

УДК 64.38

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

**«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

**по самостоятельной работе
по дисциплине «Схемотехника
телекоммуникационных устройств»**

**Для студентов направления подготовки (специальность):
11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи
профиль: Защищенные системы и сети связи**

Томск 2016

УДК 64.38

Составитель Л.А. Гоголина

Методические указания по самостоятельной работе по дисциплине «Схемотехника телекоммуникационных устройств». – Томск: Изд-во ТУСУР. 2016 – 36 с.

Методические указания по самостоятельному изучению теоретического материала и подготовке к выполнению и защите лабораторных, практических работ, а также методики применения рейтинговой системы и проведения промежуточной и итоговой аттестации по дисциплине «Схемотехника телекоммуникационных устройств».

Библиогр.: 16 назв.

Рецензент доцент кафедры РЗИ Б.И. Авдоченко

Содержание

	Лист
Введение.....	4
1. Структура самостоятельной работы.....	6
2. Методика реализации самостоятельной работы по изучению теоретического курса.....	7
Раздел 1. Параметры и характеристики аналоговых электронных устройств.....	8
Тема 1. Биполярные транзисторы.....	8
Вопросы для самопроверки.....	11
Тема 2. Полевые транзисторы.....	13
Вопросы для самопроверки.....	16
Раздел 2. Принципы построения и функционирования типовых усилительных звеньев	18
Вопросы для самопроверки.....	18
Раздел 3. Операционные усилители и их применение, активные фильтры на их основе	20
Вопросы для самопроверки.....	20
Раздел 4. Широкополосные, импульсные, многокаскадные усилители.....	22
Вопросы для самопроверки.....	22
Раздел 5. Обратные связи.....	24
Вопросы для самопроверки.....	24
Раздел 6. Базовые схемные конфигурации аналоговых интегральных схем.....	25
Вопросы для самопроверки.....	25
Раздел 7. Расчет активных фильтров нижних частот, верхних частот и полосовых активных фильтров на операционных усилителях.....	27
Вопросы для самопроверки.....	27
3. Методика проведения промежуточной и итоговой аттестации по дисциплине.....	29
Приложение 1. Порядок оформления отчета о самостоятельно изученном материале.....	31
Приложение 2. Перечень экзаменационных вопросов.....	32
Приложение 3. Перечень вопросов к зачету.....	35
Список использованных источников.....	36

Введение

Дисциплина «Схемотехника телекоммуникационных устройств» в соответствии с учебным планом направления подготовки бакалавров направление подготовки (специальность) 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», профиль «Защищенные системы и сети связи» является одной из базовых (общепрофессиональных) дисциплин в системе подготовки специалистов в области радиотехники и защиты информации. При изучении этой дисциплины закладываются основы знаний, позволяющих использовать современную элементную базу электроники, понимать тенденции и перспективы ее развития, приобретаются навыки расчета режимов активных приборов в электронных цепях, экспериментального исследования их характеристик и параметров, построения базовых ячеек электронных цепей, содержащих такие приборы.

Учебная программа дисциплины предусматривает теоретическое обучение, выполнение лабораторных работ и самостоятельную работу.

Теоретическое обучение осуществляется в форме лекционных занятий.

В лабораторных работах исследуются характеристики и параметры полевых и биполярных транзисторов, операционных устройств и т.п.

На практических работах проводится расчет типовых узлов и схем усилительных каскадов.

Самостоятельная работа включает в себя изучение вопросов теоретического курса, не рассматриваемых на лекциях (вследствие ограничения времени, отводимого на лекционные занятия), повторение теоретического материала, рассматриваемого в ходе лекционных занятий, с целью закрепления полученных знаний, а также изучение теоретических сведений в ходе подготовки к лабораторным и практическим занятиям, математическую обработку результатов лабораторных исследований, их оформление и защиту.

Целью самостоятельной работы студентов является самостоятельное изучение части вопросов теоретического курса.

К задачам самостоятельной работы следует отнести приобретение студентами знаний, умений и компетенций, необходимых для будущей профессиональной деятельности бакалавров направления «Инфокоммуникационные технологии и системы связи».

В результате самостоятельной работы по освоению дисциплины студенты приобретают следующие компетенции:

– ПК-10 способность к разработке проектной и рабочей технической документации, оформлению законченных проектно-конструкторских работ в соответствии с нормами и стандартами;

– ПК-11 умение проводить технико-экономическое обоснование проектных расчетов с использованием современных подходов и методов.

