

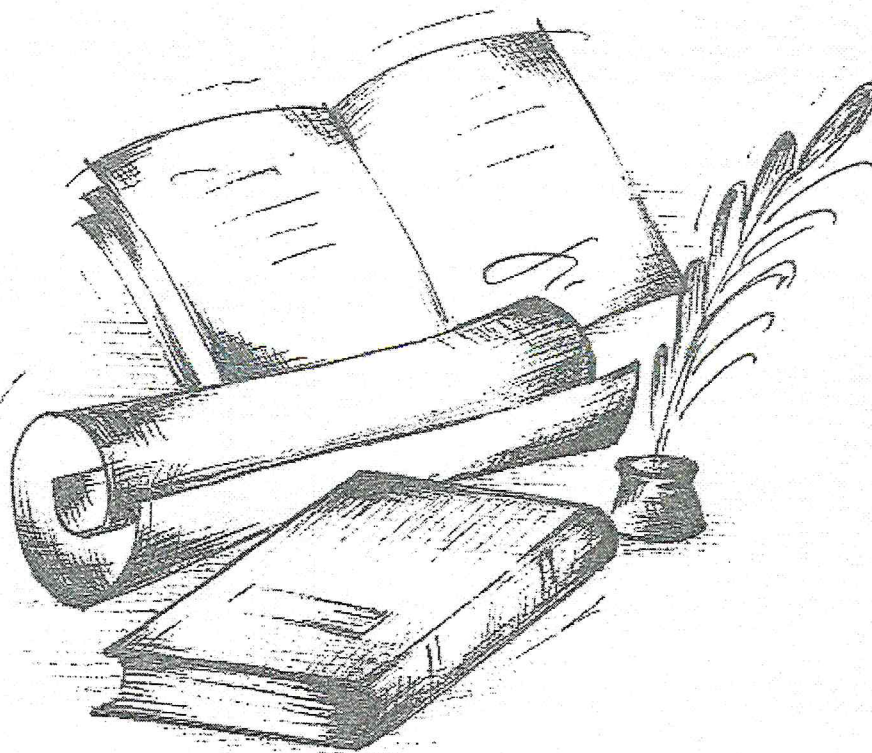
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики»
(СибГУТИ)

Колледж телекоммуникаций и информатики

СЕРИЯ

«В помощь преподавателю и студенту»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ДОМАШНЕЙ
КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО
ДИСЦИПЛИНЕ
«ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕХНИКА»**



2020

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Данные методические указания составлены в соответствии с программой. Они содержат контрольную работу по предмету, методические указания к выполнению каждого задания с решением типовых примеров, перечень литературы, в которой можно найти изучаемые темы.

Аннотацию к рабочей программе дисциплины вы можете посмотреть на сайте www.ncti.ru пройдя по ссылке http://ncti.ru/files/okolledzhe/Obrazovanie/Annotacii/2017/OO/11.02.11_Seti_sviasi_i_sistemy_kommutacii/Baza_11/annotacii_11.02.11_B11_2017.pdf

Общие указания

При выполнении контрольной работы необходимо руководствоваться данными методическими рекомендациями, которые содержат основные вопросы, подлежащие рассмотрению в каждой теме, а также рекомендованной литературой.

Ниже приведены варианты домашней контрольной работы. Студенты выполняют задания своего варианта, который определяют по таблице вариантов.

Ниже приведены варианты домашней контрольной работы.

Студент должен выполнить все задания.

Перед решением каждой задачи необходимо изучить рекомендуемый теоретический материал.

Ответы на вопросы должны быть конкретными, четкими и достаточно краткими.

При оформлении контрольной работы необходимо руководствоваться методическими указаниями по выполнению домашних контрольных работ

http://ncti.ru/files/studentu/ZO/Metodicheskie_ukazaniia_po_vypolneniiu_DKR.pdf

Общие указания по оформлению домашней контрольной работы

Работа должна быть аккуратно оформлена. При оформлении необходимо придерживаться следующих правил.

Контрольная работа может быть выполнена либо в тетради в клетку, либо напечатана с помощью компьютера. Последний вариант предпочтительнее. Все страницы должны быть пронумерованы. Отчертите поля для заметок преподавателя.

Последовательность оформления ДКР: условие задачи 1, ее решение, условие задачи 2, ее решение и т.д. Условие каждой задачи должно быть приведено полностью.

После полной записи условия задачи приводится таблица с исходными данными Вашего варианта.

Схемы вычерчиваются в строгом соответствии с требованиями стандарта.

Если работы выполняется вручную, то все рисунки (схемы, графики) чертятся остро заточенным карандашом. Не забывайте обозначать координатные оси, указывая откладываемые величины и их размерность.

Под рисунком указывается его номер и название. Номер таблицы указывается над таблицей справа. Нумерация таблиц и рисунков – сквозная.

Формулы, по которым ведется расчет, обязательно приводятся в тексте, расчеты должны сопровождаться кратким пояснительным текстом. Числовые значения следует подставлять в основных единицах (вольт, ампер, ом, фарада, генри, ватт).

Окончательный результат расчета должен быть вычислен с точностью до трех значимых цифр и снабжен размерностью.

В конце работы приводится список использованной литературы, указывается дата выполнения работы, ставится подпись. Работа высылается на рецензию в соответствии с учебным графиком. После получения зачетной работы следует внести исправления и дополнения в соответствии с рецензией и показать тетрадь преподавателю во время экзаменационной сессии. Если работа не зачтена, ее следует выполнить заново **полностью**.

Задача 1

Выберите выпрямительный диод согласно условию Вашего варианта. Приведите условно-графическое обозначение и типовую вольтамперную характеристику выбранного диода, укажите область его применения.

Выберите диод, выполняющий заданную функцию. Приведите условно-графическое обозначение и типовую характеристику выбранного диода, укажите область его применения.

Данные для выбора диодов приведены в табл. 1, 2.

Таблица 1

Номер варианта	Условия выбора выпрямительного диода
1	Малая мощность, $f_{\max} = 20 \cdot 10^3 \text{ кГц}$, $U_{\text{обр. макс}} = 150 \text{ В}$
2	Средняя мощность, $I_{\text{пр. ср}} = 5 \text{ мА}$, $U_{\text{обр. макс}} = 210 \text{ В}$
3	Малая мощность, $I_{\text{пр. ср}} = 10 \text{ мА}$, $f_{\max} = 10 \text{ кГц}$
4	Средняя мощность, $U_{\text{обр. макс}} = 400 \text{ В}$, $U_{\text{пр. ср}} = 1,2 \text{ В}$
5	Средняя мощность, $U_{\text{обр. макс}} = 300 \text{ В}$, $I_{\text{пр. ср}} = 5 \text{ мА}$
6	Малая мощность, $I_{\text{обр. ср}} = 0,1 \text{ мкА}$, $f_{\max} = 4 \text{ кГц}$
7	Малая мощность, $U_{\text{пр. ср}} = 1,2 \text{ В}$, $U_{\text{обр. макс}} = 50 \text{ В}$
8	Средняя мощность, $U_{\text{пр. ср}} = 1,2 \text{ В}$, $U_{\text{обр. макс}} = 100 \text{ В}$
9	Малая мощность, $f_{\max} = 20 \cdot 10^3 \text{ кГц}$, $U_{\text{обр. макс}} = 100 \text{ В}$
10	Средняя мощность, $I_{\text{пр. ср}} = 5 \text{ мА}$, $U_{\text{обр. макс}} = 35 \text{ В}$

Таблица 2

Номер варианта	Функция диода	Дополнительные условия выбора
1	Для стабилизации напряжения	$U_{\text{ст}} = (9,9 \dots 12,1) \text{ В}$ $TKU = \pm 0,5 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
2	Для подстройки резонансной частоты колебательного контура	$U_{\text{обр. макс}} = 90 \text{ В}$, $Q_B = 60$
3	Для усиления сигнала	$I_n = 2,7 \text{ мА}$, $C_d, \text{ макс} = 2,2 \text{ пФ}$
4	Для подстройки резонансной частоты колебательного контура	$U_{\text{обр. макс}} = 45 \text{ В}$, $Q_B = 150$
5	Для стабилизации напряжения	$r_n = 12 \text{ Ом}$, $U_c = 5,6 \text{ В}$
6	Для генерации сигнала	$I_n = 10 \text{ мА}$, $r_n = 6 \text{ Ом}$
7	Для стабилизации напряжения	$U_c = 10 \text{ В}$, $I_c, \text{ макс} = 14 \text{ мА}$
8	Для подстройки резонансной частоты колебательного контура	$U_{\text{обр. макс}} = 90 \text{ В}$, $Q_B = 500$
9	Для усиления сигнала	$I_n = 1 \text{ мА}$, $C_d, \text{ мин} = 2 \text{ пФ}$
10	Для стабилизации напряжения	$U_c = 6,8 \text{ В}$, $I_c, \text{ макс} = 119 \text{ мА}$

Методические рекомендации по решению задачи

Для решения задачи изучите материал [3, с. 20-32; рабочая тетрадь, с. 14, 15]. Приведите полностью условие задачи, табл. 1 и табл. 2 с Вашим вариантом задания.

1. Обратитесь к Приложению 1.1. Из табл. 8, 9 выберите выпрямительный диод в соответствии с условием выбора. Сначала выберите диоды заданного диапазона мощности, а затем используйте для выбора заданные параметры. Приведите условно-графическое изображение выпрямительного диода и типовую вольт-амперную характеристику.

При вычерчивании вольт-амперной характеристики учтите параметры выбранного диода.

Пример. Рассмотрим построение ВАХ для диода Д242А.

Для построения графика используем данные из табл. 8:

$I_{пр. ср} = 10 \text{ мА}$ при $U_{пр. ср} = 1 \text{ В}$; $I_{обр. ср} = 3 \text{ мкА}$ при $U_{обр. макс} = 300 \text{ В}$

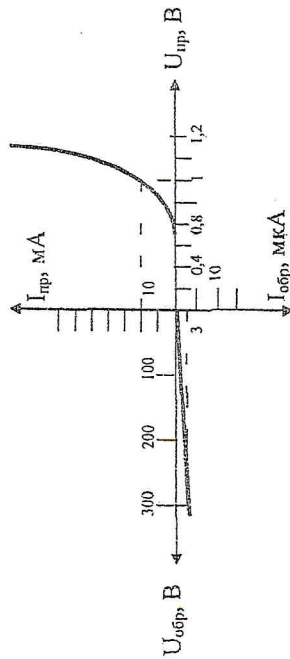


Рис. 1. ВАХ выпрямительного диода Д242А

Прямую ветвь характеристики строим по точкам:

т. 1 с координатами: $I_{пр} = 10 \text{ мА}$, $U_{пр} = 1 \text{ В}$;

т. 2 с координатами: $I_{пр} = 0$, $U_{пр} = 0,7 \text{ В}$ (для кремниевого диода пороговое напряжение открывания составляет 0,7 В).

Прямая ветвь выпрямительного диода имеет экспоненциальный характер. Поэтому т. 1 и т. 2 соединяем кривой, имеющей форму экспоненты.

Обратную ветвь характеристики строим по точкам:

т. 1 с координатами: $I_{обр} = 0 \text{ А}$, $U_{пр} = 0 \text{ В}$;

т. 2 с координатами: $I_{обр} = 3 \text{ мкА}$, $U_{обр} = 300 \text{ В}$.

Эти точки можно соединить прямой линией.

2. Укажите свойство р-п перехода, на котором основан принцип работы выпрямительного диода и укажите область его применения. Для ответа на эти вопросы обратитесь к рабочей тетради с.14, 15.

3. Обратитесь к Приложению 1.2. Из табл.10, 11, 12, 13 выберите диод, соответствующий условию Вашего варианта. Сначала выберите диод, выполняющий заданную функцию, а затем тот, который соответствует заданным параметрам. Приведите условно-графическое обозначение диода, его марку, расшифруйте ее.

4. Начертите типовую характеристику диода.

