

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ
Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального
государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Московский технический университет связи и информатики»



Методические указания

по выполнению контрольной работы
по дисциплине

СХЕМОТЕХНИКА

направление подготовки

09.03.01 Информатика и вычислительная техника

Ростов-на-Дону
2019

УДК 681.3.06 (076)
ББК 32.07

Схемотехника. Методические указания по выполнению контрольной работы.
- Ростов-на-Дону: Северо-Кавказский филиал МТУСИ, 2019.-20 с.

В пособии изложены цели и задачи дисциплины, структура дисциплины и краткое содержание каждого раздела. Кроме того, приведены варианты заданий на контрольную работу, правила ее оформления.

Дисциплина "Схемотехника" имеет целью изучение студентами особенностей построения схем аналоговых и цифровых электронных устройств, осуществляющих усиление, фильтрацию, генерацию и обработку сигналов. Дисциплина относится к базовой (общепрофессиональной) части профессионального цикла. Базируется на знаниях материала дисциплин Физика, Электроника.

Варианты заданий построены на основе Методических указаний и заданий на контрольную работу, разработанных кафедрой "Радиоприемных устройств" Московского технического университета связи и информатики, составители Матвеева О.В., Логвинов В.В.

Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по направлению 09.03.01 Информатика и вычислительная техника (профиль Вычислительные машины, комплексы, системы и сети, Программное обеспечение и интеллектуальные системы).

Пособие может быть использовано также в процессе самостоятельной работы.

Составитель: А.Н. Чикалов, доцент кафедры ИВТ

Рассмотрено и одобрено на заседании кафедры ИВТ
Протокол от 26 августа 2019 г. № 1

Содержание

1.	Цели дисциплины	3
	Задачи дисциплины	3
	Трудоемкость дисциплины	5
2.	Содержание дисциплины	5
3.	Лабораторные работы и практические занятия	10
4.	Список литературы	11
5.	Задание на контрольную работу	12
6.	Требования к оформлению контрольной работы	13
7.	Условие задачи №1	15
8.	Условие задачи №2	16
9.	Методические указания для выполнения задачи №1	16
10.	Методические указания для выполнения задачи №2	17

1. Цели дисциплины

Целью дисциплины является изучение студентами особенностей построения схем аналоговых и цифровых электронных устройств, осуществляющих усиление, фильтрацию, генерацию и обработку сигналов, а также аналого-цифровых и цифро-аналоговых устройств. В результате изучения дисциплины у студентов должны сформироваться знания, умения и навыки, позволяющие проводить самостоятельный анализ физических процессов, происходящих в электронных устройствах, как изучаемых в настоящей дисциплине, так и находящихся за ее рамками. Студенты должны также ознакомиться с особенностями микроминиатюризации рассматриваемых устройств на базе применения соответствующих интегральных микросхем.

Задачи дисциплины

Бакалавр по направлению подготовки 09.03.01 должен решать профессиональные задачи в соответствии с : *проектной* профессиональной деятельностью.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование компетенции:

ОПК-7: Способен участвовать в настройке и наладке программно-аппаратных комплексов.

В результате изучения дисциплины для достижения перечисленных задач обучаемый должен:

знать:

- компоненты программно-технических архитектур аналоговой природы;
- возможности современных ИС, устройство и функционирование аналоговых устройств в составе ИС;
- возможности систем моделирования для целей анализа и настройки аналоговых компонент;

уметь:

- осуществлять тестирование и отладку аналоговых модулей программно-программных комплексов;
- использовать систему моделирования для анализа и наладки аналоговых узлов ИС;
- оценивать технические параметры функциональных узлов для использования в аппаратно-программных комплексах

владеть:

- навыками работы с технической документацией для оценки возможностей функциональных устройств;
- навыками использования систем моделирования аналоговых устройств ИС;
- приемами получения и анализа технических характеристик реальных аналоговых устройств

Трудоемкость дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины 108 часов, в том числе аудиторных занятий:

- заочная форма обучения – 16 часов;
- очная форма обучения - 36 часа.