Дисциплина «Схемотехника телекоммуникационных устройств» базируется на ранее изученных дисциплинах (табл. 1).

Таблица 1

№	Дисциплина	Разделы дисциплины
1	Математика	Основные понятия и методы математического анализа, линейной алгебры, теории функций комплексного переменного, теории вероятностей и математической статистики, дискретной математики
2	Физика	Основные понятия и законы электричества и магнетизма, колебаний и волн, квантовой физики, статистической физики и термодинамики, зонной теории твердого тела
3	Информатика	Базовые языки и основы программирования
4	Теория электрических цепей	Методы анализа цепей постоянного и переменного тока в частотной и временной областях
5	Электроника	Основные понятия, элементы схем
6	История радиоэлектроники	Первые изобретения и открытия в радиоэлектронике
7	Физические основы электроники	Основные элементы электрической цепи (пассивные и активные). Закон Ома.

В процессе изучения дисциплины у студентов может возникнуть потребность повторить ранее изученный материал. С этой целью рекомендуется обратиться к следующей литературе:

1. Выгодский, М. Я. Справочник по высшей математике / М. Я. Выгодский. – М.: АСТ: Астрель, 2006. – 991 с.
2. Трофимова, Т. И. Курс физики: учеб. пособие для вузов / Т. И. Трофимова. – 7-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2003. – 542 с.
3. Марченко А.Л. Основы электроники. Учебное пособие для вузов / А.Л. Марченко. – М.: ДМК Пресс, 2009. – 296 с. Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=889 [Электронный ресурс]. – http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=889.
5. Павловская, Т. А. С/С++. Программирование на языке высокого уровня / Т. А. Павловская. – СПб.: Питер, 2003. – 461 с.
6. Атабеков, Г. И. Основы теории цепей: учеб. / Г. И. Атабеков. – 2-е изд., испр. – СПб.: Изд-во «Лань», 2006. – 432 с.
7. Попов, В. П. Основы теории цепей: учеб. для вузов / В. П. Попов. – 4-е изд., испр. – М.: Высш. шк., 2003. – 575 с.
8. Л. И. Шарыгина. События и даты в истории радиоэлектроники – Томск: Изд-во ТУСУР, 2011. – 306 с.

1. Структура самостоятельной работы

Рекомендуемый перечень и трудоемкость самостоятельного изучения теоретических вопросов курса в часах приведен в табл. 2.

Таблица 2

Название темы дисциплины и перечень вопросов, выносимых на самостоятельную работу	Трудоемкость, ч
Семестр 4	
Параметры и характеристики аналоговых электронных устройств	22
Принципы построения и функционирования типовых усилительных звеньев	22
Операционные усилители и их применение, активные фильтры на их основе	35
Широкополосные, импульсные, многокаскадные усилители	7
Обратные связи	15
Базовые схемные конфигурации аналоговых интегральных схем	16
Итого (с экзаменом)	117 (153)
Семестр 5	
Расчет активных фильтров нижних частот, верхних частот и полосовых активных фильтров на операционных усилителях	15
Итого (без экзаменов)	15

Самостоятельное изучение вопросов теоретического курса, не рассматриваемых на лекциях, необходимо вследствие ограничения времени, отведенного на лекционные занятия. Необходимо также повторение теоретического материала, рассматриваемого в ходе лекционных занятий, с целью закрепления полученных знаний.

Вопросы, рекомендуемые для самостоятельного изучения, выдаются преподавателем на лекционных занятиях. Отчет о самостоятельно изученном материале в печатном виде (основные положения, формулы, схемы и т. д.) должен быть оформлен в соответствии с требованиями, изложенными в приложении 1, и в обязательном порядке представлен на проверку преподавателю.

Отчет должен сопровождаться библиографическим списком (списком литературы), который составляют в соответствии с ГОСТ 7.1–2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления».

2. Методика реализации самостоятельной работы по изучению теоретического курса

Теоретический курс необходимо изучать последовательно по модулям и темам, придерживаясь следующего порядка:

1. Ознакомиться по учебной программе дисциплины с темой, подлежащей изучению.

2. Ознакомиться с настоящими методическими указаниями и уяснить требования, предъявляемые к студенту при изучении темы.