Если Вам задан стабилитрон, при вычерчивании ВАХ учтите напряжение стабилизации U_c и максимальное значение обратного тока стабилитрона $I_{с, макс}$.

Пример. Рассмотрим построение ВАХ для стабилитрона КС447А. Для построения графика используем данные из табл.10

$I_{с макс} = 159 \text{ мА}$; $U_c = 4,7 \text{ В}$.

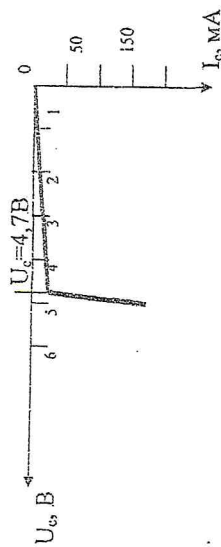


Рис. 2. ВАХ стабилитрона КС447А

Если задан варикап, при построении графика вольт-фарадной характеристики учитывайте разброс значения емкости $C_{ном}$ и максимальное обратное напряжение $U_{обр. макс}$.

Пример. Рассмотрим построение ВФХ для варикапа КВ102Г.

Для построения графика используем данные из табл.11

$C_{ном} = (19...30) \text{ пФ}$; $U_{обр. макс} = 45 \text{ В}$.

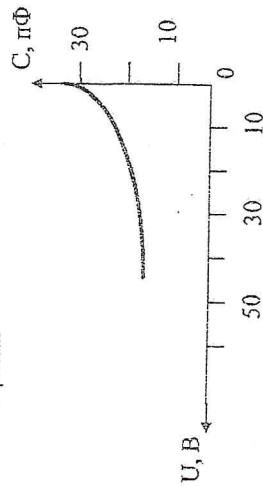


Рис. 3. Вольт-фарадная характеристика варикапа КВ102Г

Если задан туннельный диод, приведите его типовую характеристику в общем виде.

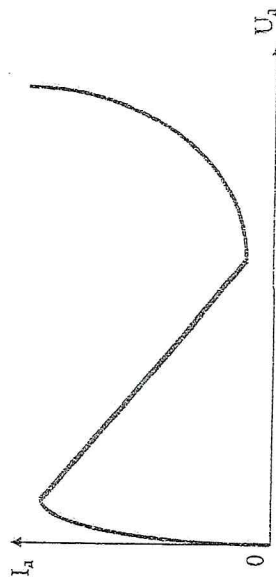


Рис. 4. ВАХ туннельного диода

5. Укажите свойство p-n перехода, на котором основан принцип работы заданного диода и его область применения. Для этого обратитесь к рабочей тетради, с. 14, 15.

Задача 2

1. Выберите биполярный транзистор согласно условию Вашего варианта, приспосаблив его марку и расшифруйте ее.
2. Приведите заданную схему включения биполярного транзистора, поясните полярность источников питания и особенности схемы.
3. Выберите полевой транзистор согласно условию Вашего варианта, приведите его марку и расшифруйте ее.
4. Приведите схему включения полевого транзистора и поясните полярность источников питания.
5. Дайте сравнительную характеристику биполярного и полевого транзистора.

Данные для выбора транзистора и построения схем приведены в табл. 3, 4.

Таблица 3

Номер варианта	Условия выбора биполярного транзистора	Схема включения и режим работы биполярного транзистора
1	Малая мощность, структура p-n-p $P_{к, макс} = 150 \text{ мВт}$, $h_{213} = 50 \dots 120$	С ОЭ, динамический режим насыщения
2	Большая мощность, структура p-n-p $P_{к, макс} = 100 \text{ Вт}$, $f_p = 15 \text{ МГц}$	С ОК, активный динамический режим
3	Средняя мощность, структура p-n-p $P_{к, макс} = 1 \text{ Вт}$, $h_{213} = 150 \dots 200$	С ОЭ, активный динамический режим
4	Малая мощность, структура p-n-p $f_p = 300 \text{ МГц}$, $h_{213} = 50 \dots 100$	С ОК, активный динамический режим
5	Средняя мощность, структура p-n-p $P_{к, макс} = 0,8 \text{ Вт}$, $U_{кз, макс} = 100 \text{ В}$	С ОБ, динамический режим отсечки
6	Большая мощность, структура p-n-p $U_{кз, макс} = 250 \text{ В}$, $f_p = 20 \text{ МГц}$	С ОБ, активный динамический режим
7	Большая мощность, структура p-n-p $P_{к, макс} = 125 \text{ Вт}$, $U_{кз, макс} = 400 \text{ В}$	С ОК, активный динамический режим
8	Большая мощность, структура p-n-p $P_{к, макс} = 150 \text{ Вт}$, $h_{213} = 20 \dots 100$	С ОЭ, динамический режим отсечки
9	Большая мощность, структура p-n-p $P_{к, макс} = 5 \text{ Вт}$, $f_p = 10 \text{ МГц}$	С ОЭ, активный динамический режим
10	Большая мощность, структура p-n-p $P_{к, макс} = 60 \text{ Вт}$, $f_p = 3 \text{ МГц}$	С ОК, активный динамический режим

Таблица 4

Номер варианта	Условия выбора полевого транзистора	Схема включения и режим работы полевого транзистора
1	С управляющим p-n переходом, канал p, $P_{с, макс} = 66 \text{ мВт}$	С общим истоком, динамический режим
2	С изолированным затвором, индуцированный канал n, $I_{з, ут} = 5 \text{ нА}$	С общим истоком, динамический режим
3	С управляющим p-n переходом, канал p, $P_{с, макс} = 12 \text{ мВт}$	С общим истоком, динамический режим
4	С изолированным затвором, встроенный канал n, $P_{с, макс} = 80 \text{ мВт}$, $K_{ш} = 7 \text{ дБ}$	С общим истоком, динамический режим обогащения
5	С управляющим p-n переходом, канал p, $P_{с, макс} = 7 \text{ мВт}$	С общим истоком, динамический режим
6	С управляющим p-n переходом, канал n, $I_{з, ут} = 5 \text{ нА}$, $S = (2 \dots 6) \text{ мА/В}$	С общим истоком, динамический режим
7	С изолированным затвором, индуцированный канал n, $I_{з, ут} = 0,001 \text{ нА}$	С общим истоком, динамический режим
8	С управляющим p-n переходом, канал n, $I_{з, ут} = 1 \text{ нА}$, $S = (5 \dots 10) \text{ мА/В}$	С общим истоком, динамический режим
9	С изолированным затвором, встроенный канал n, $P_{с, макс} = 80 \text{ мВт}$, $K_{ш} = 6 \text{ дБ}$	С общим истоком, динамический режим обеднения
10	С управляющим p-n переходом, канал n, $I_{з, ут} = 0,2 \text{ нА}$, $P_{с, макс} = 250 \text{ мВт}$	С общим истоком, динамический режим

Методические рекомендации по решению задачи 2

Для решения этой задачи изучите материал [3, с. 32-58, рабочая тетрадь, с. 19-23].

Приведите полное условие задачи и таблицу с Вашим вариантом задания.

1. Выберите из табл. 14, 15, 16, 17, 18 Приложения 2.1 биполярный транзистор в соответствии с условиями Вашего варианта. Сначала выберите таблицу для транзисторов заданной структуры (p-n-p или n-p-n), затем - заданного диапазона мощности, а потом -- по заданным параметрам (напр., h_{213} , f_p или $U_{кз, макс}$).

Приведите марку выбранного биполярного транзистора и расшифруйте ее. Для этого обратитесь к [3, с. 47].

2. Начертите заданную схему включения биполярного транзистора, укажите полярность источников питания во входной и выходной цепи. Полярность должна соответствовать структуре транзистора и заданному режиму работы. Кратко поясните выбор полярности источников питания.

3. На схеме стрелками укажите направление входного и выходного тока. Укажите, какие токи и напряжения являются входными, какие выходными. Для этого обратитесь к [3, с. 37, с. 38, с. 39].

4. Кратко поясните особенности заданной схемы включения [3, с. 37-39, с. 45, 46].

Пример. Пусть задача схема включения биполярного транзистора структуры п-р-п с общим коллектором (ОК); транзистор работает в динамическом активном режиме.

Рассуждаем следующим образом.

В схеме с общим коллектором входным электродом является база, выходным – эмиттер, коллектор – общим. Так как задан динамический режим, то во входную цепь – цепь базы – вместе с источником питания включаем источник сигнала, а в выходную – цепь эмиттера – включается нагрузка.

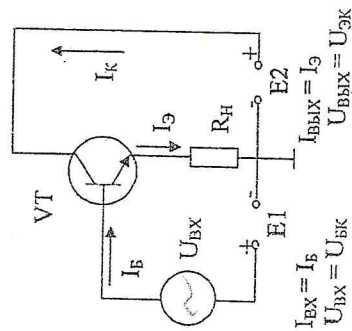


Рис. 5. Схема включения биполярного транзистора

В активном режиме эмиттерный переход открыт, а коллекторный – закрыт. Поэтому на эмиттер (полярность п) подаем одноименную – отрицательную полярность источника E1, на коллектор (полярность п) противоположную – положительную полярность источника E2.

Направление токов $I_{\text{б}}$, $I_{\text{к}}$ и $I_{\text{э}}$ – от плюса источников питания E1 и E2 к минусу.

Особенности схемы включения с общим коллектором:

высокое входное сопротивление (сотни кОм),

низкое выходное сопротивление (единицы Ом),

коэффициент усиления по напряжению меньше единицы, т.е. схема не усиливает напряжение,

коэффициент усиления по току и мощности составляет сотни раз,

низкая частотная и температурная стабильность параметров транзистора.

5. Выберите из табл. 19, 20, 21, 22 Приложения 2.2 полевой транзистор в соответствии с условиями Вашего варианта. Сначала выберите таблицу для транзистора заданного типа (транзистор с управляющим р-п переходом или с

изолированным затвором), затем – для заданного типа канала (канал р или канал п), а потом – в соответствии с заданными параметрами.

Приведите марку выбранного полевого транзистора в заданном режиме, укажите полярность источников питания во входной и выходной цепи.

Полярность источников должна соответствовать типу канала, а для транзистора с встроенным каналом – типу канала и заданному режиму работы. Для этого обратитесь к [3, с. 51, 54, 57].

Пример. Пусть задана схема включения полевого транзистора с управляющим р-п переходом и каналом р с общим истоком (ОИ) в динамическом режиме работы.

Так как задан динамический режим, то во входную цепь – цепь затвора – вместе с источником питания включаем источник сигнала, а в выходную – цепь стока – включается нагрузка.

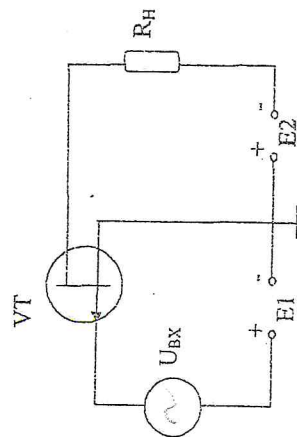


Рис. 6. Схема включения полевого транзистора

Объяснение полярности источников E1 и E2 следующее.

К стоку транзистора подключается отрицательный полюс источника E2, так как он будет притягивать основные (положительные) носители заряда канала. К затвору транзистора подключается такой полюс, который создает обратное смещение на управляющем р-п переходе. Так как канал типа р, то затвор п-полярности. Обратное напряжение на затворе – положительное. Поэтому к затвору подключается положительная полюс источника E1.

6. Дайте сравнительную характеристику биполярного и полевого транзисторов, укажите их взаимные достоинства и недостатки. Для этого обратитесь к [3, с. 58].

Задача 3

1. Приведите структурную схему усилителя согласно условию Вашего варианта. Укажите название каскадов Вашей схемы.
2. Рассчитайте общий коэффициент усиления в дБ.

3. Начертите заданную характеристику усилителя и укажите, какие параметры усилителя можно определить с помощью этой характеристики.

4. Поясните, с какой целью в усилитель вводится обратная связь. Поясните влияние отрицательной обратной связи на качественные показатели усилителя. Данные для построения схемы и расчета приведены в табл. 5.