2. Содержание дисциплины

Электронные усилители

Принципы построения усилителей. Линейный и нелинейный, стационарный и переходной режимы работы усилителя. Основные показатели и характеристики, определяющие эффективность работы усилителя. Входные и выходные параметры усилителя. Частотные и нелинейные искажения

Обратная связь в электронных устройствах. Основные понятия теории устойчивости линейных систем. Оценка устойчивости усилителя на основе физических представлений (баланс амплитуд и фаз). Критерий Найквиста. Запасы устойчивости. Применение положительной ОС в генераторах сигналов

Каскады предварительного усиления. Требования, предъявляемые к каскадам предварительного усиления и особенности их анализа. Схемотехнические решения по обеспечению начальных условий работы усилительного каскада

Апериодические усилительные каскады, их принципиальные схемы. Применение эквивалентных схем для анализа каскадов предварительного усиления. Модели усилительных элементов, используемые при этом анализе. Коэффициенты усиления, амплитудно-частотные и переходные характеристики

Вопросы для самопроверки

1. Какая из возможных схем включения усилительных приборов позволяет получить наибольший коэффициент усиления по мощности?
2. Какой каскад необходимо применить на выходе усилителя для согласования с малым сопротивлением нагрузки?

3. Каковы основные достоинства каскада с ОБ?
4. Что такое граничная частота транзистора? Как она зависит от схемы включения транзистора?
5. Сравните режимы работы А и В по коэффициенту полезного действия.
6. В каких случаях целесообразно использовать режимы А, В, С и D?
7. Почему нагрузочная прямая постоянного тока в трансформаторном каскаде проходит более круто, чем нагрузочная прямая переменного тока, а в резисторном каскаде наоборот?
8. Какие существуют способы межкаскадной связи? Назовите их достоинства и недостатки.
9. Какие существуют способы стабилизации тока покоя?
10. Что такое обратная связь, петля обратной связи?
11. Дайте определение возвратной разности и возвратного отношения (петлевого усиления и глубины обратной связи).
12. Как зависит выходное сопротивление усилителя от способа снятия ООС?
13. Как зависит входное сопротивление усилителя от способа ввода ООС?
14. Расскажите правило определения способа снятия ООС (по току и напряжению).
15. Дайте определение сквозного коэффициента усиления. Как он меняется при введении цепи ООС?
16. Дайте определение стабильности коэффициента усиления, Как ООС влияет на него?
17. Поясните на примере возможность уменьшения нелинейных искажений с помощью ООС.
18. Как изменяются частотные искажения усилителя, охваченного цепью ООС?
19. Дайте определение частотно-зависимой ООС.

Многокаскадные усилители. Цепи связи между каскадами и их схемы замещения. Частотные характеристики многокаскадных усилителей. Широкополосные (импульсные) усилительные каскады. Основные виды и характеристики импульсных сигналов и их последовательностей. Анализ переходных процессов при смене состояний усилителя. Особенности АЧХ широкополосных трактов. Применение высокочастотной и низкочастотной коррекции для обеспечения требуемой формы выходного импульса

Оконечные усилительные каскады. Особенности ручного и компьютерного анализа каскадов. Однотактный трансформаторный усилитель. Построение выходных нагрузочных характеристик по постоянному и переменному токам. Основные энергетические соотношения. Двухтактный трансформаторный усилитель. Основные схемотехнические решения. Построение выходных процессов по току и напряжению. Основные энергетические соотношения. Двухтактные бестрансформаторные оконечные каскады. Особенности работы и свойства двухтактных каскадов. Режимы работы транзисторов и нелинейные искажения выходного сигнала. Основные разно-

видности бестрансформаторных двухтактных каскадов. Способы повышения энергетической эффективности оконечных каскадов