3. Изучить рекомендуемый материал путем чтения и (если необходимо) конспектирования основных положений, формул и схем.

4. Проверить свои знания путем самостоятельных ответов на вопросы для самопроверки без помощи учебников и конспекта. При возникновении неясностей в изучаемом материале следует обратиться за консультацией к преподавателю.

Ниже приводятся разделы и темы теоретического курса, а также перечень вопросов, рассматриваемых в ходе изучения указанных тем. По каждому из вопросов указывается рекомендуемая литература и наглядные (презентационные) материалы для самостоятельного изучения в соответствии с библиографическим списком.

Раздел 1. Параметры и характеристики аналоговых электронных устройств

Тема 1. Биполярные транзисторы

1.1 Структура и принцип действия биполярного транзистора. Схемы включения. Статические ВАХ и параметры для основных схем включения.

Приступая к изучению данной темы, выясните, какой полупроводниковый прибор называется биполярным транзистором, какова его структура, как называются электроды транзистора. Приведите условные графические обозначения различных типов транзисторов на принципиальных схемах.

Выясните, из каких полупроводниковых материалов изготавливаются биполярные транзисторы (БТ) и в соответствии с какими признаками они классифицируются.

Необходимо выяснить, для чего применяются биполярные транзисторы и какие основные схемы включения БТ следует различать.

Рассматривая принцип работы БТ, следует уяснить для себя, что биполярный транзистор включает в себя два взаимодействующих между собой р–п-перехода.

Принцип работы, а также характеристики и параметры биполярных транзисторов, как правило, рассматривают на примере широко используемой на практике схемы включения транзистора с общим эмиттером. Следует выяснить, каким образом незначительный по величине ток базы, возникающий при подаче прямого напряжения на переход «эмиттер – база», вызывает значительные изменения тока эмиттера и тока коллектора, какими соотношениями описываются эти зависимости.

Необходимо разобраться, почему эта схема дает наибольшее усиление по току, напряжению и мощности.

Следует выяснить, какой характер носит зависимость между входными и выходными токами и напряжениями в БТ, как выглядит семейство входных и выходных статических вольтамперных характеристик, а также какие характерные области на них можно выделить.

Следует отметить, что помимо ВАХ биполярный транзистор характеризуется большим числом различных параметров (статических, дифференциальных, физических). Выясните, какие параметры отражают внутренние свойства самого транзистора, а какие определяются схемой включения при представлении БТ как линейного активного четырехполюсника. При этом следует учитывать, что используются несколько систем характеристических параметров, каждая из которых имеет свои преимущества и недостатки с точки зрения измерения параметров и их практического использования в инженерных расчетах. Выясните, какие

параметры наиболее часто используются в расчетах и приводятся в справочных данных транзисторов.

Основные схемы включения БТ имеют определенные достоинства и недостатки. Выясните, в чем они заключаются и каким образом преодолеваются недостатки.

Необходимо также выяснить, какие предельные параметры БТ приводятся в качестве справочных.

Рекомендуемая литература: [1], [4], [7]

1.2 Режимы работы. Понятие о классах усиления. Влияние внешних условий на характеристики и параметры биполярных транзисторов. Стабилизация рабочей точки и усиления.

Биполярные транзисторы могут работать в различных режимах в зависимости от того, в какой области ВАХ выбрано исходное положение рабочей точки. Выясните, каким образом задается положение рабочей точки, как называются эти режимы и чем они характеризуются.

Используя графоаналитический метод расчета, который основывается на использовании семейств статических входных и выходных характеристик транзистора, рассмотрите работу БТ с активной нагрузкой на примере схемы с общим эмиттером. Выясните, что называется нагрузочной прямой или нагрузочной характеристикой и на основе какого соотношения она строится.

Выясните, как задается режим работы транзистора по постоянному току при использовании БТ в качестве усилительного элемента и каким образом определяются значения его токов и напряжений при действии входного переменного сигнала.

Выясните, как в зависимости от значения и знака напряжения смещения на электродах транзисторов и напряжения сигнала возможно задать несколько принципиально различных режимов работы БТ, называемых классами усиления, и в чем состоят их особенности. Приведите обозначения, используемые для различных классов усиления. Рассмотрите подробно работу БТ в каждом из классов усиления, обратите при этом особое внимание на класс усиления D.

