20%E2%84%963\%D0%9D%D0%B5%20%D0%BE%D1%82%D0%BA%D1%80%D1%8B%D0%B2%D0%B0%D1%82%D1%8C\ttl.html) | Шесть буферных логических элементов НЕ |
| 57 | [ТТЛ](file:///L:\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%B8%20%D0%BB%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D1%8B%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BC%20%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8%20%D0%B8%20%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0%20%E2%84%963\%D0%9D%D0%B5%20%D0%BE%D1%82%D0%BA%D1%80%D1%8B%D0%B2%D0%B0%D1%82%D1%8C\ttl.html) | Два логических элемента 4И |
| 58 | К1156 | Регулируемый стабилизатор с Uвых = 1,5...30 В |
| 59 | К1834 | 16-ти канальный аналоговый коммутатор |
| 60 | [ТТЛ](file:///L:\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%B8%20%D0%BB%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D1%8B%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BC%20%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8%20%D0%B8%20%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0%20%E2%84%963\%D0%9D%D0%B5%20%D0%BE%D1%82%D0%BA%D1%80%D1%8B%D0%B2%D0%B0%D1%82%D1%8C\ttl.html) | Два логических элемента 4И |
| 61 | К574 | Быстродействующий операционный усилитель |
| 62 | К140 | Операционный усилитель средней точности |
| 63 | [ТТЛ](file:///L:\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%B8%20%D0%BB%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D1%8B%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BC%20%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8%20%D0%B8%20%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0%20%E2%84%963\%D0%9D%D0%B5%20%D0%BE%D1%82%D0%BA%D1%80%D1%8B%D0%B2%D0%B0%D1%82%D1%8C\ttl.html) | Три логических элемента 3И-НЕ |
| 64 | [КМДП](file:///L:\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%B8%20%D0%BB%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D1%8B%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BC%20%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8%20%D0%B8%20%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0%20%E2%84%963\%D0%9D%D0%B5%20%D0%BE%D1%82%D0%BA%D1%80%D1%8B%D0%B2%D0%B0%D1%82%D1%8C\kmdp.html) | Три элемента 3ИЛИ - НЕ |
| 65 | К175 | Детектор АМ сигналов |
| 66 | [КМДП](file:///L:\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%B8%20%D0%BB%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D1%8B%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BC%20%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8%20%D0%B8%20%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0%20%E2%84%963\%D0%9D%D0%B5%20%D0%BE%D1%82%D0%BA%D1%80%D1%8B%D0%B2%D0%B0%D1%82%D1%8C\kmdp.html) | Три элемента 3И - НЕ |
| 67 | К175 | Детектор АМ сигналов |
| 68 | [КМДП](file:///L:\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%B8%20%D0%BB%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D1%8B%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BC%20%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8%20%D0%B8%20%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0%20%E2%84%963\%D0%9D%D0%B5%20%D0%BE%D1%82%D0%BA%D1%80%D1%8B%D0%B2%D0%B0%D1%82%D1%8C\kmdp.html) | Четыре логических элемента 2 И-НЕ |
| 69 | К513 | Усилитель-повторитель |
| 70 | [КМДП](file:///L:\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%B8%20%D0%BB%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D1%8B%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BC%20%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8%20%D0%B8%20%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0%20%E2%84%963\%D0%9D%D0%B5%20%D0%BE%D1%82%D0%BA%D1%80%D1%8B%D0%B2%D0%B0%D1%82%D1%8C\kmdp.html) | Пять преобразователей уровней КМОП - ТТЛ |
| 71 | [ЭЛС](file:///L:\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%B8%20%D0%BB%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D1%8B%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BC%20%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8%20%D0%B8%20%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0%20%E2%84%963\%D0%9D%D0%B5%20%D0%BE%D1%82%D0%BA%D1%80%D1%8B%D0%B2%D0%B0%D1%82%D1%8C\esl.html) | Два элемента 2И/2И - НЕ и один элемент 3И/3И - НЕ |
| 72 | КР1005 | Сдвоенный операционный усилитель |

**Продолжение** **таблицы 5**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 73 | К224 | Усилитель со стандартной частотной характеристикой |
| 74 | [КМДП](file:///L:\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%B8%20%D0%BB%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D1%8B%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BC%20%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8%20%D0%B8%20%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0%20%E2%84%963\%D0%9D%D0%B5%20%D0%BE%D1%82%D0%BA%D1%80%D1%8B%D0%B2%D0%B0%D1%82%D1%8C\kmdp.html) | Два элемента 3ИЛИ - НЕ и один НЕ |
| 75 | КР1005 | Сдвоенный операционный усилитель |
| 76 | [ТТЛ](file:///L:\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%B8%20%D0%BB%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D1%8B%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BC%20%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8%20%D0%B8%20%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0%20%E2%84%963\%D0%9D%D0%B5%20%D0%BE%D1%82%D0%BA%D1%80%D1%8B%D0%B2%D0%B0%D1%82%D1%8C\ttl.html) | Три элемента 2И - НЕ и один элемент 2И/2И - НЕ |
| 77 | К1021 | Усилитель низкой частоты |
| 78 | [ТТЛ](file:///L:\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%B8%20%D0%BB%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D1%8B%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BC%20%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8%20%D0%B8%20%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0%20%E2%84%963\%D0%9D%D0%B5%20%D0%BE%D1%82%D0%BA%D1%80%D1%8B%D0%B2%D0%B0%D1%82%D1%8C\ttl.html) | Четыре 2-ух входовых элемента "Исключающие - ИЛИ" |
| 79 | КР1054 | Двухканальный усилитель низкой частоты |
| 80 | [ТТЛ](file:///L:\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%B8%20%D0%BB%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D1%8B%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BC%20%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8%20%D0%B8%20%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0%20%E2%84%963\%D0%9D%D0%B5%20%D0%BE%D1%82%D0%BA%D1%80%D1%8B%D0%B2%D0%B0%D1%82%D1%8C\ttl.html) | Четыре элемента 2И-НЕ |
| 81 | [КМДП](file:///L:\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%B8%20%D0%BB%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D1%8B%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BC%20%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8%20%D0%B8%20%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0%20%E2%84%963\%D0%9D%D0%B5%20%D0%BE%D1%82%D0%BA%D1%80%D1%8B%D0%B2%D0%B0%D1%82%D1%8C\kmdp.html) | Три комплементарные пары МОП транзисторов |
| 82 | К140 | Быстродействующий операционный усилитель |
| 83 | [КМДП](file:///L:\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%B8%20%D0%BB%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D1%8B%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BC%20%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8%20%D0%B8%20%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0%20%E2%84%963\%D0%9D%D0%B5%20%D0%BE%D1%82%D0%BA%D1%80%D1%8B%D0%B2%D0%B0%D1%82%D1%8C\kmdp.html) | Два (4И-НЕ) и один НЕ |
| 84 | К574 | Операционный усилитель с малыми Iвх |
| 85 | КР1054 | Приемник сигнала дистанционного управления |
| 86 | [КМДП](file:///L:\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%B8%20%D0%BB%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D1%8B%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BC%20%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8%20%D0%B8%20%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0%20%E2%84%963\%D0%9D%D0%B5%20%D0%BE%D1%82%D0%BA%D1%80%D1%8B%D0%B2%D0%B0%D1%82%D1%8C\kmdp.html) | Один(9И) и один (НЕ) |
| 87 | [ТТЛ](file:///L:\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%B8%20%D0%BB%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D1%8B%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BC%20%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8%20%D0%B8%20%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0%20%E2%84%963\%D0%9D%D0%B5%20%D0%BE%D1%82%D0%BA%D1%80%D1%8B%D0%B2%D0%B0%D1%82%D1%8C\ttl.html) | Четыре элемента 2И-НЕ |
| 88 | КР1054 | Усилитель ПЧ в канале записи сигналов |
| 89 | К142 | Двухполярный стабилизатор напряжения |
| 90 | [ЭСЛ](file:///L:\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%B8%20%D0%BB%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D1%8B%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BC%20%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8%20%D0%B8%20%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0%20%E2%84%963\%D0%9D%D0%B5%20%D0%BE%D1%82%D0%BA%D1%80%D1%8B%D0%B2%D0%B0%D1%82%D1%8C\esl.html) | Два элемента 3И-НЕ |
| 91 | [КМДП](file:///L:\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%B8%20%D0%BB%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D1%8B%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BC%20%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8%20%D0%B8%20%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0%20%E2%84%963\%D0%9D%D0%B5%20%D0%BE%D1%82%D0%BA%D1%80%D1%8B%D0%B2%D0%B0%D1%82%D1%8C\kmdp.html) | Четыре (2И- ИЛИ) с объединенными входами |
| 92 | К522 | Усилитель релейного типа |
| 93 | К1055 | Четырехканальный стабилизатор напряжения |
| 94 | [КМДП](file:///L:\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%B8%20%D0%BB%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D1%8B%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BC%20%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8%20%D0%B8%20%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0%20%E2%84%963\%D0%9D%D0%B5%20%D0%BE%D1%82%D0%BA%D1%80%D1%8B%D0%B2%D0%B0%D1%82%D1%8C\kmdp.html) | Шесть преобразователей уровня с инверсией (КМОП-ТТЛ) |
| 95 | К1055 | Четырехканальный стабилизатор напряжения |
| 96 | [КМДП](file:///L:\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%B8%20%D0%BB%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D1%8B%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BC%20%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8%20%D0%B8%20%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0%20%E2%84%963\%D0%9D%D0%B5%20%D0%BE%D1%82%D0%BA%D1%80%D1%8B%D0%B2%D0%B0%D1%82%D1%8C\kmdp.html) | Шесть преобразователей уровня с инверсией (КМОП-ТТЛ) |
| 97 | К175 | Широкополосный усилитель высокой частоты |
| 98 | [ЭСЛ](file:///L:\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%B8%20%D0%BB%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D1%8B%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BC%20%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8%20%D0%B8%20%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0%20%E2%84%963\%D0%9D%D0%B5%20%D0%BE%D1%82%D0%BA%D1%80%D1%8B%D0%B2%D0%B0%D1%82%D1%8C\esl.html) | Два элемента 3И-НЕ и один элемент И-НЕ |
| 99 | [ТТЛ](file:///L:\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%B8%20%D0%BB%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D1%8B%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BC%20%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8%20%D0%B8%20%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8\%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0%20%E2%84%963\%D0%9D%D0%B5%20%D0%BE%D1%82%D0%BA%D1%80%D1%8B%D0%B2%D0%B0%D1%82%D1%8C\ttl.html) | Два логических элемента 4И |