Вопросы для самопроверки

1. Что такое эквивалентный генератор тока (напряжения)?
2. Нарисуйте принципиальную схему резисторного каскада на транзисторе. Покажите пути, по которым проходят постоянная и переменная составляющие коллекторного тока, а также пути протекания постоянной составляющей тока базы.
3. Нарисуйте эквивалентную схему резисторного каскада на транзисторе для области средних частот. Определите коэффициенты усиления тока, напряжения, мощности.
4. Нарисуйте эквивалентную схему резисторного каскада в области нижних частот. Поясните причину возникновения частотных искажений.
5. Нарисуйте эквивалентную схему резисторного каскада в области верхних частот. Поясните причину возникновения частотных искажений.
6. Какие искажения возникают при усилении резисторным каскадом импульсных сигналов
7. Для какой цели ставятся блокирующие конденсаторы в цепи эмиттера?
8. Что такое площадь усиления?
9. На каком принципе основана работа схем высокочастотной коррекции с помощью корректирующих катушек?
10. Как можно корректировать АЧХ с помощью цепи $K_{\phi}C_{\phi}$? Нарисуйте эквивалентную схему каскада.
11. Приведите пример использования частотно-зависимых цепей ООС с целью коррекции АЧХ резисторных каскадов.
12. Каковы достоинства и недостатки трансформаторных каскадов?
13. Нарисуйте эквивалентную схему трансформаторного каскада и объясните причины возникновения частотных искажений.
14. Каково назначение входного трансформатора?
15. Дайте определение каскада мощного усиления.
16. Как строится нагрузочная прямая одноконтурного трансформаторного каскада мощного усиления на транзисторе, работающем в режиме А?
17. Дайте определение оптимальной нагрузки каскада.
18. Почему точку покоя каскада, работающего в режиме В, выбирают не на оси абсцисс выходных характеристик, а несколько смещают вверх?
19. Двухтактный каскад в режиме А. Основные достоинства и недостатки.
20. Расскажите об основных достоинствах и недостатках трансформаторных каскадов усиления мощности.
21. Как строится нагрузочная прямая резисторного каскада мощного усиления (режим А)?
22. Нарисуйте схему бестрансформаторного усилителя на комплементарных транзисторах с разделительным конденсатором на выходе. Покажите пути прохождения тока через нагрузку.

23. Нарисуйте схему бестрансформаторного усилителя на комплементарных транзисторах с непосредственной связью с нагрузкой. Покажите пути прохождения тока через нагрузку.

24. Нарисуйте схему бестрансформаторного усилителя на транзисторах одинаковой структуры с последовательным возбуждением. Поясните принцип работы схемы.

25. Нарисуйте схемы фазоинверсных каскадов. Сравните их по качественным показателям.

Электронные схемы на основе усилителей

Операционные усилители. Схемотехника функциональных узлов операционных усилителей. Инвертирующие и неинвертирующие усилители, повторители напряжения входного сигнала. Устройства на ОУ, осуществляющие суммирование и вычитание. Базовые функциональные узлы аналоговой схемотехники на основе ОУ. Устройства для аналоговых вычислений. Устройства на ОУ, осуществляющие линейные математические операции над сигналами: дифференцирование и интегрирование, и нелинейные математические операции: логарифмирование, антилогарифмирование (потенцирование). Компаратор напряжения на ОУ. Принцип функционирования и упрощенная схема компаратора на ОУ без цепей ОС. Сквозная передаточная характеристика компаратора. Быстродействие и погрешности компаратора. Применение положительной ОС в компараторах на ОУ

Активные фильтры. Основные типы фильтров. Способы аппроксимации амплитудно-частотных характеристик фильтров. Активные фильтры на основе ОУ. Применение частотно-зависимых цепей на входе и/или в тракте глубокой отрицательной обратной связи. Примеры построения схем активных RC-фильтров первого и второго порядков. Фильтры нижних и верхних частот, полосовые, режекторные (заграждающие), фазовые фильтры

Генераторы периодических сигналов.

1) Генераторы прямоугольных импульсов. Общие сведения и основные определения. Функциональная схема и принцип работы мультивибратора. Особенности построения несимметричного мультивибратора. Функциональная схема и принцип работы ждущего мультивибратора (одновибратора). Блокинг-генераторы и особенности их применения.

2) Генераторы линейно изменяющегося напряжения. Общие принципы формирования линейно изменяющегося напряжения. Способы повышения точности формирования линейно изменяющегося напряжения. Основные типы генераторов линейно изменяющегося напряжения. Функциональные схемы и принципы работы генераторов линейно изменяющегося напряжения с интегрирующей RC-цепочкой и компенсирующей ОС

Вопросы для самопроверки

1. Какие существуют виды ИС? В чем заключается их отличие?
2. Нарисуйте частотную, переходную и амплитудную характеристики усилителя постоянного тока.
3. Что такое дрейф нуля? Как можно уменьшить дрейф нуля?