Номер варианта	Состав структурной схемы	Значение коэффициентов усиления каскадов	Характеристика усилителя
1	2 КПУ, ОК	$K_{кпу1} = 20, K_{кпу2} = 10, K_{ок} = 5$	АЧХ
2	1 КПУ, ПОК, ОК	$K_{кпу} = 100, K_{пок} = 10, K_{ок} = 1$	АХ
3	3 КПУ, ОК	$K_{кпу1} = 10, K_{кпу2} = 10, K_{кпу3} = 5, K_{ок} = 2$	ФЧХ
4	1 КПУ, ОК	$K_{кпу} = 200, K_{ок} = 5$	АЧХ
5	3 КПУ, ПОК, ОК	$K_{кпу1} = 100, K_{кпу2} = 10, K_{кпу3} = 10, K_{пок} = 5, K_{ок} = 2$	ПХ
6	2 КПУ, ОК	$K_{кпу1} = 10, K_{кпу2} = 10, K_{ок} = 1$	ФЧХ
7	1 КПУ, ОК	$K_{кпу} = 100, K_{ок} = 10$	АЧХ
8	3 КПУ, ПОК, ОК	$K_{кпу1} = 10, K_{кпу2} = 10, K_{кпу3} = 10, K_{пок} = 2, K_{ок} = 5$	АХ
9	3 КПУ, ОК	$K_{кпу1} = 20, K_{кпу2} = 10, K_{кпу3} = 5, K_{ок} = 1$	АЧХ
10	2 КПУ, ОК	$K_{кпу1} = 200, K_{кпу2} = 5, K_{ок} = 1$	ПХ

Методические рекомендации по решению задачи 3

Для решения задачи изучите материал [3, с.109-124, рабочая тетрадь с. 52-62].

Приведите условие задачи и таблицу с Вашим вариантом задания.

1. Приведите структурную схему усилителя с заданными каскадами. Образец структурной схемы приведен в [3, с.110, рис. 14.1]. Схема должна содержать кроме заданных каскадов входное и выходное устройство, источник сигнала и нагрузку, источник питания и цепь обратной связи.

2. Рассчитайте общий коэффициент усиления в дБ. В табл. 5 коэффициенты усиления каскадов приведены в относительных единицах (разах). Поэтому сначала рассчитайте общий коэффициент усиления в относительных единицах, а затем полученный результат переведите в дБ.

Пример. Пусть задан усилитель, содержащий 1 каскад предварительного усиления, предоконечный каскад и оконечный каскад. Коэффициенты усиления каскадов: $K_{кпу} = 20, K_{пок} = 10, K_{ок} = 5$.

Общий коэффициент усиления $K_{общ} = 20 \cdot 10 \cdot 5 = 1000$ раз.

Общий коэффициент усиления в дБ $K_{общ} [дБ] = 20 \cdot \lg 1000 = 20 \cdot 3 = 60$ дБ.

3. Начертите заданную характеристику усилителя. Для этого обратитесь к [3, с.113, 114, 115]. Там же найдите ответ на вопрос о параметрах, которые можно рассчитать по амплитудно-частотной (АЧХ), амплитудной (АХ), фазо-частотной (ФЧХ) и переходной (ПХ) характеристикам.

4. Ответ на вопрос о необходимости введения обратной связи в усилитель найдите в [3, с.117].

Для ответа на вопрос о влиянии отрицательной обратной связи на показатели усилителя обратитесь к рабочей тетради, с. 61.

Задача 4

Рассчитайте резистивный каскад предварительного усиления на биполярном транзисторе. Транзистор включен по схеме с общим эмиттером. Поддача смещения на базу осуществляется методом фиксированного напряжения, стабилизация режима работы – последовательной обратной связи по току. Схема усилительного каскада приведена на рис.7.

Данные для расчета приведены в табл. 6.

Таблица 6

Номер варианта	Тип и структура транзистора	E_k , В	$I_{ахтисл}$, мА	ДрЧ $f_H - f_H$	C_k , пФ	$R_{и}$, кОм	r_b , Ом	$h_{21э}$, min	$h_{21э}$, max
1	КТ312А n-p-n	12	1,1	60Гц – 0,8МГц	95	10	100	10	100
2	КТ312А n-p-n	14	1,4	50Гц – 1,1МГц	80	9	100	50	280
3	КТ208Е p-n-p	15	1,5	40Гц – 1МГц	100	16	50	80	240
4	ГТ320Б p-n-p	10	1,2	55Гц – 1,2МГц	90	10	70	50	160
5	КТ315Б n-p-n	12	1,3	30Гц – 0,9МГц	85	9,1	70	50	350
6	КТ373А n-p-n	20	1,6	40Гц – 0,7МГц	105	15	50	100	250
7	КТ315В n-p-n	20	1,8	70Гц – 1,2МГц	110	12	70	20	90
8	КТ315В n-p-n	15	1,2	65Гц – 0,9МГц	90	18	50	50	125
9	КТ350А p-n-p	16	1,1	80Гц – 1МГц	100	8,2	50	20	200
10	ГТ320А p-n-p	10	1,0	85Гц – 0,8МГц	80	10	70	20	80

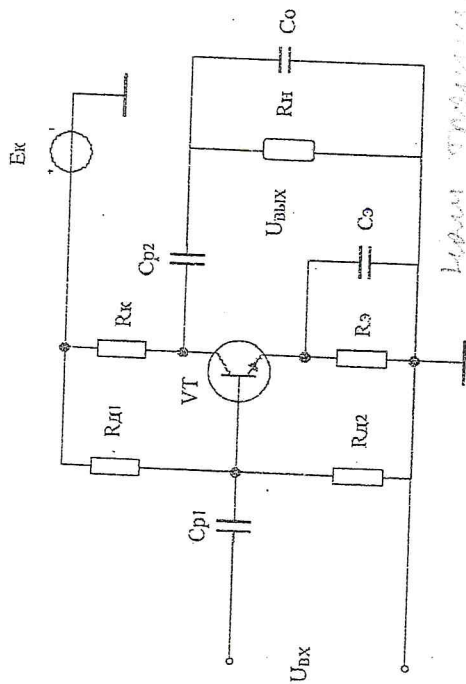


Рис. 7. Принципиальная схема резистивного каскада предварительного усиления

Методические рекомендации по решению задачи 4

Для решения задачи изучите материал [3, с. 136-138].
Приведите условие задачи и таблицу со своим вариантом задания.

1. Начертите принципиальную схему резистивного каскада. Элементы схемы вычерчиваются в строгом соответствии с требованиями стандарта (Приложение 4). Изображая транзистор, учитывайте структуру заданного транзистора. Полярность источника питания должна соответствовать структуре транзистора.

2. Сначала следует определить данные режима работы транзистора. Значение выходного коллекторного тока в рабочей точке:

$$I_{KЭ0} \cong 2 \cdot I_{Эх. т. сл}$$

Напряжение на выходе транзистора в рабочей точке:

$$U_{KЭ0} \cong 0,4 \cdot E_K$$

Значение входного тока базы в рабочей точке:

$$I_{B0} = \frac{I_{KЭ0}}{h_{21Э \min}}$$

Значение напряжения $U_{БЭ0}$ можно принять:

для кремниевых транзисторов $U_{БЭ0} = 0,7 В$,

для германиевых транзисторов $U_{БЭ0} = 0,4 В$.

3. Расчет элементов схемы.

Максимальный коэффициент усиления по напряжению получается при эквивалентном сопротивлении нагрузки:

$$R_{ЭКВ} \approx \frac{1}{2\pi f_{\text{вс}} C_0},$$

где: $f_{\text{в}}$ — верхняя частота диапазона рабочих частот (ДРЧ);

C_0 — нагружающая каскад емкость.

По переменному току R_K и R_H включены параллельно, поэтому:

$$R_{ЭКВ} = \frac{R_K \cdot R_H}{R_K + R_H}.$$

Отсюда рассчитывается сопротивление резистора в цепи коллектора:

$$R_K = \frac{R_{ЭКВ} \cdot R_H}{R_H - R_{ЭКВ}}.$$

Сопротивление резистора в цепи эмиттера — сопротивление цепи обратной связи рассчитывается по формуле:

$$R_Э = \frac{E_K - U_{КЭ0} - I_{KЭ0} \cdot R_K}{I_{KЭ0}}.$$

Теперь можно рассчитать делитель напряжения $R_{Д1}$, $R_{Д2}$.

Необходимая стабилизация достигается, если:

$$I_{ДЕЛ0} \approx 10 \cdot I_{Б0},$$

тогда:

$$R_{Д2} = \frac{I_{KЭ0} \cdot R_Э + U_{БЭ0}}{I_{ДЕЛ0}} \quad R_{Д1} = \frac{E_K}{I_{ДЕЛ0}} - R_{Д2}.$$

Емкость разделительного конденсатора:

$$C_P = \frac{1}{2\pi f_H \cdot (R_K + R_H)}.$$

При определении емкости блокировочного конденсатора $C_Э$ следует учесть, что она не должна вносить заметных частотных искажений, то есть сопротивление конденсатора $C_Э$ должно быть во много раз меньше сопротивления $R_Э$.

$$C_Э = \frac{5}{\pi f_H \cdot R_Э}$$

4. Расчет результирующих параметров.

Коэффициент усиления по току:

$$K_T = h_{21Э} \frac{R_K}{R_K + R_H}.$$

где $h_{21Э} = \sqrt{h_{21Э \max} \cdot h_{21Э \min}}$

Коэффициент усиления по напряжению:

$$K = \frac{h_{21Э} \cdot R_H}{R_{ВХ \cdot TP}},$$

где $R'_H = \frac{R_K R_H}{R_K + R_H}$ – эквивалентное сопротивление транзистора;

$$R_{вхтр} = r_6 + \frac{0,026}{I_{K0}} \cdot (h_{21э} + 1) \cdot \text{входное сопротивление транзистора.}$$

Коэффициент усиления по мощности:

$$K_M = K_T \cdot K$$

Коэффициент частотных искажений в области высоких частот:

$$M_B = \sqrt{1 + (2\pi f_v \cdot C_o \cdot R'_H)^2}.$$

Оцените результаты расчета.

Сопротивление R_K должно получиться порядка единиц кОм.

Сопротивление R_3 – порядка сотен Ом – единиц кОм.

Сопротивление $R_{д1}$ – порядка десятков кОм.

Сопротивление $R_{д2}$ – порядка единиц – десятков кОм.

Всегда $R_{д1} > R_{д2}$

Емкость C_p – порядка: десятые доли – десятки мкФ.

Емкость C_3 – порядка единиц – десятков мкФ.

Коэффициент усиления по току K_T – порядка единиц – десятков раз.

Коэффициент усиления по напряжению K – порядка десятков – сотен раз.

Коэффициент усиления по мощности K_M – порядка сотен – тысяч раз.

Коэффициент частотных искажений M_B не должен превышать $\sqrt{2}$, то есть 1,41 раз.

Если полученные результаты сильно отличаются, то вероятно допущена ошибка в расчетах. Постарайтесь найти ее и исправить.

Задача 5

1. Приведите структурную схему операционного усилителя и поясните назначение каскадов.

2. Перечислите достоинства операционного усилителя.

3. Выберите операционный усилитель в соответствии с условием Вашего варианта.

4. Приведите схему функционального узла, выполняющего заданную функцию; укажите назначение элементов схемы.

5. Рассчитайте элементы приведенной схемы и напряжение выходного сигнала.

6. Данные для выбора операционного усилителя, схемы функционального узла и расчета элементов приведены в табл. 7.