# **3.8 Методические указания по выполнению задачи 4**

3.8.1. Для работы с цифровыми интегральными микросхемами целесообразно воспользоваться справочником авторов Богданович М.И. и др. «Цифровые интегральные микросхемы» [10], а для работы с аналоговыми интегральными микросхемами целесообразно воспользоваться справочниками автора Нефедова А. В. «Интегральные микросхемы и их зарубежные аналоги» в 12 томах [5] с указанием номера серии ИМС.

3.8.2. Для облегчения задачи поиска нужной ИМС, необходимо воспользоваться «Содержанием (Оглавлением)» и «Алфавитно-цифровым указателем микросхем», расположенными в конце справочника.

Для нахождения цифровой интегральной микросхемы, кроме того, необходимо воспользоваться функциональными рядами ТТЛ и КМДП логик.

3.8.3. Изучить содержание справочника и разобраться в системе условных обозначений (маркировке) цифровых и аналоговых ИМС и их корпусов.

3.8.4. Записать определение ИМС и ее назначение, расшифровку буквенно – цифрового кода (маркировки) микросхемы;

3.8.5. Выписать справочные данные микросхемы (параметры, характеристики и их определения);

3.8.6. Привести таблицу истинности для логическго злемента.

3.8.7. Поместить условное графическое обозначение микросхемы с

нумерацией выводов и чертеж корпуса микросхемы с расшифровкой его буквенно – цифрового кода (маркировки).

3.8.8. Перечертить схему (принципиальную или функциональную).

3.8.9. Поместить описание принципа работы логического элемента, функционального узла, устройства, отражающих назначение ИМС.

**3.9 Задача 5**

В задаче 5 предусматривается для каждого варианта дать ответы на 4 вопроса по материалу, не вошедшему в задачи 1,2,3,4. Вопросы и их номера в соответствии с вариантами (таблица 6) приведены ниже.

1. В чем заключается преимущество полевых транзисторов над биполярными, и в свою очередь, МДП транзисторов над полевыми с управляющим р-n- переходом?

2. Чем обусловлен выбор той или иной схемы включения транзисторов?

3. Чем объяснить значительное усиление по мощности в схеме с общим эмиттером по сравнению со схемой с общей базой?

4. На чем основана работа различных полупроводниковых приемников излучения?

5. Дайте определение понятию фото-ЭДС и объясните причины ее возникновения.

6. Объясните принцип работы излучающих n-p переходов.

7. Почему германий и кремний не пригодны для изготовления излучающих n-p переходов?

8 . В чем состоит метод формовки?

9. Какой процесс называют вплавлением?

10. В чем состоит сущность электрохимического метода?

11. Какой процесс называется диффузией?

12. Какой процесс называют эпитаксией?

13. В чем сущность ионного легирования?

14. В чем заключается вакуумное напыление?

15. Для чего используют оксидное маскирование?

16. Охарактеризуйте технологический процесс под названием фотолитография?

  17. Приведите схему включения фоторезисторов и поясните ее работу.

18. Приведите схему включения фотодиодов и поясните ее работу.

19. Какие физические процессы положены в основу работы терморезистора и варистора. Как устроены эти приборы?

20. В чем состоиттензорезистивный эффект?

21. Поясните особенности цветной маркировки диодов.

22. Объясните принцип планарного метода изготовления n-p- перехода.

23. Как устроен диод Шотки?

24. Какие преимущества имеют кремневые выпрямительные диоды по сравнению с германиевыми?

25. По каким причинам в диодах, работающих в выпрямительном режиме, при перемене полярности напряжения, могут наблюдаться значительные импульсы обратного тока?

26. Почему при выпрямлении более высоких напряжений приходится соединять диоды последовательно?

27. Дайте определение понятию «Время восстановления обратного сопротивления».

28. Запишите формулу для нахождения дифференциального сопротивления диода и поясните ее.

29. Какие диоды называют полупроводниковыми ограничителями напряжения?

30. Какую роль в туннельных диодах играет туннельный эффект и в чем он состоит?

31. Поясните работу туннельного диода в режиме усиления.

32. Почему полупроводниковые диоды СВЧ имеют коаксиальную конструкцию?

33. Какие процессы происходят в переключательных диодах при переключениях в цепях СВЧ?

34. Поясните принцип работы однопереходного транзистора.

35. В связи с чем транзистор синдуцированным (инверсным) каналом может работать только в режиме обогащения*?*

36. Дайте понятие о режимах обеднения и обогащения в полевых транзисторах?

37. Как устроен полевой транзистор с изоли­рованным затвором?

38. Поясните принцип устройства и включения полевого транзистора с управляющим n– р-переходом.

39. Какие величины входят в систему h-параметров?

40. Почему транзисторы типа n-р-n при прочих равных условиях являются более высоко­частотными, нежели транзисторы типа р – n – р?

41. Какой режим работы транзистора называют импульсным режимом?

42. Поясните работу транзистора в импульсном режиме, при включении его в схему с ОЭ.

43. Какие полупроводниковые приборы называют тиристорами и для чего они используются?

44. На какие группы делят тиристоры в зависимости от конструктивных особенностей и свойств?

45. Расшифруйте маркировку тиристора 2У229К.

46. Расшифруйте маркировку тиристора КУ104Г.

47. Обоснуйте вольт-амперную характеристику ти­ристора (динистора).

48. Какой полупроводниковый прибор называют триодным тиристоромили тринистором и каковы особенности его работы?

49. Какой полупроводниковый прибор называют симметричным ти­ристором или симистором и каковы особенности его работы?

50. Раскройте особенности работы тиристора в цепях регулирования мощности игенерации импульсов.

51. Каковы причины возникновения собственных шумов в диодах?

52. Приведите выражение для коэффициента шума полупроводниковых приборов и поясните его.

53. Как уменьшить шумы в транзисторе?

54. Каким выражением определяется действующее значение шумовой ЭДС в резисторах?

55. Объясните природу происхождения электрических флюктуаций.

56. Как влияют собственные шумы транзисторов на их работу?

57.Как защитить микросхемы от статического электричества?

58. Как обозначаются аналоговые и цифровые интегральные микросхемы на принципиальных схемах?

#### 59. Что такое серия интегральных микросхем?

60. Дайте определение элемента и компонента интегральной микросхемы.

61.В чём состоят преимущества и недостатки ИМС?

62. Дайте понятие об интенсивности отказов ИМС.

63. Как подразделяются ИМС по функциональному назначению?

64. Определите назначение аналоговых и цифровых ИМС.

65. На какие подгруппы подразделяются ИМС по числу элементов?

1. Дайте определение интегральной микросхеме?

67. Как классифицируются интегральные микросхемы по технологии

изготовления?

68. Охарактеризуйте полные и постепенные отказы ИМС.

69. Расшифруйте маркировку микросхемы КР1118ПА1Б.

70. В чём состоят особенности практического применения микросхем?

71. Дайте определение бескорпусной интегральной схемы, МИС, СИС,

БИС,

72. Из справочника [7] возьмите выходные характеристики полевого транзистора КП103И. Нанесите на них рабочую точку, если задан ток стока в рабочей точке Iс р.т = 0,75 мА и напряжение на затворе  = 0,5 В. Рассчитайте статические параметры транзистора S, R*i* и μ в рабочей точке.

73. Определить полную удельную электропроводность германия при комнатной температуре, если концентрация носителей ni=pi=1013, а подвижности электронов и дырок соответственно равны μn=3600 см2/(в⋅с),μp=1820 см2/(в⋅с).

74.Определить полную удельную проводимость германия при комнатной температуре, если концентрация донорных атомов Nд=1017 см-3, а подвижность электронов μ n =3600 см2/(в⋅с).

75. Определить концентрацию неосновных носителей заряда для кремния n-типа, если концентрация донорных атомов Nд=1016 см-3, а концентрации собственных дырок и электронов pi=ni=1010.

76. В p-n переходе при прямом напряжении, близком к нулю, сопротивление p-n перехода Rp-n = 300 Ом, а сопротивления p и n областей равно Rp=Rn=8 Ом. Определить сопротивление полной полупроводниковой структуры при прямом напряжении, близком к нулю и прямом напряжении, равном десятой доли вольта.