4. Нарисуйте схему дифференциального каскада. Расскажите о ее достоинствах.
5. Дайте определение операционного усилителя. Как он может быть использован для решения конкретных задач?
6. Перечислите свойства идеального ОУ.
7. Какова структура ОУ?
8. Для достижения какой цели питание ОУ осуществляется от двухполярного источника?
9. Нарисуйте схемы включения инвертирующего и неинвертирующего усилителя, повторителя на ОУ.
10. Как рассчитать коэффициент усиления с включенной цепью ОС?
11. Нарисуйте схему суммирующего усилителя на ОУ.
12. Нарисуйте схемы простейших активных фильтров нижних и верхних частот. Поясните принцип их работы.
13. Нарисуйте схему избирательного усилителя с двойным Т -образным мостом в цепи ОС. Поясните принцип его работы.
14. Дайте определение активного фильтра. Объясните его достоинства по сравнению с фильтром на LC элементах.
15. Произведите классификацию видов регулировок. Приведите конкретные применения отдельных видов регулировок.
16. Почему в регуляторах громкости используются резисторы со степенной характеристикой зависимости сопротивления от угла поворота подвижного контакта?
17. Почему в широкополосных усилителях для регулировки усиления используются низкоомные резисторы?
18. Нарисуйте возможную схему включения регулятора тембра в области низких частот. Поясните принцип ее работы.
19. Нарисуйте возможную схему включения регулятора тембра в области высоких частот. Поясните принцип ее работы.
20. Для какой цели применяются ступенчатые регуляторы усиления?

Основы построения базовых элементов цифровой техники

Элементная база цифровой техники. Функционально полные системы функций алгебры логики. Синтез логических устройств в Различных базах. Физическое представление логических уровней. Схемная реализация элементов НЕ, И-НЕ, ИЛИ-НЕ в технологиях ТТЛ, nМОП, КМОП. Серии интегральных схем, их функциональный состав. Основные параметры, характеристики логических элементов (коэффициенты объединения по входу, разветвления по выходу, передаточная характеристика). Активные и пассивные логические уровни элементов И-НЕ, ИЛИ-НЕ. Состояния выхода цифровых элементов и узлов. Триггеры, комбинационные схемы, регистры, счетчики

Компьютерный анализ и проектирование электронных устройств. Математическое моделирование электронных устройств. Особенности применения методов компьютерного моделирования. Математические компьютерные модели основных элементов и функциональных узлов электронных устройств. Основные сведения о численных методах расчета электронных устройств по эквивалентным схемам. Возможности современных систем математического моделирования электронных устройств. Основные программные пакеты и системы для математического моделирования электронных устройств и особенности их использования (Micro-Cap, MathCad, MathLab, Design Center, Design Lab и пр.)

Вопросы для самопроверки

1. Изобразите схему базового элемента ТТЛ-серии и поясните ее работу.
2. Изобразите схему базового элемента МОП-серии и поясните ее работу.
3. Преимущества цифровой формы сигналов.
4. Форматы представления данных.
5. Переводы чисел в позиционных системах счисления (2-16-10).
6. Арифметические операции в прямом и дополнительном кодах.
7. Способы задания логических функций. Базисы.
8. Минимизация логических функций.
9. Классификация ИМС по общепринятым признакам.
10. Система условных обозначений. Обозначения цифровых ИМС на схемах
11. Параметры и характеристики логических элементов
12. Расширители входов. Назначение. Обозначение. Характеристики
13. Элементы с общим коллектором. Назначение. Обозначение. Характеристики
14. Элемент с тремя состояниями выходов. Назначение. Обозначение. Характеристики
15. Элементы с мощным выходом. Назначение. Обозначение. Характеристики
16. Этапы синтеза цифровых схем
17. Проблемы оптимизации сложных логических функций

3. Лабораторные работы и практические занятия

Практическое занятие №1. Аналитический расчет каскадов предварительного усиления. Алгоритмы расчета резисторных цепей. Выбор емкостей при синтезе частотных характеристик каскада. Формирование основных параметров каскадов предварительного усиления

Практическое занятие №2. Анализ частотных и переходных характеристик усилительных каскадов. Анализ методики синтеза амплитудно-частотных и фазо-частотных характеристик (АЧХ и ФЧХ) усилительных каскадов. Анализ методики синтеза переходных характеристик усилитель-

ных каскадов. Синтез АЧХ и ФЧХ типовых каскадов.

Лабораторная работа №1. Исследование интегральных коммутаторов. Экспериментальное исследование принципов работы ИМС—коммутаторов аналоговых сигналов

Лабораторная работа №2. Исследование аналоговых устройств на основе операционных усилителей. Анализ основных вариантов использования операционных усилителей

Лабораторная работа №3. Исследование интегральных компараторов напряжения. Экспериментальное исследование принципов работы ИМС—компараторов аналоговых сигналов

Практическое занятие 3. Анализ основных типов триггеров. Моделирование работы интегральных микросхем триггеров и анализ динамики их поведения

4. Список литературы

Основная литература:

1. Чикалов А.Н., Соколов С.В., Титов Е.В. Схемотехника телекоммуникационных устройств.- М.: Горячая линия-Телеком, 2016. - 322с.
2. Соколов С.В., Титов Е.В. Основы схемотехники. Учебное пособие.- Ростов-на-Дону: СКФ МТУСИ, 2010. -268с.