Таблица 7

Номер вари-анта	Условия выбора операционного усилителя	Назначение функционального узла	Данные для расчета элементов схемы
1	$U_{пном} = 2 \times 6,3В$ $f_l = 3МГц$	Инвертирующий усилитель	$U_{вх} = 5мВ$ $K = 300$ $R_{ис} = 1кОм$
2	$U_{пном} = 2 \times 6В$ $R_{вх} = 0,2МОм$	Инвертирующий сумматор двух сигналов с усилением суммарного сигнала	$U_{вх1} = 7мВ$ $K_{ис} = 120$ $U_{вх2} = 10мВ$ $R_{ис1} = 1,2кОм$ $R_{ис2} = 1,2кОм$
3	$U_{пном} = 2 \times 15В$ $f_l = 10МГц$	Вычитающий усилитель	$U_{вх1} = 50мВ$ $K_{ис} = 50$ $U_{вх2} = 25мВ$ $R_{ис1} = R_{ис2} = 0,8кОм$
4	$U_{пном} = 2 \times 15В$ $R_{вх} = 10^6 МОм$	Неинвертирующий усилитель	$U_{вх} = 10мВ$ $K = 1400$ $R_{ис} = 1,5кОм$
5	$f_l = 15МГц$ $U_{см} = 2мВ$	Инвертирующий усилитель	$U_{вх} = 2мВ$ $K = 200$ $R_{ис} = 2кОм$
6	$U_{пном} = 2 \times 12,6В$ $R_{вх} = 0,3МОм$	Вычитающий усилитель	$U_{вх1} = 70мВ$ $K_{ис} = 150$ $U_{вх2} = 20мВ$
7	$U_{пном} = 2 \times 12В$ $f_l = 10МГц$	Инвертирующий сумматор трех сигналов без усиления суммарного сигнала	$R_{ис1} = R_{ис2} = 1,5кОм$ $U_{вх1} = 5мВ$ $U_{вх2} = 5мВ$ $U_{вх3} = 10мВ$
8	$U_{пном} = 2 \times 15В$ $R_{вх} = 10^4 МОм$	Ограничитель уровня	$R_{ис} = R_{ис2} = R_{ис3} = 1,1кОм$ $R_{ис} = 2кОм$ $U_{отр} = 15В$
9	$U_{пном} = 2 \times 15В$ $U_{см} = 0,25мВ$	Повторитель напряжения	$R_{ис} = 1кОм$ $U_{вх} = 1В$
10	$R_{вх} = 0,5МОм$ $U_{см} = 10мВ$	Инвертирующий сумматор двух сигналов с усилением суммарного сигнала	$U_{вх1} = 10мВ$ $K_{ис} = 250$ $U_{вх2} = 15мВ$ $R_{ис1} = 1,4кОм$ $R_{ис2} = 1,4кОм$

Методические рекомендации по решению задачи 5

Для решения задачи изучите материал [3, с. 169-187; рабочая тетрадь с. 104-110].

Приведите условие задачи и таблицу с условием Вашего варианта.

1. Для ответа на первый вопрос обратитесь к [3, с. 171, 172; рабочая тетрадь с.104].

Начертите структурную схему операционного усилителя. Поясните, по какой схеме собран каждый каскад, и какую роль выполняет.

2. Отвечая на второй вопрос, укажите порядок величин параметров операционного усилителя и оцените качественно каждый параметр.

Например:

Очень высокое входное сопротивление – до сотен Мом.

3. Выберите из табл. 23 Приложения 3.1 операционный усилитель в соответствии с заданными условиями. Приведите марку выбранной микросхемы и расшифруйте ее.

4. Для ответа на четвертый вопрос обратитесь к Приложению 3.2. Выберите схему, выполняющую заданную функцию. Перечертите ее в соответствии с требованиями стандарта (Приложение 4), укажите назначение элементов схемы.

В схеме *инвертирующего усилителя*:

R1 — согласует инвертирующий вход операционного усилителя с источником сигнала;

R_{ос} — задает коэффициент усиления схемы;

R2 — уравнивает неинвертирующий вход операционного усилителя;

В схеме *неинвертирующего усилителя*:

R1 — уравнивает неинвертирующий вход операционного усилителя;

R2 — согласует неинвертирующий вход операционного усилителя с источником сигнала;

R_{ос} — задает коэффициент усиления схемы.

В схеме *вычитющего усилителя*:

R1 — согласует инвертирующий вход операционного усилителя с источником сигнала 1;

R2 — согласует неинвертирующий вход операционного усилителя с источником сигнала 2;

R_{ос} — задает коэффициент усиления схемы;

R3 — уравнивает неинвертирующий вход операционного усилителя.

В схеме *сумматора*:

R1 — согласует инвертирующий вход операционного усилителя с источником сигнала 1;

R2 — согласует инвертирующий вход операционного усилителя с источником сигнала 2;

R3 — согласует инвертирующий вход операционного усилителя с источником сигнала 3;

R_{ос} — задает коэффициент усиления схемы.

В схеме *ограничителя уровня*:

VD1 и VD2 — стабилизаторы, ограничивающие выходное напряжение схемы;

R1 — согласует инвертирующий вход операционного усилителя с источником сигнала;

R2 — уравнивает неинвертирующий вход операционного усилителя.

В схеме *повторителя*:

R1 — согласует неинвертирующий вход операционного усилителя с источником сигнала.

5. Расчет элементов схемы выполняется по следующей методике.

Инвертирующий усилитель.

Величина согласующего сопротивления R1 выбирается равной сопротивлению источника сигнала.

$$R1 = R_{ис}.$$

Коэффициент передачи схемы по инвертирующему входу:

$$K_{(c)} = \frac{R_{ос}}{R1},$$

отсюда:

$$R_{ос} = K_{(c)} \cdot R1.$$

Величина сопротивления R2 выбирается равной сопротивлению R1:

$$R2 = \frac{R1 \cdot R_{ос}}{R1 + R_{ос}} \approx R1.$$

Значение выходного напряжения:

$$U_{вых} = U_{вх} \cdot K_{(c)}.$$

Неинвертирующий усилитель.

Для согласования неинвертирующего входа операционного усилителя с источником сигнала, R2 выбирается равной сопротивлению источника сигнала.

$$R2 = R_{ис}.$$

Коэффициент передачи схемы по неинвертирующему входу:

$$K_{(n)} = \frac{R_{ос}}{R1} + 1,$$

отсюда:

$$R_{ос} = (K_{(n)} - 1) \cdot R1.$$

Величина сопротивления R1 должна быть равна сопротивлению на неинвертирующем входе операционного усилителя. Поэтому выбираем:

$$R1 = R2.$$

Значение выходного напряжения:

$$U_{вых} = U_{вх} \cdot K_{(n)}.$$

Вычитющий усилитель.

Чтобы согласовать инвертирующий вход операционного усилителя с источником сигнала 1, выбирается:

$$R1 = R_{ис1}.$$

Чтобы согласовать неинвертирующий вход операционного усилителя с источником сигнала 2, выбирается:

$$R2 = R_{ис2}.$$

Коэффициент передачи вычитающего усилителя:

$$K = \frac{R_{ос}}{R1},$$

отсюда:

$$R_{ос} = K \cdot R1.$$

Сопротивление R_3 должно уравнивать неинвертирующий вход операционного усилителя и должно быть равно сопротивлению на инвертирующем входе

$$R_3 = \frac{R_1 \cdot R_{oc}}{R_1 + R_{oc}} \approx R_1.$$

Значение выходного напряжения:

$$U_{вых} = K(U_{вх2} - U_{вх1}).$$

Сумматор.

Чтобы согласовать инвертирующий вход операционного усилителя с источником сигнала, выбирается:

$$R_1 = R_{ис1};$$

$$R_2 = R_{ис2};$$

$$R_3 = R_{ис3}.$$

Коэффициент передачи сумматора первого, второго и третьего сигналов:

$$K_1 = \frac{R_{oc}}{R_1};$$

$$K_2 = \frac{R_{oc}}{R_2};$$

$$K_3 = \frac{R_{oc}}{R_3}.$$

Значение выходного сигнала:

$$U_{вых} = K_1 \cdot U_{вх1} + K_2 \cdot U_{вх2} + K_3 \cdot U_{вх3}.$$

Ограничитель уровня.

Чтобы согласовать инвертирующий вход операционного усилителя с источником сигнала, выбирается:

$$R_1 = R_{ис1}.$$

Сопротивление R_2 должно уравнивать неинвертирующий вход операционного усилителя и должно быть равно сопротивлению на инвертирующем входе

$$R_2 = R_1.$$

Стабилитроны VD_1 и VD_2 выбираются из Приложения 1.2 в соответствии с уровнем ограничения. Уровень ограничения соответствует напряжению пробоя стабилитрона. Выходное напряжение фиксируется на уровне напряжения пробоя

$$U_{вых} = U_{ст}.$$

Приложение 1 1.1. Выпрямительные диоды

Выпрямительные диоды малой мощности Таблица 8

Тип диода	Упр. при Iпр.: {Uпр.ср} при {Iпр.ср}		Iобр. {Iобр.ср} при Uобр.макс, мкА	Предельные режимы		
	В	мА		Uобр.макс. {Uобр.н.макс.}, В	Iвыпр.ср.макс. {Iпр.ср.макс.}, мА	fkTп {fkTп.макс.}, кГц
Д102	2	2	10	50	30	150
Д102А	1	1	10	50	30	150
КД103А	1	50	0,5	50	100	—
КД103Б	1,2	50	0,5	50	100	—
КД104А	1	10	3	300	10	10
КД105Б	{1}	{300}	{100}	{400}	{300}	1
КД105В	{1}	{300}	{100}	{600}	{300}	1
КД102А	1	50	0,1	250	100	4
Д223А	1	50	1	{100}	50	20·10 ³
Д223Б	1	50	1	{150}	50	20·10 ³
Д226Б	{1}	{300}	{100}	{400}	{300}	1
Д226В	{1}	{300}	{100}	{300}	{300}	1

Выпрямительные диоды средней мощности Таблица 9

Тип диода	Упр. при Iпр.: {Uпр.ср} при {Iпр.ср}		Iобр. {Iобр.ср} при Uобр.макс, мкА	Предельные режимы		
	В	мА		Uобр.макс. {Uобр.н.макс.}, В	Iвыпр.ср.макс. {Iпр.ср.макс.}, мА	fkTп {fkTп.макс.}, кГц
Д102	2	2	10	50	30	150
Д242	{1,2}	{10}	{3}	{100}	{10}	—
Д242А	{1}	{10}	{3}	{100}	{10}	—
Д243	{1,2}	{10}	{3}	{200}	{10}	—
Д243А	{1}	{10}	{3}	{200}	{10}	—
Д243Б	{1,5}	{5}	{3}	{200}	{5}	—
Д245	{1,2}	{10}	{3}	{300}	{10}	—
Д245А	{1}	{10}	{3}	{300}	{10}	—
Д245Б	{1,5}	{5}	{3}	{300}	{5}	—
Д246	{1,2}	{10}	{3}	{400}	{10}	—
Д246А	{1}	{10}	{3}	{400}	{10}	—
КД202А	{0,9}	{5}	{0,8}	35, {50}	{5}	12
КД202Ж	{0,9}	{5}	{0,8}	210, {300}	{5}	12

1.2. Стабилитроны

Таблица 10

Тип стабилитрона	Номинальное напряжение стабилизации U_c , В			I_c , мА	гд. Ом	TKU $10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	I_c макс., мА
	Минимум	Среднее	Максимум				
Д808	7	—	8,5	5	6	7	33
Д809	8	—	9,5	5	10	8	29
Д810	9	—	10,5	5	12	9	26
КС147	4,1	—	5,2	10	56	—	58
КС158А	—	6,8	—	10	28	6	45
КС162А*	—	6,2	—	10	35	—	22
КС168В	—	6,8	—	10	28	—	20
КС170А	—	7	—	10	20	—	20
КС175А	—	7,5	—	5	16	—	18
КС182А	—	8,2	—	5	14	—	17
КС191А	—	9,1	—	5	18	—	15
КС210Б	—	10	—	5	22	—	14
КС213Б*	—	13	—	5	25	—	10
КС211Б	11	—	12,6	10	—	2	33
КС211В	9,3	—	11	10	—	-2	33
КС211Г	9,9	—	12,1	10	—	± 1	33
КС211Д	9,9	—	12,1	10	—	$\pm 0,5$	33
КС215Ж	13,5	15	16,5	2	70	9,5	10
КС433А	—	3,3	—	30	25	-10	191
КС439А	—	3,9	—	30	25	-10	176
КС447А	—	4,7	—	30	18	-8...+3	159
КС456А	—	5,6	—	30	12	5	139
КС468А	—	6,8	—	30	5	6,5	119
КС533А	29,7	—	36,3	10	40	10	17
КС610А	—	120	—	50	150	20	42
КС650А	—	150	—	25	255	20	33
КС680А	—	180	—	25	330	20	28
2С920А	—	120	—	—	100	16	42
2С930А	—	130	—	—	120	16	38
2С950А	—	150	—	—	170	16	33