77. Составьте таблицу по свойствам структур метал-полупроводник, где укажите тип проводимости (дырочная или электронная), соотношение работ (Ар< >Am, An < >Am), характер структуры (выпрямляющая, невыпрямляющая)

78. Источник питания имеет действующее напряжение ЭДС Е=200В. Определить максимальное значение напряжения на нагрузке URmax, и тока через нагрузку Imax, если максимальное значение прямого напряжения на диоде однофазного однополупериодного выпрямителя, работающего на нагрузку равно Uпрmax = 2,5В , а сопротивление нагрузки Rн = 1кОм. Чему равно максимально значение обратного напряжения на диоде Uобрmax, если обратное сопротивление диода Rобр=1,5 мОм. Зарисуйте схему выпрямителя и приведите графики напряжений и токов, соответствующие расчетным данным.

79. Источник постоянного напряжения с ЭДС Е=1В подключен к последовательно соединенным диоду КД105Б и сопротивлению нагрузки Rн = 5 Ом. Температура рабочего режима t=25°C. Требуется определить ток в цепи и напряжение на диоде.

80.Определить напряжение на диоде КД105Б в рабочем режиме при температуре t°=85°C и напряжение на резисторе нагрузки, если диод и нагрузка подключены к источнику постоянного тока с ЭДС Е=1В, создающего ток в цепи Iпр = 250 mA.

81. Определить падение напряжения на выпрямительном диоде в рабочем режиме, если сопротивление нагрузки Rн=500 Ом, ток в цепи I=100 mA, а постоянное напряжение источника ЭДС Е=51,5 В. Зарисуйте схему включении диода в рабочий режим.

82. Рассчитайте ограничительное сопротивление Rогр для рабочего режима стабилитрона, если напряжение источника питания меняется от Еmin=5B до Еmax=10В, ток стабилитрона меняется от Imin=10mA до Imax=100mA, напряжение стабилизации Uст=3В, сопротивление нагрузки Rн=100 Ом. Зарисуйте схему включения стабилитрона в рабочий режим.

83. Определите, будет ли осуществляться стабилизация напряжения в схеме включения стабилитрона в рабочий режим, если наибольшее изменение напряжения источника питания ΔЕmax=5B, ток стабилитрона меняется от Imin=10mA до Imax=100mA, ток нагрузки Iн =30mA, а ограничительное сопротивление Rогр=10 Ом. Зарисуйте схему включения стабилитрона в рабочий режим.

84.Рассчитайте ограничительное сопротивление Rогр для рабочего режима стабилитрона, когда напряжение источника питания стабильно и равно Е=5В, а сопротивление нагрузки Rн изменяется в пределах от Rнmin=10 Ом, до Rн max=100 Ом. При этом напряжение стабилизации Uст=3В, а средний ток стабилитрона Iст.ср. = 45 mA.

85. Рассчитайте коэффициент стабилизации напряжения Кст двухкаскадного устройства на основе стабилитронов, если относительное изменение напряжения на выходах первого и второго каскадов соответственно равны ΔUст1/Uст1=0,1; ΔUст2/Uст2=0,01, а относительное изменение напряжение на входе первого каскада равно ΔЕ/Е=1.

86. Зарисуйте схему включения варикапа и определите резонансную частоту колебательного контура, если индуктивность контура L=10мкГн, емкость разделительного конденсатора Ср=100 пФ, емкость варикапа Св=10пФ.

**Таблица 6 – Варианты заданий**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № варианта | №  вопросов | № варианта | №  вопросов | № варианта | №  вопросов |
| **00** | 1, 30, 60,75 | **34** | 7, 37, 65, 85 | **67** | 2, 20, 47, 83 |
| **01** | 2, 25, 65, 79 |
| **02** | 3, 19, 48, 72 | **35** | 5, 25, 60, 86 | **68** | 3, 29, 48, 82 |
| **03** | 4, 20, 49, 73 | **36** | 6, 29, 61,77 | **69** | 4, 18, 37, 81 |
| **04** | 5, 28, 62, 84 | **37** | 10, 37, 58, 79 | **70** | 5, 17, 36, 80 |
| **05** | 6, 21, 54, 74 | **38** | 11, 38, 59, 72 | **71** | 6, 20, 47, 79 |
| **06** | 7, 31, 47, 75 | **39** | 16, 24, 41, 73 | **72** | 8, 36, 51, 78 |
| **07** | 8, 32, 63, 74 | **40** | 7, 25, 50, 74 | **73** | 9, 25, 52, 77 |
| **08** | 9, 33, 52, 75 | **41** | 18, 2 6, 69, 75 | **74** | 10,34, 53, 76 |
| **09** | 10, 44, 61,76 | **42** | 9, 27, 38, 76 | **75** | 11, 35,5 4,75 |
| **10** | 11, 35, 51, 77 | **43** | 1, 18, 47, 77 | **76** | 12,31, 55,76 |
| **11** | 12, 23, 41, 78 | **44** | 2, 21,40, 86 | **77** | 13,32, 56, 75 |
| **12** | 13, 34, 42, 79 | **45** | 3, 31, 50, 85 | **78** | 14, 27,58,74 |
| **13** | 14, 35, 59, 80 | **46** | 4, 32, 51, 84 | **79** | 15,24, 59, 79 |
| **14** | 15, 45, 66, 81 | **47** | 5, 33, 52, 83 | **80** | 16,25, 60, 73 |
| **15** | 16, 37, 52, 82 | **48** | 4, 22, 34, 82 | **81** | 6, 20, 61, 72 |
| **16** | 17, 47, 68, 83 | **49** | 5, 34, 44, 81 | **82** | 7, 21, 62, 86 |
| **17** | 18, 39, 54, 84 | **50** | 6, 23, 42, 80 | **83** | 9, 22, 63, 85 |
| **18** | 19, 30, 55, 85 | **51** | 7, 25, 43, 79 | **84** | 10, 23, 63,84 |
| **19** | 20, 41, 67, 86 | **52** | 8, 36, 63, 78 | **85** | 11, 24, 64,83 |
| **20** | 21, 36, 53, 72 | **53** | 9, 37, 64, 77 | **86** | 1, 27, 64, 82 |
| **21** | 22, 38, 57, 78 | **54** | 10, 28, 55, 76 | **87** | 19, 36,65,81 |
| **22** | 24, 44, 65, 81 | **55** | 11, 29, 56, 75 | **88** | 18, 34,66, 80 |
| **23** | 25, 46, 60, 73 | **56** | 12, 38,57,74 | **89** | 17, 33, 68,79 |

**Продолжение таблицы 6**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **24** | 6, 35, 69, 83 | **57** | 13, 39,58,73 | **90** | 6, 28, 69, 78 |
| **25** | 7, 26, 68, 82 | **58** | 14,23, 61, 79 | **91** | 5, 21, 70, 72 |
| **26** | 8, 27, 58, 73 | **59** | 15,24, 62, 72 | **92** | 4, 22, 71, 83 |
| **27** | 9, 28, 59, 74 | **60** | 16,25, 63, 73 | **93** | 3, 23, 48, 82 |
| **28** | 10, 29, 40, 75 | **61** | 17, 26, 64,75 | **94** | 2, 24, 30, 81 |
| **29** | 11, 30, 41, 76 | **62** | 18, 27, 65,76 | **95** | 1, 18, 44, 80 |
| **30** | 1, 31, 42, 77 | **63** | 19, 28, 66,77 | **96** | 12, 37,55,79 |
| **31** | 2, 32, 51, 81 | **64** | 10, 29, 67,86 | **97** | 13, 26, 57,78 |
| **32** | 3, 33, 52, 78 | **65** | 11, 30, 68,85 | **98** | 14, 25, 58,77 |
| **33** | 4, 36, 53, 84 | **66** | 1, 31, 69,84 | **99** | 15, 34, 59,76 |

# **3.10 Методические указания по выполнению задачи 5**

Для ответа на вопросы задачи 5 обратитесь к материаламрекомендуемой литературы по темам 1.1 – 1.4, 2.1 – 2.5, 3.1 – 3.3примерного тематического плана.

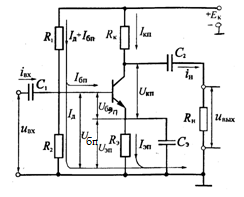
**3.11 Задача 6**

Рассчитать каскад усилителя переменного напряжения с ОЭ в соответствии номером варианта и типом транзистора, представленным в таблице 3, который в частотном диапазоне от 20Гц до 10 кГц должен обеспечить на нагрузке Rн = 300 Ом амплитуду выходного напряжения Um вых = 4В.

Ответ должен содержать:

– таблицу с выписанным заданием своего варианта;

– схему принципиальную электрическую усилительного каскада, приведенную на рисунке 7;



**Рисунок 7 – Схема усилительного каскада ОЭ**

– выходную и входную характеристики со всеми необходимыми построениями;

– расчётные соотношения и результаты расчетов режимов работы транзистора

и элементов схемы усилителя.

# **3.12 Методические указания по выполнению задачи 6**

3.12.1. На выходных характеристиках заданного в таблице 3 в соответствии с номером варианта транзистора построить линии допустимых параметров: Uк доп,  Iк доп и Рк доп (см. рисунок 6).

3.12.2. Определить напряжение источника питания Ек из условия Ек = (2,5...3)Um вых.

3.12.3. Определить ток короткого замыкания Iкз = .

Однако сопротивления резисторов Rк и Rэ не известны. Поэтому значением тока Iкз необходимо задаться. Основное условие: Iк max < Iкз < Iк доп, где Iк max = Iкп + Iкm max, а Iкп – коллекторный ток покоя, Iкm max – максимально возможная амплитуда коллекторного тока.

Значение Iк max приблизительно соответствует коллекторному току на выходных характеристиках при значении тока базы, равного Iб max.

Через точку Iкз и точку Ек проводится линия нагрузки по постоянному току.