Дополнительная литература:

1. Зиатдинов С.И. и др. Схемотехника телекоммуникационных устройств. Учебник. - М.: Академия, 2013
2. Угрюмов Е.П. Цифровая схемотехника: Учебное пособие для вузов СПб.: БХВ-Петербург, 2010, 389с.
3. Соловьев В.В. Проектирование цифровых схем на основе ПЛИС.- М.: Горячая линия-Телеком, 2003
4. Разевиг В.Д. Схемотехническое моделирование с помощью Micro-Cap 7 – М.: Горячая линия-Телеком, 2003. - 364 с.

Методические разработки

1. Львов В.Л., Чикалов А.Н. Схемотехника. Методические указания к лабораторным работам.– Ростов-на-Дону: СКФ МТУСИ, 2019. – 34с.
2. Львов В.Л., Чикалов А.Н. Схемотехника. Методические указания к практическим занятиям. – Ростов-на-Дону: СКФ МТУСИ, 2019. – 62с.
3. Схемотехника. Методические указания по выполнению контрольной работы.– Ростов-на-Дону: СКФ МТУСИ, 2019. – 24с.
4. Львов В.Л. Методическое пособие по применению программы Electronics Workbench для проведения лабораторных работ по дисциплинам кафедры систем передачи и обработки информации. Ростов-на-Дону: СКФ МТУСИ, 2019. – 54с.
6. Чикалов А.Н. Логические элементы и триггеры. Методические указания к лабораторным и практическим занятиям. - Ростов-на-Дону: СКФ МТУСИ, 2019.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

- 1 Программы схемотехнического моделирования Proteus (Multisim, Electronics Workbench)
- 2 Электронные учебные пособия и практикум по дисциплине
- 3 Базы данных по электронным компонентам
- 4 Программа электронного моделирования цифровых микросхем "ВАРИАНТ"
- 5 Автоматизированные тестирующие программы "Логические элементы" (АОС21), "Триггеры" (АОС22)
- 6 www.alldatasheet.com,
- 7 www.datasheet4u.com,
- 8 www.ic-on-line.cn)
- 9 www.eknigi.org
- 10 www.kai5.ru
- 11 www.microchip.com
- 12 www.zilog.com
- 13 www.quicklogic.com
- 14 www.mips.com
- 15 www.atmel.com
- 16 www.innoveda.com
- 17 www.micron.com
- 18 [Http://cifrobook.ru](http://cifrobook.ru)

5. Задание на контрольную работу

Контрольная работа посвящена анализу и расчету наиболее широко используемой схемы резистивного усилителя на биполярном транзисторе, причем первое задание представляет собой качественную задачу, а второе - расчетную (расчет каскада предварительного усиления гармонических сигналов).

Номера вариантов задач, которые должен решить студент, определяются по последним двум цифрам номера зачетной книжки (шифра). **Предпоследняя** цифра шифра указывает номер варианта первой задачи, **последняя** - номер варианта второй задачи.

Контрольная работа, оформленная в соответствии с приведенными ниже правилами, направляется в филиал для проверки, и после получения отметки о допуске к собеседованию представляется преподавателю на экзамене. Отметка "допуск" ставится только в том случае, если работа выполнена в полном соответствии с требованиями методических указаний и заданием. Методика решения задач может выбираться индивидуально.

6. Требования к оформлению контрольной работы

Работа должна быть оформлена в соответствии с требованиями СКФ МТУСИ и соблюдением положений ГОСТ 2.102-95 Основные требования к текстовым документам.

Схемы выполняются на обычных листах А4 или на масштабно координатной бумаге с соблюдением требований Единой системы конструкторской документации и нумеруются. Необходимо соблюдать правила написания единиц измерений и требования ГОСТ на начертание элементов принципиальной схемы.

В работе должны быть:

1. Задание для задачи №1;
2. Исходные данные по индивидуальному варианту;
2. Схема для задачи №1;
3. Схема протекания тока по варианту;
4. Задание для задачи №2;
5. Исходные данные по индивидуальному варианту и параметры транзистора;
6. Материалы расчета;
7. Список литературы;
8. Подпись автора и дата.

Титульный лист контрольной работы показан ниже (Положение о курсовых и контрольных работах, СКФ МТУСИ, 2017).