1.3. Варикапы

Таблица 11

Тип варикапа	Сном ^а , пФ	$U_{обр. макс.}$, В	$Q_{0.7}^{**}$, не менее	Лоб ^б (при $U_{обр. макс.}$ ток ^в = 25 мкА, не более)
Д901А	22 ... 32	80	25	1,0
Д901Б	22 ... 32	45	30	1,0
Д901В	28 ... 38	80	25	1,0
Д901Г	28 ... 38	45	30	1,0
Д901Д	34 ... 44	80	25	1,0
Д901Е	34 ... 44	45	30	1,0
Д902	6 ... 12	25	30	—
КВ101А	160 ... 240	4	12	1,0
КВ102А	14 ... 23	45	40	1,0
КВ103Б	19 ... 30	45	40	1,0
КВ102В	25 ... 40	45	40	1,0
КВ102Г	19 ... 30	45	100	1,0
КВ102Д	19 ... 30	80	40	1,0
КВ103А	18 ... 32	80	50	10
КВ103Б	28 ... 38	80	40	10
КВ104А	90 ... 130	45	100	5,0
КВ104Б	106 ... 144	45	100	5,0
КВ104В	128 ... 192	45	100	5,0
КВ104Г	95 ... 143	80	100	5,0
КВ104Д	128 ... 192	80	100	5,0
КВ104Е	95 ... 143	45	150	5,0
КВ105А	400 ... 600	90	500	50
КВ105Б	400 ... 600	50	500	50
КВ106А	20 ... 50	120	40	20
КВ106Б	15 ... 35	90	60	20
КВ107А	10 ... 40	5,5 ... 16	20	100
КВ107Б	10 ... 40	5,5 ... 16	20	100
КВ107В	30 ... 65	13 ... 31	20	100
КВ107Г	30 ... 65	13 ... 31	20	100
КВ109А ^{в**}	2,3 ... 2,8	25	300	0,5
КВ109Б ^{в**}	2,0 ... 2,3	25	300	0,5

1.4. Туннельные диоды

Усилительные туннельные диоды

Таблица 12

Тип прибора	I _н , мА	ΔI _н , мА	Значения параметров при T = 25 °C						Пределные значения параметров при T = 25 °C				T _{max} , °C
			Сд, макс, пФ	Сд, мин, пФ	I _н , мВ	I _н , мВ	I _н , мВ	I _н , мВ	I _н , мВ	I _н , мВ	I _н , мВ	I _н , мВ	
ИИ102А	1,5	0,25	0,9	1,8	5	100	0,35	6	20	—	3	3	70
ИИ102Ж	2,7	0,4	1,2	2,2	5	90	0,35	6	30	—	5,4	5,4	70
ИИ104А	1,5	0,2	0,8	1,9	4	90	0,13	6	100	400	1	1,5	70
ИИ104Б	1,5	0,2	0,6	1,4	4	90	0,13	6	100	400	1	1,5	70
ИИ103А	1,5	0,3	1	2,1	4	90	0,35	6	100	400	1,5	1,5	70
ИИ103Б	1,5	0,3	0,8	1,6	4	90	0,35	6	100	400	1,5	1,5	70
ИИ103В	1,5	0,3	0,7	1,3	4	90	0,35	6	100	400	1,5	1,5	70
АИ101А	1	0,25	—	4	5	160	1,3	16	30	600	—	—	85
АИ101Б	1	0,25	2	8	5	160	1,3	16	30	600	—	—	85
АИ101В	2	0,3	—	5	6	160	1,3	16	40	600	—	—	85

Генераторные туннельные диоды

Таблица 13

Тип прибора	I _п , мА	ΔI _п , мА	Значения параметров при T = 25 °C										Пределные значения параметров при T = 25 °C			
			Сд, мин, пФ	Сд, макс, пФ	I _п / I _н	U _п , мВ	I _д , мА	I _{обр.п} , мА	U _{пр макс} , мВ	I _{пр макс} , мА	Темп., °C					
ЗН202А	10	1	—	3	8	200	0,5	5	250	400	—	20	85			
ЗН202Б	10	1	1,5	3	8	200	0,5	4	250	400	—	20	85			
ЗН202В	10	1	2,3	4,8	8	200	0,5	4	250	400	—	20	85			
ЗН202Г	20	2	—	4	8	220	0,5	4	250	450	—	40	85			
ЗН202Д	20	2	2	4,5	8	220	0,5	3	250	450	—	40	85			
ЗН202Е	20	2	3	2,5	8	220	0,5	3	250	450	—	40	85			
ЗН202Ж	30	3	—	5	8	240	0,5	3	250	450	—	60	85			
ЗН202И	30	3	4	8	8	240	0,5	3	250	450	—	60	85			
ЗН202К	50	5	—	10	8	260	0,5	2	250	450	—	100	85			
ЗН203А	10	1	—	2	10	200	0,3	6	250	400	—	5	85			
ЗН203Б	10	1	1,5	3	10	200	0,3	4	250	400	—	5	85			
ЗН203Г	20	2	—	3	10	220	0,3	4	250	450	—	10	85			

Приложение 2
2.1. Биполярные транзисторы

Транзисторы p-n-p малой мощности

Таблица 14

Тип прибора	Пределные значения параметров при T = 25 °C						Значения параметров при T = 25 °C							
	I _к , мА	I _к , мА	I _к , мА	I _к , мА	I _к , мА	I _к , мА	I _к , мА	I _к , мА	I _к , мА	I _к , мА	I _к , мА	I _к , мА	I _к , мА	I _к , мА
ПТ303А	40	100	(12)	15	1,5	75	25...80	1	10	0,5	6	140	—	—
ПТ303Б	40	100	(12)	15	1,5	75	60...180	1	10	0,5	6	160	—	—
ПТ303В	40	100	(12)	15	1,5	75	(40...120)	5	5	0,5	6	160	—	—
ПТ303В	150	250	(10)	20	3	200	40...70	3	50	1,5	10	300	—	—
ПТ303Г	150	250	(10)	20	3	200	60...100	3	50	1,5	10	300	—	—
ПТ303Д	150	250	(10)	20	3	200	50...100	3	50	1,5	10	300	—	—
ПТ303Е	80	—	15	20	4	250	20...70	1	10	0,3	0,5	250	—	—
ПТ303А	50	120	(15)	20	3	150	25...75	1	10	1,5	5	100	—	—
ПТ303Б	50	120	(15)	20	3	150	50...120	1	10	1,2	5	120	—	—
ПТ303В	50	120	(15)	20	3	150	30...150	1	10	1,2	5	120	8	—
ПТ303Г	50	120	(15)	20	3	150	90...200	1	10	1,2	5	120	—	—

Транзисторы n-p-n средней мощности

Таблица 15

Тип прибора	Пределные значения параметров при T = 25 °C										Значения параметров при T = 25 °C							
	I _к , мА	I _к , мА	I _к , мА	I _к , мА	I _к , мА	I _к , мА	I _к , мА	I _к , мА	I _к , мА	I _к , мА	I _к , мА	I _к , мА	I _к , мА	I _к , мА	I _к , мА	I _к , мА	I _к , мА	I _к , мА
ПТ603А	0,3	0,6	30	30	3	0,5	20...80	2	150	0,8	3	200	—	—	—	—	—	—
ПТ603Б	0,3	0,6	30	30	3	0,5	60...180	2	150	0,8	3	200	—	—	—	—	—	—
ПТ603В	0,3	0,6	15	15	3	0,5	20...80	2	150	0,8	3	200	—	—	—	—	—	—
ПТ603Г	0,3	0,6	15	15	3	0,5	60...180	2	150	0,8	3	200	—	—	—	—	—	—
КТ603А	1	2	(80)	120	7	0,8	40...120	(10)	{150}	0,3	(1)	50	—	—	—	—	—	—
КТ603Б	1	2	(80)	120	7	0,8	80...240	(10)	{150}	0,3	(1)	50	—	—	—	—	—	—
КТ603В	1	2	(100)	150	7	0,8	40...120	(10)	{150}	0,3	(1)	50	—	—	—	—	—	—
КТ603Г	1	2	(60)	100	7	0,8	40...120	(10)	{150}	0,3	(1)	50	—	—	—	—	—	—
КТ603Д	1	2	(50)	60	7	0,8	80...240	(10)	{150}	0,3	(1)	50	—	—	—	—	—	—
КТ603Е	1	2	(50)	60	—	0,8	160...480	(10)	{150}	0,3	(1)	50	—	—	—	—	—	—
КТ603А	0,3	0,6	50	60	4	0,5	20...200	2	150	0,5	10	200	—	—	—	—	—	—
КТ603Б	0,3	0,6	40	40	4	0,5	80	10	2	0,5	10	200	—	—	—	—	—	—
КТ603В	1	1,2	50	60	4	1	40...200	5	200	0,85	10	200	—	—	—	—	—	—
КТ603Г	1	1,2	40	40	4	1	150...200	5	200	0,85	10	200	—	—	—	—	—	—

Транзисторы р-п-р большой мощности

Таблица 16

Тип прибора	Предельные значения параметров при $T_r = 25^\circ\text{C}$						Значения параметров при $T_r = 25^\circ\text{C}$					
	Ис. макс. А			Усред. (Уср. макс.) В			Уср. (Уср.) В			Ис. макс. А		
	А	В	В	В	В	В	В	В	В	А	В	В
П403А	1,25	—	(30)	45	20	4	(20...60)	(5)	(0,1)	0,5	(5)	0,008
П403Б	1,25	—	(30)	45	20	4	(50...150)	(5)	(0,1)	0,5	(5)	0,008
П403В	1,25	—	(45)	60	20	5	(20...60)	(5)	(0,1)	0,5	(5)	0,008
П403Г	1,25	—	(45)	60	20	4	(50...150)	(5)	(0,1)	0,5	(5)	0,008
П403Д	1,25	—	(45)	60	20	4	(50...150)	(5)	(0,1)	0,5	(5)	0,008
П403Е	1,25	—	(45)	60	20	5	30	(1)	(0,45)	0,5	(5)	0,008
П702А	30	—	(60)	60	4	150	15...100	(1,5)	30	1,2	12	0,12
П702Б	30	—	(60)	60	4	150	20...100	(1,5)	30	0,6	12	0,12
П702В	30	—	(40)	60	4	150	15...100	(1,5)	30	0,6	12	0,12
КТ816А	3	6	25	—	—	25	25	(2)	2	0,6	0,1	3
КТ816Б	3	6	45	—	—	25	25	(2)	2	0,6	0,1	3
КТ816В	3	6	60	—	—	25	25	(2)	2	0,6	0,1	3
КТ816Г	3	6	80	—	—	25	25	(2)	2	0,6	0,1	3
КТ818А	10	15	25	—	—	5	60	15	(5)	5	2	1