3.12.4. Определить напряжение Uкэп из условия

Uкэ нас + Uкэm max ≤ Uкэп ≤ Ек – Uкэm max,

гдеUкэ нас – напряжение насыщения (Uкэ нас = 0,3...0,7В);

Uкэm max – максимально возможная амплитуда выходного напряжения.

Поскольку необходимо обеспечить без искаженное усиление входного переменного напряжения, то рабочую точку целесообразно выбирать приблизительно на середине линии нагрузки, т.е. Uкэп  Ек.

3.12.5. На пересечении перпендикуляра к оси абсцисс выходной характеристики, опущенного в точку Uкэп, и линии нагрузки по постоянному току определяется точка покоя П и коллекторный ток покоя Iкп, который приблизительно равен Iкп .

3.12.6. Определить мощность, рассеиваемую на коллекторе Рк = Iкп⋅Uкэп.

Она должна быть меньше допустимой мощности (Рк < Рк доп). В противном случае необходимо изменить координаты точки покоя.

3.12.7. Определить сопротивление резистора Rэ. В практических схемах напряжение Uэп = (0,1...0,2)Ек  Iкп ⋅ Rэ. Отсюда .

3.12.8. Определить сопротивление резистора Rк из выражения:

Ек = Uкэп + Iкп (Rк + Rэ).

.

3.12.9. Найти сопротивление базового делителя R2 из выражения . Обычно Iд = (3…5)Iбп. Ток базы покоя равен , где h21э – статический коэффициент передачи тока базы (определяется из справочной литературы для соответствующего транзистора).

Напряжение Uбп определяется из уравнения (см. рисунок 7).

Uбп = Uэп + Uбэп .

Напряжение Uбэп находится по входным статическим характеристикам транзистора, то есть по входной характеристике для найденного тока Iбп определяется напряжение Uбэп (см. рисунок 6).

3.12.10. Найти сопротивление базового делителя R1 из выражения

.

3.12.11. Определить сопротивление нагрузки по переменному току из выражения

.

3.12.12. Рассчитать емкости конденсаторов С1, Сэ, С2 (см. рисунок 7) из выражений:



где ; Rб = R1 R2 / (R1 + R2);

h11э – входное сопротивление транзистора (определяется по входным статическим характеристикам транзистора по методике, приведенной в п.3.6.11),





3.12.13. Рассчитать коэффициент усиления по напряжению:

.

**3.13 Задача 7**

Определить основные параметры без трансформаторного выходного каскада на комплементарных транзисторах, если выходная мощность, выделяемая на нагрузке Rн равна Рвых.

Исходные данные приведены в таблице 7.

*Ответ должен содержать:*

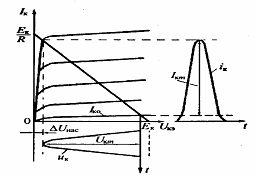
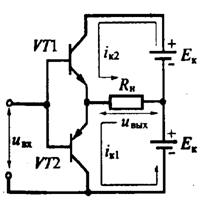
– таблицу с выписанным заданием своего варианта;

– схему без трансформаторного выходного каскада на комплементарных

транзисторах (см. рисунок 8);

– диаграммы работы транзистора в режиме В (см. рисунок 8);

– расчётные соотношения и результаты расчетов режимов работы выходного каскада.

****

**а) б)**

**Рисунок 8 – Без трансформаторный выходной каскад на комплементарных транзисторах: *а* – схема; *б* – диаграмма работы транзистора в режиме В**

**Таблица 7 – Варианты заданий**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| параметр | Rн (Ом) | Рвых  (Вт) | параметр | Rн (Ом) | Рвых  (Вт) | параметр | Rн (Ом) | Рвых  (Вт) |
| № вар. | № вар. | № вар. |
| 00 | 12 | 3,2 | 34 | 10,1 | 1,55 | 68 | 14,3 | 2,39 |
| 01 | 10 | 3 | 35 | 9,1 | 1,57 | 69 | 15,3 | 2,41 |
| 02 | 9,5 | 1,5 | 36 | 8,1 | 1,59 | 70 | 16,3 | 2,43 |
| 03 | 8 | 1,6 | 37 | 7,1 | 1,61 | 71 | 17,3 | 2,45 |
| 04 | 7,5 | 1,7 | 38 | 6,1 | 1,63 | 72 | 18,3 | 2,47 |
| 05 | 7 | 1,8 | 39 | 5,1 | 1,65 | 73 | 19,3 | 2,49 |
| 06 | 6,5 | 1,9 | 40 | 4,1 | 1,67 | 74 | 20,3 | 2,51 |
| 07 | 6 | 2 | 41 | 3,1 | 1,69 | 75 | 10,4 | 3,15 |
| 08 | 5,5 | 2,1 | 42 | 2,1 | 1,71 | 76 | 9,4 | 3,17 |
| 09 | 5 | 2,2 | 43 | 9,2 | 1,73 | 77 | 8,4 | 3,19 |
| 10 | 4,5 | 2,3 | 44 | 10,2 | 1,75 | 78 | 7,4 | 2,31 |

**Продолжение таблицы 7**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 11 | 4 | 2,4 | 45 | 11,2 | 2,31 | 79 | 6,4 | 3,23 |
| 12 | 3,5 | 2,5 | 46 | 12,2 | 1,77 | 80 | 5,4 | 3,25 |
| 13 | 3 | 2,6 | 47 | 13,2 | 2,28 | 81 | 4,4 | 3,27 |
| 14 | 2,5 | 2,7 | 48 | 14,2 | 1,79 | 82 | 3,4 | 3,29 |
| 15 | 2 | 2,8 | 49 | 15,2 | 1,81 | 83 | 2,4 | 3,31 |
| 16 | 10,5 | 2,9 | 50 | 16,2 | 1,83 | 84 | 11,4 | 1,33 |
| 17 | 11 | 3,1 | 51 | 17,2 | 1,85 | 85 | 12,4 | 3,35 |
| 18 | 11,5 | 4,2 | 52 | 18,2 | 1,87 | 86 | 13,4 | 3,37 |
| 19 | 12 | 3,3 | 53 | 19,2 | 1,89 | 87 | 14,4 | 3,39 |
| 20 | 12,5 | 3,4 | 54 | 20,2 | 1,91 | 88 | 15,4 | 3,41 |
| 21 | 13 | 3,5 | 55 | 10,3 | 1,93 | 89 | 16,4 | 3,43 |
| 22 | 13,5 | 3,6 | 56 | 9,3 | 1,95 | 90 | 17,4 | 3,45 |
| 23 | 14 | 3,7 | 57 | 8,3 | 1,97 | 91 | 18,4 | 3,47 |
| 24 | 14,5 | 3,8 | 58 | 7,3 | 2,15 | 92 | 14,4 | 3,49 |
| 25 | 15 | 3,9 | 59 | 7,2 | 2,17 | 93 | 20,4 | 3,51 |
| 26 | 15,5 | 4 | 60 | 6,2 | 2,19 | 94 | 2,45 | 3,53 |
| 27 | 16 | 4,1 | 61 | 5,2 | 2,21 | 95 | 3,45 | 3,55 |
| 28 | 16,5 | 4,2 | 62 | 4,2 | 2,23 | 96 | 4,45 | 3,57 |
| 29 | 17 | 4,3 | 63 | 3,2 | 2,25 | 97 | 5,45 | 3,59 |
| 30 | 17,5 | 4,4 | 64 | 2,2 | 2,27 | 98 | 6,45 | 3,61 |
| 31 | 18 | 4,5 | 65 | 11,3 | 2,29 | 99 | 7,45 | 3,63 |
| 32 | 18,5 | 4,6 | 66 | 12,3 | 2,33 |  |  |  |
| 33 | 19 | 4,7 | 67 | 4,5 | 2,35 |  |  |  |

**3.14. Методические указания по выполнению задачи 7**

3.14.1. Зарисовать схему без трансформаторного выходного каскада.

3.14.2. Задать небольшой запас мощности, которую должны выделить оба транзистора на нагрузке

Рк1 = Рк2 ≥ 1,1 Рвых.

3.14.3. Определить максимальное значение тока коллектора

.

3.14.4. Рассчитать амплитуду выходного напряжения на нагрузке из выражения

Uкэm = Iкm ⋅ Rн .

3.14.5.Зарисовать диаграммы напряжений выходного каскада.

3.14.6. Для исключения нелинейных искажений выходного сигнала напряжения источников питания выбрать из условия.

Ек ≥ Uкэm + ΔU нас,

где ΔU нас = 0,3...0,5В.

3.14.7. Исходя из расчетов, по справочной литературе [7] выбрать мощную комплементарную пару транзисторов p-n-p и n-p-n типов.

3.14.8. По справочной литературе для выбранных транзисторов определить среднее значение коэффициента усиления по току h21.

3.14.9. Рассчитать входной ток Iбm из выражения

Iбm = Iкm / h21.

**3.15 Задача 8**

На основе операционного усилителя (ОУ) К140УД23 рассчитать усилитель, обеспечивающий коэффициент усиления Кu, при работе на нагрузку Rн. Усилитель должен иметь входное сопротивление Rвх не менее 15кОм при амплитуде входного сигнала Uвх. Исходные данные в соответствии с номером своего варианта, приведенным в таблице 8.

Ответ должен содержать:

– таблицу с выписанным заданием своего варианта;

– схему усилителя;

– формулы и результаты вычислений элементов и параметров схемы усилителя;

– направления токов в схеме усилителя.