Формулы, по которым ведется расчет, обязательно должны быть приведены в тексте. Подставляемые в формулы числовые значения необходимо указывать в основных единицах (вольт, ампер, фарада, генри и т.д.). Окончательный результат должен быть вычислен с точностью до трех значащих цифр, округлен до двух значащих цифр и снабжён знаком основной или производной размерности (миллиампер - мА, килоОм - кОм и т.д.).

После вычисления сопротивления какого-либо резистора или емкости конденсатора необходимо сразу же выбрать ближайший номинал в соответствии с рядом номинальных значений (табл.1) и в дальнейших расчетах использовать только эту величину.

Приложение Г

Федеральное агентство связи

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования

«Московский технический университет связи и информатики»

Кафедра _____

Допустить к защите

«__» _____ 20__ г.

(подпись, Фамилия, И.О.)

Контрольная работа

по дисциплине: _____

по теме: _____

Студент _____

Направление _____

Группа _____ Курс _____

Шифр ст. билета _____

Вариант _____

Дата «__» _____ 20__ г.

Подпись _____

Ростов-на-Дону

20__

Таблица 1

Ряды номинальных сопротивлений резисторов и емкостей конденсаторов

Точн. +5%	10	11	12	13	15	16	18	20	22	24	27	30	33	36	39	43	47	51	56	62	68	75	82	91
Точн. +10%	10		12		15		18		22		27		33		39		47		56		68		82	
Точн. +20%	10				15				22				33				47				68			

Номиналы сопротивлений и емкостей больше 100 получаются умножением этой шкалы на 10,100,1000 и т.д.

Текстовые пояснения к расчетам должны быть предельно кратки.

Контрольные работы, выполненные с отступлением от указанных правил, рецензированию не подлежат.

В процессе защиты автору предстоит обосновать принятые решения и прокомментировать этапы выполненных расчетов.

7. Условие задачи №1

Начертить принципиальную схему резисторного каскада предварительного усиления гармонических сигналов на биполярном транзисторе, включенном по схеме, соответствующей номеру варианта (табл.2). Условно показать путь протекания тока, соответствующего заданию, указав элементы усилителя, через которые он протекает. Номер варианта - предпоследняя цифра номера зачетной книжки.

Таблица 2

Варианты заданий для задачи №1

№ варианта	Схема включения транзистора	Ток
1	ОЭ	Ток источника сигнала
2	ОЭ	Постоянный ток базы
3	ОЭ	Постоянный ток эмиттера
4	ОЭ	Переменный ток коллектора
5	ОК	Ток источника сигнала
6	ОК	Постоянный ток базы
7	ОК	Постоянный ток коллектора
8	ОБ	Постоянный ток делителя
9	ОБ	Ток источника сигнала
0	ОБ	Переменный ток коллектора

8. Условие задачи №2

Начертить принципиальную схему резисторного каскада предварительного усиления гармонических сигналов на биполярном транзисторе, включенном по схеме с общим эмиттером, рассчитать параметры элементов схемы, режим работы каскада по постоянному току, коэффициент усиления в области средних частот, входные параметры каскада и амплитуду выходного сигнала. Исходные данные для расчета приведены в табл.3. Номер варианта - последняя цифра номера зачетной книжки.

Исходные данные для расчета

Технические данные	Номер варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Тип транзистора	КТ361А	КТ351Б	КТ315А	КТ357Б	КТ352А	КТ361А	КТ351Б	КТ315Б	КТ357Б	КТ352А
Амплитуда сигнала на нагрузке, U_n , В	0,2	0,3	0,4	0,5	0,2	0,3	0,4	0,5	0,2	0,3
Верхняя граничная частота $f_{в\sqrt{2}}$, МГц	3,6	1,8	2,0	4,0	3,6	2,0	7,0	6,0	4,5	2,4
Нижняя граничная частота $f_{н\sqrt{2}}$, Гц	200	300	400	50	100	250	400	300	150	350
Емкость нагрузки C_n , пФ	160	180	200	190	170	160	80	150	190	120
Сопротивление на- грузки R_n , кОм	10	15	12	20	16	14	10	15	12	17
Внутреннее сопро- тивление источника сигнала R_r , Ом	500	400	700	200	300	450	600	650	550	350
Напряжение источника питания E_0 , В	12	14	10	12	15	10	12	15	14	14

9. Методические указания для выполнения задачи №1

Такие задачи приходится решать при анализе и расчете любой усилительной схемы. В частности, знание цепей прохождения постоянных токов нужно для расчета цепей питания электрических схем. Цепи протекания тока источника сигнала определяют входное сопротивление каскада, а цепи, по которым протекает постоянная или переменная составляющая выходного тока, определяют нагрузку каскада соответственно по постоянному и переменному току.