Транзисторы р-п-р большой мощности

Таблица 17

Тип прибора	Предельные значения параметров при $T_r = 25^\circ\text{C}$						Значения параметров при $T_r = 25^\circ\text{C}$					
	Ис. макс. А			Усред. (Уср. макс.) В			Уср. (Уср.) В			Ис. макс. А		
	А	В	В	В	В	В	В	В	В	А	В	В
П806Г	15	—	(50)	1,5	30	10...100	—	10	0,6	(15)	10	10
П806Д	15	—	(40)	1,5	30	10...100	—	10	0,6	(12)	10	10
КТ831А	2	—	200	5	25	40...200	10	0,5	1	(0,1)	20	20
КТ831Б	2	—	250	5	25	20...200	10	0,5	1	(0,5)	20	20
КТ831В	2	—	150	5	25	20...200	10	0,5	1	(0,5)	20	20
КТ855А	5	—	(250)	5	40	20	4	2	1	1	5	5
КТ855Б	5	—	(150)	5	40	20	4	2	1	1	5	5
КТ855В	5	—	(150)	5	40	15	4	2	1	1	5	5
КТ865А	10	—	160	6	100	40...200	(4)	(2)	2	0,1	15	15

Транзисторы п-р-п большой мощности

Таблица 18

Тип прибора	Предельные значения параметров при $T_r = 25^\circ\text{C}$						Значения параметров при $T_r = 25^\circ\text{C}$					
	Ис. макс. А			Усред. (Уср. макс.) В			Уср. (Уср.) В			Ис. макс. А		
	А	В	В	В	В	В	В	В	В	А	В	В
П504Б	1	2	150	250	—	10	15...100	(5)	(0,5)	1	0,1	20
П704А	10	—	(60)	—	—	60	18...80	10	5	2,5	1	20
П704Б	10	—	(130)	—	—	50	10...50	3	6	—	(3)	8,4
П704В	3	5	(400)	—	—	40	15...100	5	2	1,5	(3)	5,1
П704Г	5	7,5	400	—	—	40	15...100	5	2	1,5	(3)	4,5
П704Д	15	25	360	—	—	115	8...25	3	15	1,5	5	15
П704Е	15	25	400	—	—	125	8...25	3	15	1,5	5	15
П704Ж	10	12	450	1000	—	75	10...30	5	5	1,5	3	10
П704З	10	12	400	800	—	75	10...60	5	5	1,5	3	10
П704И	10	1	300	600	—	75	10...60	5	5	1,5	3	10
П704К	15	30	250	450	—	70	10...100	5	15	2	5	20
П704Л	15	25	250	450	—	50	10...100	5	15	2	5	20
П704М	10	15	350	600	—	50	12...45	5	5	1,5	3	20
П704Н	10	15	400	600	—	50	12...50	5	5	1,5	3	20
П704О	20	20	100	200	—	30	15...100	(10)	(10)	1,5	25	25
П704П	2	—	—	130	—	10	20	6	0,2	—	0,3	9
П704Р	10	—	—	210	—	70	10	1,7	8	—	1	9
П704С	2	—	(800)	800	—	10	30...150	(5)	(0,3)	0,6	1	10
П704Д	2	—	(80)	—	—	5	13...50	5	1	2	(10)	10

2.2. ПОЛЕВЫЕ ТРАНСИСТОРЫ

4.4. Полевые транзисторы

Таблица 19

Таблица 19

Приведенные значения параметров										Значения параметров при $T = 25^\circ\text{C}$									
Тур прибора	Р	При $T = 25^\circ\text{C}$																	
		Т		Утеч. макс.		Утеч. мин.		Исч. макс.		Исч. мин.		Утеч. макс.		Утеч. мин.		Исч. макс.		Исч. мин.	
		масс.	масс.	масс.	масс.	масс.	масс.	масс.	масс.	масс.	масс.	масс.	масс.	масс.	масс.	масс.	масс.	масс.	масс.
		Д	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б
ЭП10104*	50	-	10	10	10	-	125	5	190	10	5	0,3	5	0,3...1	12	2,5	5		
ЭП10105*	50	-	10	10	10	-	125	5	20	10	5	0,3	5	0,7...2,2	12	2,5	5		
ЭП10108*	50	-	10	10	10	-	125	6	12	10	5	0,5	5	0,3...5	13	2,7	10		
ЭП10104	120	25	10	15	20	-	85	0,5...2,3	40	10	5	0,7...2,1	10	0,35...1,2	17	8	5		
ЭП103АР	120	25	10	15	20	-	85	0,5...2,2	40	10	5	0,7...2,1	10	0,35...1,2	17	8	5		
ЭП103Б	120	25	10	15	20	-	85	0,8...3	50	10	5	0,8...2,6	10	1...2,1	17	8	5		
ЭП103Е	7	83	10	15	-	-	85	0,4...1,5	5	20	10	0,4...2,4	10	0,3...2,5	20	8	5		
ЭП103ЕР	7	83	10	15	-	-	85	0,4...1,5	5	20	10	0,4...2,4	10	0,3...2,3	20	8	5		
ЭП103Е*	12	83	10	15	-	-	85	0,5...2,2	40	20	10	0,5...3,3	10	0,35...3,8	20	8	5		
ЭП103Л	66	85	12	17	-	-	85	2...6	40	20	10	1,8...3,8	10	1,8...6,6	20	8	5		
ЭП103ЛР	66	85	12	17	-	-	85	2...6	40	20	10	1,8...3,8	10	1,8...6,6	20	8	5		
ЭП103М	120	85	10	17	-	-	85	2,8...7	70	20	10	1,5...4,4	10	3...12	20	8	5		
ЭП103М*	120	85	10	17	-	-	85	2,8...7	70	20	10	1,3...4,4	10	3...12	20	8	5		

Полевые транзисторы малой мощности с управляющим р-п переходом и п-каналом

Таблица 20

Таблица 20

Тип прибора		Предельные значения параметров при T = 25 °C										Значения параметров при T = 25 °C									
		При T = 25 °C										R _{кл.} Ом, Уст. (5-20, 20-50)	I _{н.} Уст. мА	U _{исл.} В	S, мВ/В	U _{исл.} В	I _{исл.} мА	C _{исл.} нФ	R _{исл.} кОм	E _{исл.} мВ/°C	E _{исл.} мВ/°C
		P макс, мВт	T макс, °C	U _{исл.} макс, мВ	I _{исл.} макс, мА	U _{исл.} макс, В	I _{исл.} макс, мА	T макс, °C	U _{исл.} макс, В	I _{исл.} макс, мА											
ЭП1002А	300	25	20	20	10	24	125	1...3.5	—	10	10	5...12	7	3...24	20	8	(3)				
ЭП1002А-1	300	25	20	10	24	125	1...3.5	—	10	10	5...12	7	3...24	20	8	(3)					
ЭП1002Б *	300	25	20	20	10	43	125	2.5...4.5	150	10	10	7...14	7	18...43	20	8	—				
ЭП1003А	250	25	30	45	—	—	125	—	—	—	—	1500	0.2	10	4...5.8	10	—	6	—	20	—
ЭП1003Б	250	25	40	40	35	—	125	0.6...4	1500	100	35	2...5	10	—	6	—	20	—	20	—	
ЭП1004	300	25	20	20	10	—	100	2...7	150	10	10	7...14	7	15...65	14	8	—				
ЭП1004Т	300	25	20	10	—	100	3...7	150	10	10	7...14	7	15...65	14	8	—					
ЭП1005А	200	25	25	30	20	85	0.3...3	—	5	10	1...4	10	0.3...3	6	3	100					
ЭП1006А	200	25	25	30	20	85	0.3...2	—	5	10	2...6	10	1.5...5	6	3	100					
ЭП1007А	250	25	25	25	27	65	0.5...3	—	1	10	4...9	10	3...9	5	1.5	20					
ЭП1007Б	250	25	25	25	27	85	1...5	—	1	10	5...10	10	5...15	5	1.5	2.5					

Полевые транзисторы малой мощности с изолированным затвором и n-каналом
Таблица 21

Таблица 21

Тем- периода	Предельные значения параметров										Значения параметров при $t = 25^{\circ}\text{C}$									
	P мощ., МВт	При $t = 25^{\circ}\text{C}$					T мощ., $^{\circ}\text{C}$	Uм отс., В	Нагр. мА	Uм, В	S, мА/В	Iсн, В	Iсн, мА	Cан, мФ	Cан, мФ	Kиз, мБ				
		I, Усн. $^{\circ}\text{C}$	Усн. мощ.	Uм мощ.	R, милл.	Kсн, мА														
																	В	В	В	мА
2П300А	150	40	15	30	30	15	125	6	150	1	30	6...10	10	5	5	0,8	6,5	250		
2П300Б	150	40	15	30	30	15	125	6	150	0,001	30	6...10	10	5	5	0,8	—	250		
2П300В	150	40	15	50	30	15	125	6	150	1	30	6...10	10	5	5	0,8	6,5	250		
2П300Г	150	40	15	50	30	15	125	6	150	1	30	6...10	10	5	5	0,8	—	250		
2П300А1	80	25	8	10	10	20	125	—	—	3	10	3...6	5	5	0,03...5	2,5	0,5	6		
2П300Б1	80	25	8	10	10	20	125	—	—	3	10	3...6	5	5	0,03...5	2,5	0,5	7		
2П300А2	120	35	15	15	10	15	85	6	—	10	30	5...10	10	5	—	6,8	0,8	—		
2П300Б2	120	35	15	15	10	15	85	6	—	10	30	5...10	10	5	—	6,8	0,5	—		
2П300В2	120	35	15	15	10	15	85	6	—	10	30	5...10	10	5	—	6,8	0,8	—		
КП300А1	150	25	15	15	15	15	125	6	150	1	30	5,2...10,3	10	5	5	0,8	7,5	250		
КП300Б2	150	25	15	15	15	15	125	6	150	5	30	4...8	10	5	5	0,8	—	250		
КП300В2	150	25	15	15	15	15	125	6	150	1	30	5,2...10,3	10	5	5	0,8	7,5	250		
КП300А2	150	25	15	15	15	15	125	6	150	1	30	4...10,5	10	5	5	0,8	—	250		
КП300Б2	150	25	15	15	10	15	85	6	—	10	10	4,5...10,5	10	5	5	0,8	7,5	250		
КП300В2	150	25	15	15	10	15	85	6	—	10	10	4,5...10,5	10	5	5	0,8	—	250		
КП300А3	75	25	15	15	10	15	85	6	—	10	10	4,5...10,5	10	5	5	0,8	7,5	250		
КП300Б3	75	25	15	15	10	15	85	6	—	10	10	4,5...10,5	10	5	5	0,8	—	250		
КП300В3	75	25	15	15	10	15	85	6	—	10	10	4,5...10,5	10	5	5	0,8	7,5	250		