**Таблица 8 – Варианты заданий**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| параметр | Кu | Rн (кОм) | Uвх (В) | параметр | Кu | Rн (кОм) | Uвх (В) | параметр | Кu | Rн  (кОм) | Uвх  (В) |
| № вар. | № вар. | № вар. |
| 00 | 11 | 11 | 0,12 | 34 | 7 | 38 | 0,37 | 68 | 39,5 | 17,5 | 0,055 |
| 01 | 10 | 5 | 0,1 | 35 | 5 | 39 | 0,38 | 69 | 40,5 | 18,5 | 0,045 |
| 02 | 11 | 6 | 0,2 | 36 | 4 | 40 | 0,39 | 70 | 41 | 19,5 | 0,035 |
| 03 | 12 | 7 | 0,3 | 37 | 3 | 41 | 0,41 | 71 | 42 | 20,5 | 0,025 |
| 04 | 13 | 8 | 0,4 | 38 | 2 | 42 | 0,42 | 72 | 43 | 21,5 | 0,015 |
| 05 | 14 | 9 | 0,5 | 39 | 10,5 | 43 | 0,43 | 73 | 44 | 22,5 | 0,61 |
| 06 | 15 | 10 | 0,6 | 40 | 11,5 | 44 | 0,44 | 74 | 45 | 23,5 | 0,62 |
| 07 | 16 | 11 | 0,7 | 41 | 12,5 | 45 | 0,45 | 75 | 46 | 24,5 | 0,63 |
| 08 | 17 | 12 | 0,8 | 42 | 13,5 | 46 | 0,46 | 76 | 47 | 25,5 | 0,64 |
| 09 | 18 | 13 | 0,9 | 43 | 14,5 | 47 | 0,47 | 77 | 48 | 26,5 | 0,65 |
| 10 | 19 | 14 | 1 | 44 | 15,5 | 48 | 0,48 | 78 | 49 | 27,5 | 0,66 |

**Продолжение таблицы 8**

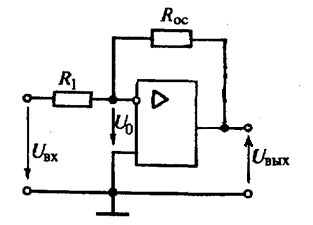
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 11 | 20 | 15 | 0,11 | 45 | 16,5 | 49 | 0,49 | 79 | 50 | 28,5 | 0,67 |
| 12 | 21 | 16 | 0,12 | 46 | 17,5 | 50 | 0,51 | 80 | 9,5 | 29,5 | 0,68 |
| 13 | 22 | 17 | 0,13 | 47 | 18,5 | 4 | 0,52 | 81 | 8,5 | 30,5 | 0,69 |
| 14 | 23 | 18 | 0,14 | 48 | 19,5 | 3 | 0,53 | 82 | 7,5 | 31,5 | 0,71 |
| 15 | 24 | 19 | 0,15 | 49 | 20,5 | 2 | 0,54 | 83 | 6,5 | 32,5 | 0,72 |
| 16 | 25 | 20 | 0,16 | 50 | 21,5 | 1 | 0,55 | 84 | 5,5 | 33,5 | 0,73 |
| 17 | 26 | 21 | 0,17 | 51 | 22,5 | 0,5 | 0,56 | 85 | 4,5 | 34,5 | 0,74 |
| 18 | 27 | 22 | 0,18 | 52 | 23,5 | 0,4 | 0,57 | 86 | 3,5 | 35,5 | 0,75 |
| 19 | 28 | 23 | 0,19 | 53 | 24,5 | 0,3 | 0,58 | 87 | 2,5 | 36,5 | 0,76 |
| 20 | 29 | 24 | 0,21 | 54 | 25,5 | 0,2 | 0,59 | 88 | 41,5 | 37,5 | 0,77 |
| 21 | 30 | 25 | 0,22 | 55 | 26,5 | 0,1 | 0,09 | 89 | 42,5 | 38,5 | 0,78 |
| 22 | 31 | 26 | 0,23 | 56 | 27,5 | 5,5 | 0,08 | 90 | 43,5 | 39,5 | 0,79 |
| 23 | 32 | 27 | 0,24 | 57 | 28,5 | 6,5 | 0,07 | 91 | 44,5 | 40,5 | 0,015 |
| 24 | 33 | 28 | 0,25 | 58 | 29,5 | 7,5 | 0,06 | 92 | 45,5 | 41,5 | 0,025 |
| 25 | 34 | 29 | 0,26 | 59 | 30,5 | 8,5 | 0,05 | 93 | 46,5 | 42,5 | 0,035 |
| 26 | 35 | 30 | 0,27 | 60 | 31,5 | 9,5 | 0,04 | 94 | 47,5 | 43,5 | 0,01 |
| 27 | 36 | 31 | 0,28 | 61 | 32,5 | 10,5 | 0,03 | 95 | 48,5 | 44,5 | 0,02 |
| 28 | 37 | 32 | 0,29 | 62 | 33,5 | 11,5 | 0,02 | 96 | 49,5 | 45,5 | 0,03 |
| 29 | 38 | 33 | 0,31 | 63 | 34,5 | 12,5 | 0,01 | 97 | 50,5 | 46,5 | 0,04 |
| 30 | 39 | 34 | 0,32 | 64 | 35,5 | 13,5 | 0,095 | 98 | 10,2 | 47,5 | 0,05 |
| 31 | 40 | 35 | 0,33 | 65 | 36,5 | 14,5 | 0,085 | 99 | 11,2 | 48,5 | 0,06 |
| 32 | 9 | 36 | 0,34 | 66 | 37,5 | 15,5 | 0,075 |  |  |  |  |
| 33 | 8 | 37 | 0,36 | 67 | 38,5 | 16,5 | 0,065 |  |  |  |  |

**3.16 Методические указания по выполнению задачи 8**

3.16.1. Определить из справочника [5, т.1] собственный коэффициент усиления ОУ по напряжению К0, потребляемый ток ОУ Iп.

3.16.2. Выбрать и отобразить схему усилителя.

Поскольку требуемое входное сопротивление велико, то необходимо использовать схему инвертирующего усилителя, представленную на рисунке 9.



**Рисунок 9 – Схема инвертирующего усилителя**

Сопротивление R1 выбирается равным Rвх.

3.16.3. Определить сопротивление обратной связи из выражения

Rос = Кu ⋅ R1.

3.16.4. Рассчитать ток выходной цепи из выражения



.

3.16.5. Cравнить токи Iвых и Iп. При этом необходимо, чтобы Iвых ≤ Iп.

3.16.6. Определить выходное сопротивление схемы из выражения

,

где собственное выходное сопротивление ОУ Rвых0 =50Ом.

3.16.7. Показать стрелочками на схеме усилителя направления токов Iвх, Iвых, Iос,, Iн,.

**3.17 Задача 9**

Задана схема LC – автогенератора на операционном усилителе, работающего в стационарном режиме с частотой выходных колебаний *f*0 (см. рисунок 10). Определить параметры схемы, если добротность LC контура Q, индуктивность L, коэффициент усиления усилителя Ku, сопротивление R1, приведены для соответствующего номера варианта в таблице 9.

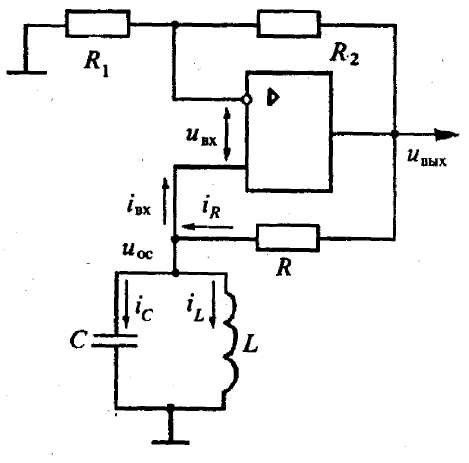
Ответ должен содержать:

– таблицу с выписанным заданием своего варианта;

– схему автогенератора гармонических колебаний;

– объяснение принципа её работы;

– формулы и результаты вычислений элементов и параметров схемы генератора.