Следует обратить внимание, что, показывая цепь протекания тока, начинать необходимо от одного полюса источника питания или сигнала, а закончить на противоположном полюсе. Если речь идет о постоянном токе, то пройти цепь следует от плюса источника к минусу. Если это источник переменного тока, то проходить следует от одного вывода источника до другого вывода этого же источника переменного тока.

Например, используя для краткости обозначения; Б - база, Э - эмиттер, К - коллектор, цепь протекания постоянного тока делителя в схеме может быть записана так:

$$+E \rightarrow R1 \rightarrow R2 \rightarrow \text{общий провод} \rightarrow E$$

10. Методические указания для выполнения задачи №2

Прежде чем приступить к решению второй задачи, рекомендуется проработать соответствующие разделы одного из учебников. После этого следует выписать условие задачи и используемые параметры транзистора (табл.4).

Таблица 4

Параметры транзисторов

Тип транзистора	Параметры						Структура транзистора
	$h_{21Эmin}$	$h_{21Эmax}$	$R_B, \text{Ом}$	$U_{КЭmax}, \text{В}$	$C_{БЭ}, \text{пФ}$	$C_K, \text{пФ}$	
КТ315А	30	120	140	20	80	7	n-p-n
КТ315Б	50	350	130	15	85	7	n-p-n
КТ361А	20	90	150	20	90	9	p-n-p
КТ357Б	20	100	200	20	70	5	p-n-p
КТ351Б	50	200	150	15	90	15	p-n-p
КТ352А	25	120	200	15	80	15	p-n-p

Расчет каскадов предварительного усиления ведется аналитическим методом. Это возможно при допущении, что в таких усилителях присутствуют незначительные амплитуды входного сигнала. Это в свою очередь позволяет считать, что при подаче на вход периодического сигнала параметры усилителя остаются неизменными за период сигнала.

Расчет элементов принципиальной схемы производится по допустимой величине спада АЧХ на граничных частотах полосы пропускания каскада. С целью упрощения расчетов в инженерной практике полосу пропускания усилителя Δf определяют в пределах границ, где коэффициент усиления уменьшается в $\sqrt{2}$ раз по сравнению с максимальной величиной в области средних частот. Нижняя граничная частота обозначается $f_{H\sqrt{2}}$, верхняя $f_{B\sqrt{2}}$.

Рекомендуется следующий примерный порядок решения задачи:

1. Приводится принципиальная схема каскада (рис.1).

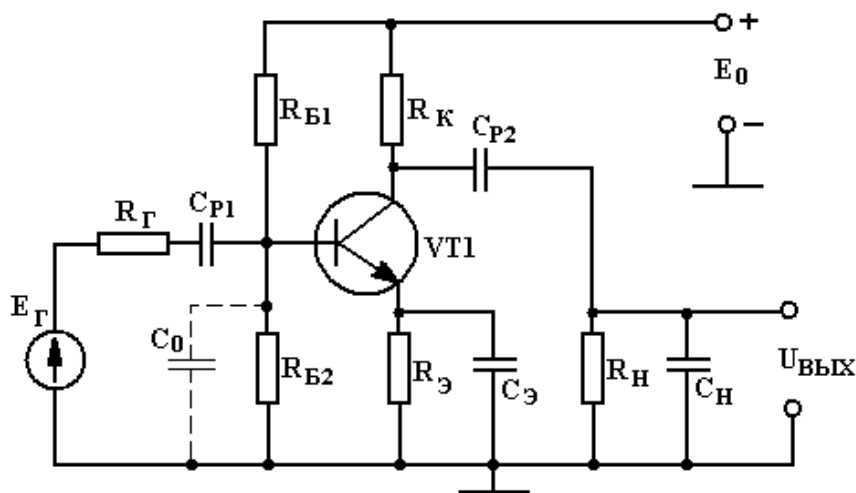


Рис.1. Резисторный каскад с общим эмиттером

2. С целью достижения максимального коэффициента усиления согласно (3) рассчитывается наибольшая допустимая величина эквивалентного сопротивления нагрузки в области верхних частот:

$$R_{\text{ЭКВ}} \leq \frac{1}{2\pi \cdot f_{B\sqrt{2}} \cdot C_0} [\text{Ом}],$$

,

где $C_0 = C_H + C_M + C_{\text{ВЫХ}}$

C_H – емкость нагрузки;

C_M – емкость монтажа; $C_M \approx 3 \dots 6$ пФ;

$C_{\text{ВЫХ}}$ – выходная емкость усилительного прибора ($C_{\text{ВЫХ}} \approx C_K$).