Полевые транзисторы большой мощности с изолированным затвором и n -каналом

Таблица 22

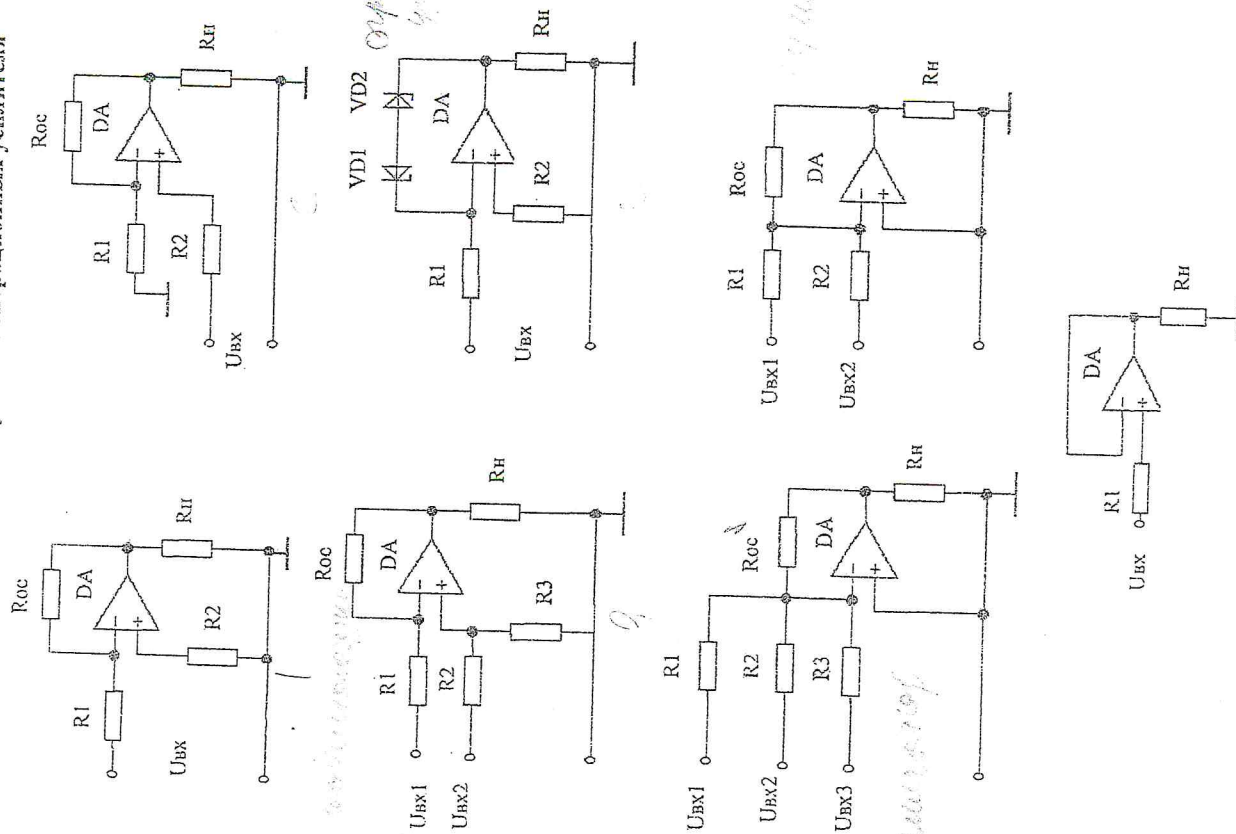
Предельные значения параметров										Значения параметров при $T = 25^{\circ}\text{C}$																																																																																																																																																																																																																																																															
Тип прибора	ρ мг/л	При $T = 25^{\circ}\text{C}$				T замер, $^{\circ}\text{C}$	Упл. регр. В	газ, мг/дм ³	$I_{\text{с}}$ мг/л	$I_{\text{с}}$ мг/л	S мг/В	Упл. В	$I_{\text{с}}$ мг/л	$I_{\text{с}}$ мг/л	S мг/В	Упл. В	$I_{\text{с}}$ мг/л	$I_{\text{с}}$ мг/л	S мг/В	Упл. В	$I_{\text{с}}$ мг/л	$I_{\text{с}}$ мг/л	S мг/В	Упл. В	$I_{\text{с}}$ мг/л	$I_{\text{с}}$ мг/л	S мг/В	Упл. В	$I_{\text{с}}$ мг/л	$I_{\text{с}}$ мг/л	S мг/В	Упл. В	$I_{\text{с}}$ мг/л	$I_{\text{с}}$ мг/л	S мг/В	Упл. В	$I_{\text{с}}$ мг/л	$I_{\text{с}}$ мг/л	S мг/В	Упл. В	$I_{\text{с}}$ мг/л	$I_{\text{с}}$ мг/л	S мг/В	Упл. В	$I_{\text{с}}$ мг/л	$I_{\text{с}}$ мг/л	S мг/В	Упл. В	$I_{\text{с}}$ мг/л	$I_{\text{с}}$ мг/л	S мг/В	Упл. В	$I_{\text{с}}$ мг/л	$I_{\text{с}}$ мг/л	S мг/В	Упл. В	$I_{\text{с}}$ мг/л	$I_{\text{с}}$ мг/л	S мг/В	Упл. В	$I_{\text{с}}$ мг/л	$I_{\text{с}}$ мг/л	S мг/В	Упл. В	$I_{\text{с}}$ мг/л	$I_{\text{с}}$ мг/л	S мг/В	Упл. В	$I_{\text{с}}$ мг/л	$I_{\text{с}}$ мг/л	S мг/В	Упл. В	$I_{\text{с}}$ мг/л	$I_{\text{с}}$ мг/л	S мг/В	Упл. В	$I_{\text{с}}$ мг/л	$I_{\text{с}}$ мг/л	S мг/В	Упл. В	$I_{\text{с}}$ мг/л	$I_{\text{с}}$ мг/л	S мг/В	Упл. В	$I_{\text{с}}$ мг/л	$I_{\text{с}}$ мг/л	S мг/В	Упл. В	$I_{\text{с}}$ мг/л	$I_{\text{с}}$ мг/л	S мг/В	Упл. В	$I_{\text{с}}$ мг/л	$I_{\text{с}}$ мг/л	S мг/В	Упл. В	$I_{\text{с}}$ мг/л	$I_{\text{с}}$ мг/л	S мг/В	Упл. В	$I_{\text{с}}$ мг/л	$I_{\text{с}}$ мг/л	S мг/В	Упл. В	$I_{\text{с}}$ мг/л	$I_{\text{с}}$ мг/л	S мг/В	Упл. В	$I_{\text{с}}$ мг/л	$I_{\text{с}}$ мг/л	S мг/В	Упл. В	$I_{\text{с}}$ мг/л	$I_{\text{с}}$ мг/л	S мг/В	Упл. В	$I_{\text{с}}$ мг/л	$I_{\text{с}}$ мг/л	S мг/В	Упл. В	$I_{\text{с}}$ мг/л	$I_{\text{с}}$ мг/л	S мг/В	Упл. В	$I_{\text{с}}$ мг/л	$I_{\text{с}}$ мг/л	S мг/В	Упл. В	$I_{\text{с}}$ мг/л	$I_{\text{с}}$ мг/л	S мг/В	Упл. В	$I_{\text{с}}$ мг/л	$I_{\text{с}}$ мг/л	S мг/В	Упл. В	$I_{\text{с}}$ мг/л	$I_{\text{с}}$ мг/л	S мг/В	Упл. В	$I_{\text{с}}$ мг/л	$I_{\text{с}}$ мг/л	S мг/В	Упл. В	$I_{\text{с}}$ мг/л	$I_{\text{с}}$ мг/л	S мг/В	Упл. В	$I_{\text{с}}$ мг/л	$I_{\text{с}}$ мг/л	S мг/В	Упл. В	$I_{\text{с}}$ мг/л	$I_{\text{с}}$ мг/л	S мг/В	Упл. В	$I_{\text{с}}$ мг/л	$I_{\text{с}}$ мг/л	S мг/В	Упл. В	$I_{\text{с}}$ мг/л	$I_{\text{с}}$ мг/л	S мг/В	Упл. В	$I_{\text{с}}$ мг/л	$I_{\text{с}}$ мг/л	S мг/В	Упл. В	$I_{\text{с}}$ мг/л	$I_{\text{с}}$ мг/л	S мг/В	Упл. В	$I_{\text{с}}$ мг/л	$I_{\text{с}}$ мг/л	S мг/В	Упл. В	$I_{\text{с}}$ мг/л	$I_{\text{с}}$ мг/л	S мг/В	Упл. В	$I_{\text{с}}$ мг/л	$I_{\text{с}}$ мг/л	S мг/В	Упл. В	$I_{\text{с}}$ мг/л	$I_{\text{с}}$ мг/л	S мг/В	Упл. В	$I_{\text{с}}$ мг/л	$I_{\text{с}}$ мг/л	S мг/В	Упл. В	$I_{\text{с}}$ мг/л	$I_{\text{с}}$ мг/л	S мг/В	Упл. В	$I_{\text{с}}$ мг/л	$I_{\text{с}}$ мг/л	S мг/В	Упл. В	$I_{\text{с}}$ мг/л	$I_{\text{с}}$ мг/л	S мг/В	Упл. В	$I_{\text{с}}$ мг/л	$I_{\text{с}}$ мг/л	S мг/В	Упл. В	$I_{\text{с}}$ мг/л	$I_{\text{с}}$ мг/л	S мг/В	Упл. В	$I_{\text{с}}$ мг/л	$I_{\text{с}}$ мг/л	S мг/В	Упл. В	$I_{\text{с}}$ мг/л	$I_{\text{с}}$ мг/л	S мг/В	Упл. В	$I_{\text{с}}$ мг/л	$I_{\text{с}}$ мг/л	S мг/В	Упл. В	$I_{\text{с}}$ мг/л	$I_{\text{с}}$ мг/л	S мг/В	Упл. В	$I_{\text{с}}$ мг/л	$I_{\text{с}}$ мг/л	S мг/В	Упл. В	$I_{\text{с}}$ мг/л	$I_{\text{с}}$ мг/л	S мг/В	Упл. В	$I_{\text{с}}$ мг/л	$I_{\text{с}}$ мг/л	S мг/В	Упл. В	$I_{\text{с}}$ мг/л	$I_{\text{с}}$ мг/л	S мг/В	Упл. В	$I_{\text{с}}$ мг/л	$I_{\text{с}}$ мг/л	S мг/В	Упл. В	$I_{\text{с}}$ мг/л	$I_{\text{с}}$ мг/л	S мг/В	Упл. В	$I_{\text{с}}$ мг/л	$I_{\text{с}}$ мг/л	S мг/В	Упл. В	$I_{\text{с}}$ мг/л	$I_{\text{с}}$ мг/л	S мг/В	Упл. В	$I_{\text{с}}$ мг/л	$I_{\text{с}}$ мг/л	S мг/В	Упл. В	$I_{\text$

Приложение 3 3.1. Операционные усилители

Таблица 23

Тип прибора	Uпит, В	Uпит, В ном, В	K _с × 10 ³	I _п , мА	Uсм, мВ	TK _{Усм} , мВ/К	β, МГц	V _и , В/мкс	Р _{вых} , МОм	Аналог
K140YD1A, KP140YD1A	—	2 × 6,3	0,5	6	7	20	3	0,2	0,004	μA702
K140YD1E, KP140YD1E	—	2 × 12,6	1,3	12	7	20	8	0,5	0,004	μA702
K140YD1A ¹	2 × (6...13)	2 × 12	0,5	12	10	35	5	6	0,05	—
K140YD1B ¹	2 × (6...13)	2 × 12	1	12	7	10	10	6	0,003	—
K140YD16, KP140YD1608	2 × (5...20)	2 × 15	30	3	8	20	1	2	1	MC1456C
K140YD17, KP140YD1708	2 × (5...20)	2 × 15	30	2,8	9	10	0,8	0,5	0,4	μA741
K140YD18, KP140YD18	—	2 × 15	50	5	50	50	1	2	10	μA740
K140YD19	2 × (9...18)	2 × 12,6	35	8	5	20	1	0,2	0,3	—
K140YD10	2 × (5...18)	2 × 15	50	10	5	50	15	30	0,4	LM118
K140YD11, KP140YD1101	2 × (5...18)	2 × 15	30	8	10	50	15	50	0,4	LM118
K140YD12, KP140YD1208 ²	2 × (5...18)	2 × 15	25/150	0,030/17	6	5/6	0,2/1	0,1/0,8	50/5	LM1318
K140YD14, KP140YD1408	2 × (5...18)	2 × 15	50	1	5	20	0,5	0,1	30	μA776
K140YD17	2 × (3...18)	2 × 15	200	5	0,25	1,3	0,4	0,1	30	LM308
K140YD18	2 × (6...18)	2 × 15	25	—	10	—	2,5	5	10 ⁶	LF-355
K140YD10	2 × (5...20)	2 × 15	50	3	5	2	0,5	0,3	0,4	μA747
K153YD1	2 × (9...18)	2 × 15	15	6	7,5	30	1	0,2	0,2	μA709
K153YD2	2 × (5...18)	2 × 15	25	3	7,5	30	1	0,5	0,3	LM101
K153YD3	2 × (9...18)	2 × 15	25	4	2	15	1	0,2	0,4	μA709A
K153YD4	2 × (3...9)	2 × 6	5	0,8	5	50	0,7	0,1	0,2	WCC188
K153YD5	2 × (5...16)	2 × 15	500	3,5	2	10	0,2	0,01	1	μA725
K153YD6	2 × (3...18)	2 × 15	50	3	2	15	0,7	0,5	0,3	LM301A
K154YD1	2 × (4...18)	2 × 15	150	0,15	5	30	1	10	3	HA2700
K154YD2	2 × (5...18)	2 × 15	100	6	2	20	15	±150/-75 ⁰	0,5	—
K154YD3	2 × (5...18)	2 × 15	8	7	10	30	15	80	1	AD509
K154YD4	2 × (5...17)	2 × 15	8	7	6	50	30	400	1	HA2520
K157YD1	2 × (3...20)	2 × 15	50	9	5	50	0,5	0,5	1	—
K157YD2	2 × (3...18)	2 × 15	50	7	10	50	1	0,5	0,5	2 × LM301
K544YD1, KP544YD1	2 × (8...16,5)	2 × 15	50	3,5	20	30	1	3	10	μA740
K544YD2, KP544YD2	2 × (6...17)	2 × 15	20	7	50	50	15	20	10	CA3130
K551YD1	2 × (5...16,5)	2 × 15	500	5	1,5	5	0,8	0,01	1	—
K551YD2	2 × (5...16,5)	2 × 15	500	5	2	10	0,8	0,01	1	μA725
K555YD1	2 × (5...16,5)	2 × 15	5	10	5	20	1	0,25	0,5	μA739
K555YD2	2 × (9...18)	2 × 15	10	6	7,5	30	1	0,2	0,2	μA709
K555YD3	2 × (5...18)	2 × 15	20	3	7,5	30	1	0,5	0,3	LM301
K555YD4	2 × (9...18)	2 × 15	30	4	2	15	1	0,2	0,3	μA709A
K574YD1, KP574YD1	—	2 × 15	50	8	50	50	10	50	10	AD513
K574YD2, KP574YD2	—	2 × 15	25	10	50	30	2	10	10 ⁴	TL0837