**Рисунок 18 – Схема LC-генератора на ОУ**

**Таблица 9 – Варианты заданий**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| парам | *f*0 (МГц) | Q | L  мкГн | Ku | R1 (кОм) | парам | *f*0 (МГц) | Q | L  мкГн | Ku | R1 (кОм) |
| №вар. | №вар. |
| 00 | 1,1 | 55 | 99 | 10 | 15 | 50 | 10,7 | 67,5 | 92,5 | 7,6 | 18,5 |
| 01 | 1 | 50 | 75 | 1,1 | 10 | 51 | 10,4 | 68,5 | 93,5 | 7,7 | 19,5 |
| 02 | 1,5 | 49 | 77 | 1,2 | 9 | 52 | 11,1 | 69,5 | 94,5 | 7,8 | 20,5 |
| 03 | 1,7 | 48 | 78 | 1,3 | 8 | 53 | 11,3 | 70,5 | 95 | 7,9 | 21,5 |
| 04 | 1,9 | 47 | 79 | 11,4 | 7 | 54 | 11,5 | 71,5 | 96,5 | 8 | 23,5 |
| 05 | 2,1 | 45 | 80 | 1,5 | 6 | 55 | 11,7 | 72,5 | 97 | 8,1 | 24 |
| 06 | 2,3 | 43 | 82 | 1,6 | 5 | 56 | 11,9 | 73,5 | 98,5 | 8,2 | 24,5 |
| 07 | 2,5 | 41 | 84 | 1,7 | 4 | 57 | 12,1 | 74,5 | 99 | 8,3 | 25,5 |
| 08 | 2,7 | 39 | 85 | 1,8 | 3 | 58 | 12,3 | 75,5 | 100,5 | 8,4 | 26 |
| 09 | 2,9 | 37 | 86 | 1,9 | 2 | 59 | 12,5 | 76,5 | 101 | 8,5 | 26,5 |
| 10 | 3,1 | 35 | 88 | 2 | 1 | 60 | 12,7 | 77,5 | 102,5 | 8,6 | 27 |
| 11 | 3,3 | 33 | 90 | 2,1 | 11 | 61 | 12,9 | 78,5 | 73,5 | 8,7 | 27,5 |
| 12 | 3,5 | 31 | 91 | 2,2 | 12 | 62 | 13,1 | 79,5 | 71,5 | 8,8 | 28 |
| 13 | 3,7 | 29 | 92 | 2,3 | 12,5 | 63 | 13,3 | 80,5 | 69,5 | 8,9 | 28,5 |
| 14 | 3,9 | 27 | 94 | 2,5 | 13 | 64 | 13,5 | 81,5 | 67,5 | 9 | 29 |
| 15 | 4,1 | 25 | 96 | 2,7 | 13,5 | 65 | 13,7 | 82,5 | 65,5 | 9,1 | 29,5 |
| 16 | 4,3 | 23 | 98 | 2,9 | 14 | 66 | 14 | 83,5 | 63,5 | 90,2 | 30 |
| 17 | 4,5 | 21 | 100 | 3,1 | 14,5 | 67 | 14,5 | 49,5 | 74,5 | 1,15 | 10,6 |
| 18 | 4,7 | 19 | 102 | 3,3 | 15 | 68 | 15 | 48,5 | 73,5 | 1,25 | 9,6 |
| 19 | 4,9 | 51 | 73 | 3,5 | 15,5 | 69 | 15,5 | 47,5 | 72,5 | 1,35 | 8,6 |
| 20 | 5,1 | 53 | 71 | 3,7 | 16 | 70 | 16 | 45,5 | 71,5 | 1,45 | 7,7 |
| 21 | 5,3 | 55 | 69 | 3,9 | 16,5 | 71 | 16,5 | 44,5 | 70,5 | 1,55 | 6,7 |
| 22 | 5,5 | 57 | 67 | 4,1 | 17 | 72 | 17 | 43,5 | 69,5 | 1,65 | 5,7 |
| 23 | 5,7 | 59 | 65 | 4,3 | 17,5 | 73 | 17,5 | 42,5 | 68,5 | 1,75 | 4,7 |
| 24 | 5,9 | 61 | 63 | 4,5 | 18 | 74 | 18 | 41,5 | 67,5 | 1,85 | 3,7 |
| 25 | 6,1 | 63 | 62 | 4,7 | 18,5 | 75 | 18,5 | 40,5 | 66,5 | 1,95 | 2,7 |
| 26 | 6,3 | 65 | 60 | 4,8 | 19 | 76 | 19 | 39,5 | 65,5 | 2,05 | 11,7 |
| 27 | 6,5 | 67 | 58 | 4,9 | 19,5 | 77 | 19,5 | 38,5 | 64,5 | 2,15 | 12,7 |
| 28 | 6,7 | 69 | 56 | 5 | 20 | 78 | 20 | 37,5 | 63,5 | 2,25 | 13,7 |
| 29 | 6,9 | 71 | 55 | 5,1 | 20,5 | 79 | 20,5 | 36,5 | 62,5 | 2,35 | 14,7 |
| 30 | 7,1 | 73 | 53 | 63 | 21 | 80 | 21 | 35,5 | 61,5 | 2,55 | 15,8 |
| 31 | 7,3 | 75 | 52 | 5,5 | 21,5 | 81 | 21,5 | 34,5 | 60,5 | 2,75 | 16,8 |
| 32 | 7,5 | 77 | 50 | 5,7 | 22 | 82 | 15 | 25,3 | 68,4 | 3,05 | 13,5 |
| 33 | 7,7 | 79 | 48 | 5,9 | 22,5 | 83 | 22,5 | 32,5 | 58,5 | 3,15 | 18,8 |
| 34 | 7,8 | 50,5 | 76 | 6 | 9,5 | 84 | 23 | 31,5 | 57,5 | 3,35 | 19,8 |
| 35 | 7,9 | 52,5 | 76,5 | 6,1 | 8,5 | 85 | 23,5 | 29,5 | 56,5 | 3,55 | 1,7 |
| 36 | 8 | 53,5 | 78,5 | 6,2 | 7,5 | 86 | 24 | 28,5 | 55,5 | 3,75 | 20,8 |
| 37 | 8,1 | 54,5 | 79,5 | 6,3 | 6,5 | 87 | 24,5 | 27,5 | 54,5 | 3,95 | 21,8 |
| 38 | 8,3 | 55,5 | 80,5 | 6,4 | 5,5 | 88 | 25 | 26,5 | 53,5 | 4,15 | 22,8 |
| 39 | 8,5 | 56,5 | 81 | 6,5 | 4,5 | 89 | 25,5 | 25,5 | 52,5 | 4,35 | 23,7 |
| 40 | 8,7 | 57,5 | 82,5 | 82,5 | 6,6 | 90 | 26 | 24,5 | 51,5 | 4,55 | 24,7 |
| 41 | 8,9 | 58,5 | 83 | 6,7 | 2,5 | 91 | 26,5 | 23,5 | 50,5 | 4,75 | 25,7 |
| 42 | 9,1 | 59,5 | 84,5 | 6,8 | 1,5 | 192 | 27 | 22,5 | 49,5 | 4,85 | 26,7 |
| 43 | 9,3 | 60,5 | 85,5 | 6,9 | 10,5 | 93 | 27,5 | 21,5 | 48,5 | 4,95 | 27,7 |
| 44 | 9,5 | 61,5 | 86,5 | 7 | 11,5 | 94 | 28 | 20,5 | 47,5 | 5,5 | 28,7 |

**Продолжение таблицы 9**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 45 | 9,7 | 62,5 | 87 | 7,1 | 13,5 | 95 | 28,5 | 19,5 | 46,5 | 5,15 | 29,7 |
| 46 | 9,9 | 63,5 | 88,5 | 7,2 | 14,5 | 96 | 29 | 18,5 | 45,5 | 5,35 | 30,7 |
| 47 | 10,1 | 64,5 | 89,5 | 7,3 | 15,5 | 97 | 29,5 | 17,5 | 44,5 | 5,55 | 31,7 |
| 48 | 10,3 | 65,5 | 90,5 | 7,4 | 16,5 | 98 | 30 | 16,5 | 43,5 | 5,75 | 32,7 |
| 49 | 10,5 | 66,5 | 91,5 | 7,5 | 17,5 | 99 | 30,5 | 15 | 42,5 | 5,95 | 33,7 |

# **Методические указания по выполнению задачи 9**

3.18.1. Зарисовать схему LC – автогенератора гармонических колебаний на операционном усилителе.

3.18.2. Определить коэффициент передачи цепи обратной связи β из условия баланса амплитуд

Ku ⋅ β = 1.

3.18.3. Определить параметры контура из соотношений:

;

;

.

3.18.4. Определить сопротивление резистора R из выражения

.

3.18.5. Рассчитать сопротивление резистора R2 из соотношения

.

**3.19 Задача 10**

В задаче 10 предусматривается для каждого варианта дать ответ на вопросы по материалу, не вошедшему в задачи 6, 7, 8, 9.

Вопросы и их номера в соответствии с вариантами (таблица 10) приведены ниже.

1. Почему дифференциальный усилитель имеет различные коэффициенты усиления синфазного и дифференциального сигналов?

2. Сформулируйте условие стационарности режима автогенератора. Поясните физический смысл понятий баланса фаз и баланса амплитуд.

3. Какова структура интегрального операционного усилителя? Какие функции выполняют входные каскады операционных усилителей?

4. В чем принципиальная разница между электронно-лучевыми трубками с электрическим и электромагнитным управлением?

5. В каких случаях самовозбуждение автогенератора называют «мягким», а в каких – «жестким»?

6. Как определяется чувствительность электронно-лучевой трубки с электростатическим отклонением луча? Какими способами можно улучшить чувствительность?

7. Каковы особенности усилителей постоянного тока? Можно ли применять обычный резисторный каскад в качестве усилителя постоянного тока?

8. Поясните принцип работы простейшего логического элемента на базе полевого транзистора в качестве инвертора.

9. Какие усилители называют повторителями напряжения? Какими свойствами они обладают?

10. Поясните особенности КМОП логики.

11. Какие усилители относят к усилителям мощности? Как следует подбирать сопротивление нагрузки, чтобы выходная мощность была больше?

12. Какие основные логические операции лежат в основе цифровых интегральных микросхем?

13. Изобразите схемы инвертирующего, не инвертирующего, суммирующего, вычитающего, дифференцирующего и интегрирующего устройств, выполненных на основе интегральных операционных усилителей.

14. В чем отличие резонансного усилителя от резисторного? Для какой цели применяют резонансные усилители?

15. Пояснить, в чем заключается разница в принципе электромагнитного и электростатического отклонения луча?

16. Перечислите, какие усилители различают среди усилителей переменного тока.

17. Какие усилители называют широкополосными?

18. Перечислите основные технические показатели и характеристики электронных усилителей.

19. Дайте определение понятию «линейные искажения».

20. Приведите выражение для коэффициента гармоник и поясните его.

21.Рассчитайте динамический диапазон усилителя, если Uвых max = 5В, а Uвых min = 50мВ.

22. Почему в усилителях возникает внешняя и внутренняя паразитные обратные связи и как они влияют на работу усилителя?