3. Рассчитывается сопротивление резистора в цепи коллектора

$$R_K = \frac{R_H \cdot R_{\text{ЭКВ}}}{R_H - R_{\text{ЭКВ}}} [\text{Ом}].$$

4. Коллекторный ток покоя транзистора должен быть несколько больше амплитуды переменной составляющей тока

$$I_K = (1,5 \dots 3) \frac{U_H}{R_{\text{ЭКВ}}} [\text{А}].$$

Если расчетный ток покоя получится меньше 2...3 мА, то его следует увеличить до указанной величины. Иначе ухудшатся частотные свойства транзистора.

5. Рассчитывается резистор в цепи эмиттера

$$R_{\mathcal{E}} = \frac{E_0 - U_{\mathcal{EK}} - I_K \cdot R_K}{I_K} [\text{Ом}],$$

где $U_{\mathcal{EK}}$ – напряжение покоя. Обычно $U_{\mathcal{EK}} \approx 3 \dots 5 \text{ В}$.

6. Рассчитывается емкость разделительного конденсатора

$$C_{P2} = \frac{1}{2\pi \cdot f_{H\sqrt{2}} \cdot (R_K + R_H)} [\Phi].$$

7. Рассчитывается ток базы

$$I_B = \frac{I_K}{h_{21\mathcal{E}}} [\text{А}],$$

где $h_{21\mathcal{E}} = \sqrt{h_{21\mathcal{E} \text{ МИН}} \cdot h_{21\mathcal{E} \text{ МАКС}}}$ – расчетный статический коэффициент передачи тока.

8. Удовлетворительная стабилизация тока покоя достигается, если выбрать ток делителя $I_D \approx 10 \cdot I_B$. Тогда

$$R_{B2} = \frac{I_{\mathcal{E}} \cdot R_{\mathcal{E}} + U_{B\mathcal{E}}}{I_D} [\text{Ом}] \quad \text{и} \quad R_{B1} = \frac{E_0}{I_D} - R_{B2} [\text{Ом}],$$

где $U_{B\mathcal{E}} \approx 0,6 \text{ В}$ – падение напряжения на переходе база – эмиттер (для кремниевых транзисторов). Кроме того, $I_{\mathcal{E}} = I_K + I_B$.

9. Рассчитывается входное сопротивление транзистора

$$R_{BXVT} = r_B + \frac{0,026}{I_K} \cdot (1 + h_{21\mathcal{E}}) [\text{Ом}],$$

где r_B – сопротивление базы транзистора.

10. Рассчитывается крутизна тока эмиттера

$$S_{\mathcal{E}} = \frac{h_{21\mathcal{E}} + 1}{R_{BXVT} + R_{\Gamma\mathcal{EKB}}} [1/\text{Ом}],$$

где $R_{\Gamma\mathcal{EKB}} = \left(\frac{1}{R_{\Gamma}} + \frac{1}{R_{B1}} + \frac{1}{R_{B2}} \right)^{-1}$ – эквивалентное сопротивление генератора

сигнала.

11. Рассчитывается емкость блокировочного конденсатора в цепи эмиттера

$$C_{\vartheta} = \frac{1,1 \cdot S_{\vartheta}}{f_H \sqrt{2}} [\Phi].$$

12. Рассчитывается коэффициент усиления по напряжению

$$K = \frac{h_{21\vartheta}}{R_{BXVT}} \cdot R_{\vartheta KB}.$$

13. Для обеспечения возможности расчета предыдущего каскада рассчитываются амплитуда входного сигнала U_{BX} , входное сопротивление каскада R_{BX} и входная емкость C_{BX}

$$U_{BX} = \frac{U_H}{K} [\text{В}];$$

$$R_{BX} = \left(\frac{1}{R_{B1}} + \frac{1}{R_{B2}} + \frac{1}{R_{BXVT}} \right)^{-1} [\text{Ом}];$$

$$C_{BX} = C_{B\vartheta} + C_K \cdot (1 + K) [\Phi].$$