3.2. Функциональные узлы на операционных усилителях

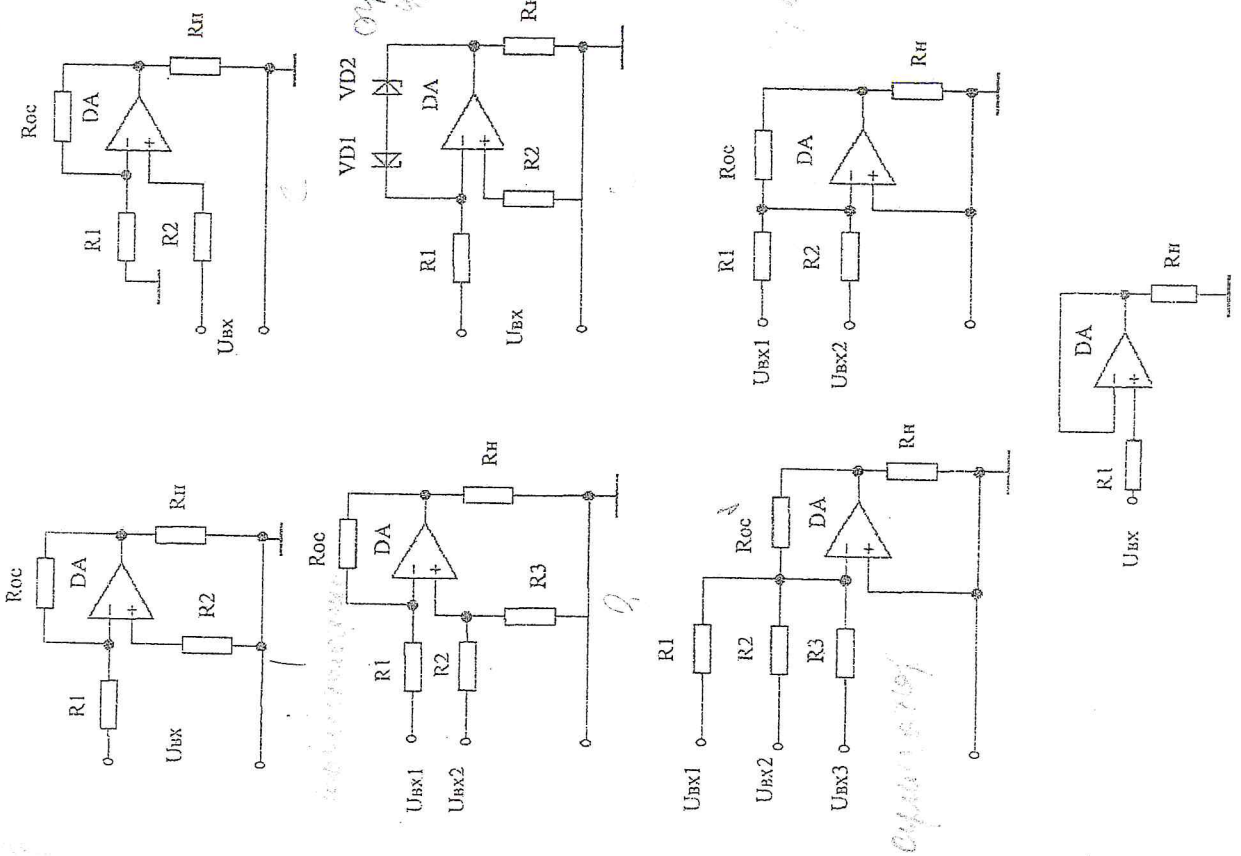


Приложение 3 3.1. Операционные усилители

Таблица 23

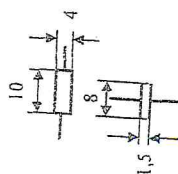
Тип прибора	U _{ном} , В	U _{ном} , В	U _{ном} , В	I _п , мА	U _{сат} , мВ	U _{КУС} , мВ/К	D ₁ , МГц	V _и , В/мкс	В _{вх} , МОм	Аналог
K140YD1A, KPI40YD1A	-	2 × 6,3	0,5	6	7	20	3	0,2	0,004	μA702
K140YD1B, KPI40YD1B	-	2 × 12,6	1,3	12	7	20	8	0,5	0,004	μA702
K140YD1SA	-	2 × (6...13)	2 × 12	12	10	35	5	6	0,05	-
K140YD1B	-	2 × (6...13)	2 × 12	12	7	10	10	6	0,003	-
K140YD16, KPI40YD1608	-	2 × (3...20)	2 × 15	30	3	8	20	1	2	MC1456C
K140YD17, KPI40YD1708	-	2 × (3...20)	2 × 15	30	2,8	9	10	0,8	0,3	μA741
K140YD18, KPI40YD18	-	2 × 15	50	5	50	50	1	2	10	μA740
K140YD19	-	2 × (9...18)	2 × 12,6	35	8	5	20	1	0,2	0,3
K140YD10	-	2 × (3...18)	2 × 15	30	10	5	30	15	30	0,4
K140YD11, KPI40YD1101	-	2 × (3...18)	2 × 15	30	8	10	50	15	50	0,4
K140YD12, KPI40YD1208	-	2 × (3...18)	2 × 15	30	0,030,17	6	51,6	0,2/1	0,1/0,8	LM318
K140YD14, KPI40YD1408	-	2 × (3...18)	2 × 15	30	1	5	20	0,5	0,1	50/5
K140YD17	-	2 × (3...18)	2 × 15	200	5	0,23	1,3	0,4	0,1	30
K140YD18	-	2 × (3...18)	2 × 15	25	-	10	-	2,5	5	10 ⁶
K140YD20	-	2 × (3...20)	2 × 15	30	3	5	2	0,5	0,3	0,4
K153YD2	-	2 × (9...18)	2 × 15	15	6	7,5	30	1	0,2	0,2
K153YD3	-	2 × (5...18)	2 × 15	25	3	7,5	30	1	0,5	0,3
K153YD4	-	2 × (9...18)	2 × 15	25	4	2	15	1	0,2	0,4
K153YD5	-	2 × (3...9)	2 × 6	5	0,8	5	30	0,7	0,1	0,2
K153YD6	-	2 × (3...16)	2 × 15	500	3,5	2	10	0,2	0,01	1
K154YD1	-	2 × (3...18)	2 × 15	50	3	2	15	0,7	0,5	0,3
K154YD2	-	2 × (4...18)	2 × 15	150	0,15	5	30	1	10	1
K154YD3	-	2 × (3...18)	2 × 15	100	6	2	20	15	+150...75 ⁶	0,5
K154YD4	-	2 × (3...18)	2 × 15	8	7	10	30	15	80	1
K157YD1	-	2 × (3...17)	2 × 15	8	7	6	50	30	400	1
K157YD2	-	2 × (3...20)	2 × 15	50	9	5	50	0,5	0,5	1
K544YD1, KP544YD1	-	2 × (3...18)	2 × 15	50	7	10	50	1	0,5	0,5
K544YD2, KP544YD2	-	2 × (8...16,5)	2 × 15	50	3,5	20	30	1	3	10
K551YD1	-	2 × (6...17)	2 × 15	20	7	50	50	15	20	10
KM551YD1	-	2 × (3...16,5)	2 × 15	500	5	3,5	5	0,8	0,01	1
KM551YD2	-	2 × (3...16,5)	2 × 15	500	5	2	10	0,8	0,01	1
K552YD1	-	2 × (3...16,5)	2 × 15	5	10	5	20	1	0,25	0,5
K552YD2	-	2 × (9...18)	2 × 15	10	6	7,5	30	1	0,2	0,2
K553YD1	-	2 × (3...18)	2 × 15	20	3	7,5	30	1	0,5	0,3
K553YD2	-	2 × (9...18)	2 × 15	30	4	2	15	1	0,2	0,3
K574YD1, KP574YD1	-	2 × 15	50	8	50	50	10	50	10	4D113
K574YD2, KP574YD2	-	2 × 15	25	10	50	30	2	10	10 ⁴	EL0837

3.2. Функциональные узлы на операционных усилителях

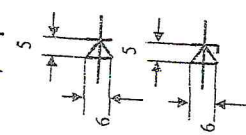


Приложение 4

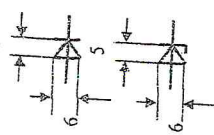
Условно-графические обозначения элементов схем



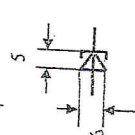
Резистор



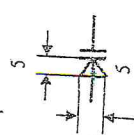
Конденсатор



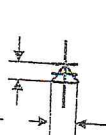
Диод выпрямительный



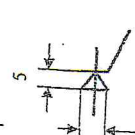
Туннельный диод



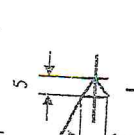
Вариак



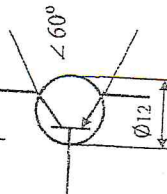
Динистор



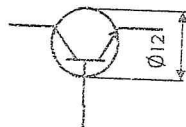
Катодный трингистор



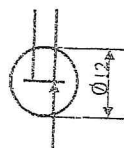
Анодный трингистор



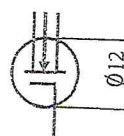
Биполярный транзистор структуры p-n-p



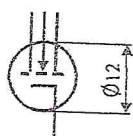
Биполярный транзистор структуры p-n-p



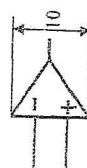
Полевой транзистор с управляющим p-n переходом и каналом n



МДП-транзистор с встроенным каналом n



МДП-транзистор с индуцированным каналом n



Операционный усилитель

ЛИТЕРАТУРА

1. Москадов Е.А. Основы электронной техники. Учебное пособие – Ростов на /Д.: Феникс, 2010.
2. Вайсбург Ф.И., Панаев Г.А., Савельев Б.И. Электронные приборы и усилители. Учебник – М.: Либриком, 2009.
3. Ушакова Л.В. Электронная техника. Учебное пособие – М.: УМЦ СПО, 2008.
4. Ушакова Л.В. Электронная техника //Рабочая тетрадь/ Колледж телекоммуникаций МТУСИ, 2010.
5. Москадов Е.А. Справочник по полупроводниковым приборам – М.: «Радио», 2005.