23. Какую обратную связь в усилителе называют положительной, а какую – отрицательной?

24. Пусть дана схема усилительного каскада с сопротивлениями Rвх = 7 кОм, Rвых = 0,5 кОм и коэффициентом усиления по напряжению *К* = 35. Как изменятся эти параметры при введении в данный усилительный каскад цепи по­следовательной отрицательной обратной связи (ООС) по напряжению с коэффициентом передачи ОС β = 0,05?

25. Как влияет частотно-независимая отрицательная обратная связь на работу усилителя?

26. Дайте определение режиму работы усилительного элемента?

27. Чем определяется положение рабочей точки на характеристике усилительного элемента в исходном состоянии?

28. Какие вы знаете классы режима усиления? Охарактеризуйте каждый из них.

29. Каковы причины нестабильного режима работы усилительного элемен­та?

30. Какими способами осуществляется стабилизация исходного положения рабочей точки в транзисторных усилителях?

31. В чём преимущества и недостатки способов стабилизации положения рабочей точки в транзисторных усилителях?

32. Каковы особенности усилителей в интегральном исполнении?

33. Дайте определение амплитудно – частотной характеристике усилителя.

34. Почему усилительный каскад с отрицательной обратной связью обеспечивает хорошую стабильность коэффициента усиления?

35. Приведите схему и опишите принцип работы схемы усилительного каскада с общим истоком на МДП-транзисторе с собственным каналом n-типа.

36. Почему усилительный каскад с общим коллектором называют эмиттерным повторителем?

37. По какой причине каскады с общим коллектором или с общим стоком используются как согласующие устройства во входной и выходной цепях усилителя и между его каскадами?

38. Почему транзисторный каскад с общей базой имеет коэффициент усиления по току меньше единицы?

39. Приведите схему и опишите работу избирательного усилителя с двойным Т-образным мостом.

40. Каким образом достигается уменьшение полосы пропускания в избирательных усилителях?

41. Каким обобщенным параметром оценивается эффективность резистивного усилителя и как он определяется?

42. Определите относительный спад вершины импульса δ и постоянную времени в области нижних частот усилителя τн, если нижняя граничная частота *f*н =200Гц, а длительность импульса τи =1.5мкс.

43. Определите верхнюю граничную частоту полосы пропускания *f*в ВУС на биполярном транзисторе и время установления tу, если постоянная времени в области верхних частот τв = 0,01мкс, а граничная частота биполярного транзистора *f*β =1МГц.

44. Определите верхнюю граничную частоту полосы пропускания *f*в ВУС на полевом транзисторе и время установления tу, если постоянная времени в области верхних частот τв = 0,1мкс.

45. В чем проявляются различия выходного импульса широкополосного усилителя от входного прямоугольного импульса?

46. Объясните работу усилителя мощности с параллельным возбуждением однофазным напряжением составных оконечных транзисторов.

47. Рассчитайте КПД двухтактного однофазного бестрансформаторного выходного каскада на комплементарных транзисторах, если амплитуда напряжения Umкэ=0,99Eк.

48. Объясните работу усилителя мощности с параллельным возбуждением однофазным напряжением одиночных оконечных комплементарных транзисторов?

49. Рассчитайте нагрузку по переменному току трансформаторного однотактного выходного каскада, если число витков в первичной и вторичной обмотках трансформатора соответственно равны W1=50, W2=12, а сопротивление нагрузки Rн =10 Ом.

50. В чем преимущества двухтактных бестрансформаторных усилителей мощности перед трансформаторными?

51. Какова причина появления нелинейных искажений типа «ступенька» в двухтактных усилителей мощности? Каким способом устраняют эти искажения?

52. В чем заключается принцип модуляции – демодуляции, использующийся в УПТ с преобразованием?

53. Почему усилители с не симметричным входом получили название «дифференциальные» усилители?

54. В чем заключается особенность дифференциальных усилителей и чем они отличаются от балансных усилителей?

55. Перечислите основныепричины, вызывающие дрейф нуля в усилителях с гальваническими связями.

56. Какими мерами достигается уменьшение дрейфа нуля в усилителях с гальваническими связями?

57. Дайте определение понятию операционный усилитель.

58. Какой вход операционного усилителя называют инвертирующим, а какой не инвертирующим?

59. Перечислите статические параметры интегральных операционных усилителей.

60. Какие параметры операционных усилителей называют динамическими?

61. В каких целях вводят понятие «идеальный» операционный усилитель?

62. Чем определяется высокая точность выполнения той или иной функции устройством на основе операционного усилителя?

63. В связи с чем питание операционного усилителя осуществляется от двухполярных источников?

64. В связи с чем в большинстве операционных усилителей применяются двухтактные выходные каска­ды, работающие в режиме В?

65. Приведите выражение для нахождения коэффициента усиления инвертирующего усили­теля и поясните его работу.

66. Как с помощью операционного усилителя можно получить инвертирующий сумматор?

68. Приведите выражение для нахождения коэффициента усиления не инвертирующего усили­теля и поясните его работу.

69. В каких целях используется не инвертирующий сумматор?

70. Как работает и где применяется дифференцирующее устройство на основе операционного усилителя?

71. Как работает и где используется интегрирующее устройство на основе операционного усилителя?

72. Поясните работу компаратора напряжений на операционном усилителе.

73. Поясните работу стабилизатора напряжения на операционном усилителе.

74. Как работает фильтр нижних частот на операционном усилителе?

75. Поясните особенности построения перемножителей прямого и косвенного умножений на основе операционных усилителей.

76.Поясните работуустройства для возведения входного сигнала в квадрат на основе операционных усилителей.

77. Поясните работуделителя напряжений на основе операционных усилителей.

78. Какую функцию выполняет кварцевый резонатор, включаемый  
в автогенератор?

79. Частота колебаний в RC-генераторе с мостом Вина fk = 750 Гц. Определите параметры схемы, обеспечивающие требуемую частоту.

80. Почему на низких частотах вместо LC-автогенераторов обычно используют RС-автогенераторы?

81. Что собой представляет мост Вина? Какие должны соблюдаться условия для осуществления в нем баланса фаз и баланса амплитуд?

82. Какую схему автогенератора называют индуктивной трехточечной схемой, или индуктивной трехточкой (схемой Хартли)?

83. Какую схему автогенератора называют емкостной трехточечной схемой, или емкостной трехточкой (схемой Колпитца)?

84. В чем заключаются условия баланса амплитуд и фаз в автогенераторе гармонических колебаний?

85.Что представляет собой любой автогенератор электрических ><колебаний?

86. Дайте понятие о логическом элементе и его передаточной характеристике.

87. Приведите основные статические параметры логических элементов.

88. Приведите основные параметры, характеризующие инерционность процессов передачи сигнала через логический элемент?

89. В чем разница между логическими элементами и логическими микросхемами?

90. Чем ограничено быстродействие логических интегральных схем ТТЛ?

91. Дайте понятие о серии интегральных микросхем.

92. Сравните логические элементы серий микросхем К155 (ТТЛ), К500 (ЭСЛ) и К176 (КМОП) по быстродействию и току потребления.

93. Поясните принцип действия двухвходового КМОП-элемента ИЛИ-НЕ.

94. Поясните принцип действия КМОП инвертора.

95. Приведите упрощенную электрическую схему трехвходового логического элемента И-НЕ типа ТТЛ и поясните ее работу.

96. Приведите электрическую схему двухвходового элемента И-НЕ типа

И2Л и поясните ее работу.

97. Приведите упрощенную электрическую схему инвертора ЭСЛ и поясните ее работу.

98. Дайте понятие об электронно-лучевой трубке?

99. Чем объясняется свечение люминесцентного экрана в электронно-лучевом приборе?

100. Как регулируют фокусировку луча в электронно-лучевом приборе?

101. В каких случаях в электро­статических трубках наблюдаются искажения осцил­лограмм?

102. Что собой представляют магнитные электронно-лучевые трубки?

103. Дайте определение чувствительности магнитной трубки.

104. В чем конструктивная разница между одноцветными и цветными ЭЛТ?

105. Что собой представляет электростатическая отклоняющая система?

106. Что собой представляет электронный прожектор?

107. Из каких элементов состоит система буквенно – цифровых обозначений ЭЛТ?

108. На чем основан принцип действия полупроводниковых приборов, предназначенных для отображе­ния информации?

109. Объясните принцип действия жидкокристаллических приборов для отображения информации.

110. В чем заключается принцип действия плазменной панели?

**Таблица 10 – Варианты заданий**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № варианта | №  вопросов | № варианта | №  вопросов | № варианта | №  вопросов |
| **00** | 1, 20, 83,100 | **34** | 14,27,50,106 | **67** | 9, 25, 43,98 |
| **01** | 4, 50, 96,110 |
| **02** | 7, 28, 59, 102 | **35** | 17,20,53,105 | **68** | 12,53,76,102 |
| **03** | 10, 31, 62, 103 | **36** | 20,23,46,104 | **69** | 15,36,69,103 |
| **04** | 13, 24, 75, 104 | **37** | 1,23,56, 103 | **70** | 18,39,62,104 |
| **05** | 16, 37, 88, 105 | **38** | 2,26, 59, 102 | **71** | 19,50,25,105 |
| **06** | 19, 60, 84, 106 | **39** | 3, 44, 55,101 | **72** | 22,23,28,106 |
| **07** | 22, 43, 74, 107 | **40** | 6, 27, 58,100 | **73** | 5, 26, 50,97 |
| **08** | 25, 56, 77, 108 | **41** | 9, 40, 71,99 | **74** | 4, 18, 33,88 |
| **09** | 28, 49, 80, 109 | **42** | 12,33,64,98 | **75** | 7, 21, 56, 94 |
| **10** | 2, 34, 61, 90 | **43** | 5, 16, 47,97 | **76** | 10,34, 49, 93 |

**Продолжение таблицы 10**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **11** | 5, 27, 69, 91 | **44** | | 4,18, 49, 96 | **77** | 13,27, 52, 92 |
| **12** | 8, 30, 72, 92 | **45** | | 7,21, 42, 93 | **78** | 17,40, 55, 91 |
| **13** | 11, 33, 65, 93 | **46** | | 8,24, 45, 95 | **79** | 20, 33,58, 90 |
| **14** | 14, 36 ,68, 94 | **47** | 10,37, 68, 94 | | **80** | 23,46,70,109 |
| **15** | 17, 39, 64, 95 | **48** | 11,44, 77, 88 | | **81** | 4, 38, 73,110 |
| **16** | 20, 32, 73, 96 | **49** | 17,40, 71,92 | | **82** | 7, 41, 76,108 |
| **17** | 23, 35, 87, 97 | **50** | 10, 23,73,91 | | **83** | 10,41,59,107 |
| **18** | 26, 47, 60, 98 | **51** | 13, 26, 67,90 | | **84** | 13,30,62,106 |
| **19** | 15, 29, 82, 99 | **52** | 16, 29, 50,80 | | **85** | 16,31,25,105 |
| **20** | 1, 13, 44, 81 | **53** | 19, 32, 53,81 | | **86** | 19,43,68,104 |
| **21** | 4, 16, 57, 82 | **54** | 22, 45, 76,82 | | **87** | 1,22, 46, 103 |
| **22** | 7, 19, 58, 83 | **55** | 25, 38, 69,83 | | **88** | 2,25, 52, 102 |
| **23** | 10, 22, 53, 84 | **56** | 1,30, 64, 84 | | **89** | 3,23, 57, 101 |
| **24** | 13, 29, 46, 85 | **57** | 2, 26,59, 85 | | **90** | 4,21, 62, 100 |
| **25** | 16, 38, 55, 86 | **58** | 5, 19, 52, 86 | | **91** | 5,29, 65, 99 |
| **26** | 19, 51, 62, 87 | **59** | 8, 22,45, 87 | | **92** | 6,26,77, 98 |
| **27** | 22, 44,65, 88 | **60** | 11,35, 58,88 | | **93** | 7,39,71, 97 |
| **28** | 25, 57, 68, 89 | **61** | 13, 28, 61,89 | | **94** | 8,22, 74,96 |
| **29** | 28, 60, 71,90 | **62** | 16, 31, 54,90 | | **95** | 9,36, 67, 95 |
| **30** | 2, 35, 78, 110 | **63** | 19, 34, 77,99 | | **96** | 10,28, 50, 94 |
| **31** | 5, 28, 61,109 | **64** | 21, 37, 60,98 | | **97** | 11,38, 72, 93 |
| **32** | 8, 21, 54, 108 | **65** | 3, 24, 57,97 | | **98** | 12, 45, 70,92 |
| **33** | 11, 44, 77, 107 | **66** | 6, 27, 70,96 | | **99** | 14, 48, 73,91 |

# **3.20 Методические указания по выполнению задачи 10**

Для ответа на вопросы задачи 10 обратитесь к материаламрекомендуемой литературы по темам 4.1 – 4.10, 5.1, 5.2 примерного тематического плана.

**Приложение А**

**Основные электрические параметры некоторых типов диодов**

**Таблица А.1**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип диодов | Параметры | | | | |  |
| Постоянное прямое напряжение  Uпр, В | Постоянный обратный ток  Iобр мкА | Предельное постоянное обратное напряжение  Uобр, max, В | Максимально допустимый постоянный прямой ток  Iпр, max, мА | |
| Выпрямитель-ный  2Д206Б  АД110А  КД209В  ГД107Б | 1,2  1,5  1  0,4 | 700  5  100  100 | 500  30  800  20 | 5000  10  500  20 | |  |
| Варикап | Емкость  С, пФ | Добротность  Q | Постоянный обратный ток  Iобр, мкА | Постоянное обратное напряжение  Uобр, В | | Предельная постоянная рассеиваемая мощность Рпред, мВт |
| 2В104А  КВ110В  КВ117Б | 90 ÷120  12 ÷ 18  26 ÷ 40 | 100  300  180 | 5  1  1 | 45  45  25 | | 100  100  100 |
| Туннельный диод | Пиковый ток  Iп, мА | Отношение пикового тока к току впадины  Iп/Iв | Сопротивле-ние потерь rп, Ом. | Напряжение | | Общая емкость диода  Сд, пФ |
| Пика  Uп,B | Впадины  Uвп,В |
| ГИ304А  ГИ103А | 4,5 ÷5,1  1,3 ÷17 | 5  4 | 4  6 | 0,075  0,075 | 0,75  0,35 | 20  2 |
| Стабилитрон | Напряжение стабилиза-ции Uст, В | Средний температур-ный коэффи-циент напря-жения α%, К | Дифферен-циальное сопротивле-ние ri, Ом | Максималь-ный ток ста-билизации  Iст max, мА | | Минималь-ный ток стабилизации  Iст. m, мА |
| Д809  КС156А | 8÷9,5  5,6 | 0,1  0,05 | 10  46 | 29  55 | | 3  3 |
| Блоки и сбор-ки выпрями-тельные | средний максималь-ный прямой ток Iпр, ср. max., мА | Повторяю-щеееся импульсное обратное напряжение Uобр, и, п, max, В | Ток перегруз-ки выпрями-тельного диода Iпрг, А | Напряжение короткого замыкания Uкз, В | | Ток холостого хода Iхх, мкА |
| КЦ405Ж  2Ц301Б | 0,6  0,2 | 600  50 | 28  1 | 4  2 | | 125  0,5 |

**Продолжение таблицы А.1**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Диоды свето-излучающие | Постоянный прямой ток Iпр, мА | Постоянное прямое напряжение Uпр, В | Максимум спектрально-го распредел-ения λmax, мкм | Максималь-ный постоян-ный прямой ток Iпр max, мА | Максималь-ное импульс-ное обратное напряжение Uобр, и max В |
| ЗЛ102А | 5 | 3 | 0,69 | 20 | 2 |
| АЛ307Б | 10 | 2 | 0,666 | 20 | 2 |
| Диоды СВЧ | Потери преобразова-ния Lпрб, дБ | Нормирован-ный коэффи-циент шума Fнорм, дБ | Коэффициент стоячей вол-ны по напря-жению Кст и | Выходное сопротивление rвых, Ом | Выпрямленный ток, Iвп, мА |
| ЗА110Б  КА104А | 6  6,5 | 7,5  8,5 | 1,6  1,5 | 210...490  340...560 | 0,9...2,2 мА  0,5 |

**Приложение Б**

**Основные электрические параметры некоторых типов транзисторов**

**Таблица Б.1**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип транзистора | Структура транзистора | *f*гр (МГц) | h21Э min | h21Э max | Максимально допустимые значения | | | | | IКБО (мкА) | CK max (пФ) | PK max т (Вт) |
| Рк max (МВт) | Uкб | Uкэ max (В) | Iк max (мА) | Тдоп max (0C) |
| КТ318А | n-p-n | 80 | 10 | 100 | 225 | 20 | 20 | 30 | 120 | 10 | 5 |  |
| ГТ321Д | p-n-p | 60 | 40 | 120 | 160 | 40 | 45 | 200 | 60 | 500 | 80 |  |
| КТ201А | n-p-n | 40 | 20 | 60 | 60 | 20 | 20 | 20 | 125 | 10 | 20 |  |
| ГТ402Д | p-n-p | 1 | 30 | 80 | 600 | 25 | 25 | 500 | 55 | 25 |  |  |
| П605А | p-n-p | 30 | 50 | 120 | 500 | 45 | 40 | 1000 | 85 | 2000 | 130 | 3 |
| П607А | p-n-p | 60 | 60 | 200 |  | 30 | 25 | 300 | 85 | 300 | 50 | 1,5 |
| КТ608Б | n-p-n | 150 | 40 | 160 | 500 | 60 | 60 | 400 | 85 | 10 | 15 |  |
| П701А | n-p-n | 7,5 | 10 | 40 | 1000 | 40 | 40 | 500 | 150 | 100 | 50 | 10 |
| КТ803А | n-p-n | 20 | 10 | 70 |  | 80 | 60 | 10000 | 150 | 500 |  | 60 |
| ГТ806А | p-n-p | 6 | 10 | 100 | 2000 | 75 | 75 | 15000 | 85 | 1500 |  | 30 |
| П609А | p-n-p | 120 | 80 | 240 |  | 30 | 25 | 300 | 85 | 300 | 50 | 1,5 |
| КТ814А | p-n-p | 3 | 40 | 70 | 1000 | 25 | 25 | 1500 | 100 | 50 | 60 | 10 |
| КТ815А | n-p-n | 3 | 40 | 70 | 1000 | 25 | 25 | 1500 | 100 | 50 | 60 | 10 |
| МП38А | n-p-n | 1,65 | 45 | 100 | 150 | 15 | 15 | 20 | 85 | 30 | 50 |  |
| МП42Б | p-n-p | 0,83 | 45 | 100 | 200 | 15 | 15 | 30 | 85 | 25 | 60 |  |

**Приложение В**

**Схемы включения полупроводниковых диодов и транзисторов**