При рассмотрении вопроса о влиянии внешних условий на характеристики и параметры БТ необходимо вспомнить, как влияет повышение температуры на электропроводность полупроводников, особенно на то, как изменяются прямые и обратные токи через р–n-переход. Особое внимание следует обратить на то, что в биполярном транзисторе находится два р–n-перехода, взаимодействующих между собой. Следует разобраться, какое влияние может оказать эта особенность на характеристики и параметры БТ для различных схем включения при повышении температуры.

Необходимо разобраться, какие схемотехнические решения используются для стабилизации рабочей точки и усиления.

Рекомендуемая литература: [1], [4], [7], [13]

1.3 Источники собственных шумов в БТ. Модели БТ

При рассмотрении вопроса об источниках собственных шумов в БТ необходимо понять, что такое шумы в электрических цепях и каковы причины их возникновения.

Необходимо разобраться, почему токи всех электродов транзистора подвержены флуктуациям, какова природа этих шумов, какими основными соотношениями они описываются и какое влияние оказывают шумы БТ на характеристики устройств, в которых они применяются.

Необходимо выяснить, какими показателями оценивают шумовые свойства транзисторов и какие численные значения они имеют.

С учетом вышесказанного выясните, из каких материалов изготавливают малошумящие транзисторы, предназначенные для входных каскадов радиоприемников и первых каскадов усилителей, а также какие дополнительные меры принимаются для снижения амплитуды шумов.

Рассматривая модели биполярных транзисторов, необходимо выяснить, каковы границы применимости того или иного вида моделей.

Известно, что при анализе электрических схем, содержащих БТ, как правило, используются эквивалентные схемы (схемы замещения), когда БТ представляется в виде набора линейных и нелинейных элементов электрических цепей.

Необходимо выяснить, набором каких элементов может быть представлен БТ при анализе режима работы на постоянном токе и какие частотно-зависимые элементы могут быть дополнительно введены в схему для анализа на переменном токе. В случае сигналов небольшой амплитуды, когда приращения напряжений и токов вблизи рабочей точки имеют линейный характер, анализ работы указанной схемы не представляет затруднений и ведется на основе соотношений, применяемых при анализе линейных электрических цепей.

Следует обратить внимание на то, что современные пакеты, позволяющие моделировать работу сложных электронных схем (PSPICE, MICROCAP, OrCAD, DesignLab и др.), как правило, имеют встроенные модели нелинейных компонентов, в том числе биполярных транзисторов, которые позволяют моделировать поведение схемы в широком диапазоне изменения токов и напряжений как постоянных, так и переменных составляющих сигналов. Этот класс моделей называется динамическими моделями большого сигнала.

Выясните, какие математические соотношения используются для описания БТ как нелинейного элемента электронных схем.

Рекомендуемая литература: [1], [4], [7]

Вопросы для самопроверки:

1. Какой полупроводниковый прибор называется биполярным транзистором?
2. Кем был изобретен биполярный транзистор?
3. Сколько электродов имеет биполярный транзистор и как они называются?
4. Какие материалы используются для изготовления биполярных транзисторов?
5. Приведите названия основных схем включения биполярных транзисторов.
6. Какова структура биполярных транзисторов?
7. Приведите условные графические обозначения биполярных транзисторов.
8. Изобразите основные схемы включения биполярных транзисторов.
9. Какими соотношениями связаны токи и напряжения в биполярном транзисторе?
10. Каким параметром управляется биполярный транзистор?
11. Какие характеристики биполярных транзисторов Вам известны?
12. Какие параметры биполярных транзисторов могут быть рассчитаны на основе входных и выходных ВАХ?
13. Между какими параметрами устанавливается зависимость на семействе входных характеристик биполярного транзистора для схемы включения с общим эмиттером?
14. Между какими параметрами устанавливается зависимость на семействе входных характеристик биполярного транзистора для схемы включения с общей базой?
15. Между какими параметрами устанавливается зависимость на семействе выходных характеристик биполярного транзистора для схемы включения с общим эмиттером?
16. Между какими параметрами устанавливается зависимость на семействе выходных характеристик биполярного транзистора для схемы включения с общей базой?
17. Какие системы параметров биполярных транзисторов существуют и что представляет собой система H-параметров?
18. Сравните между собой значения H-параметров для основных схем включения биполярных транзисторов. Выясните причины различий.
19. Каково основное назначение биполярных транзисторов?
20. Как обеспечивается усиление для различных схем включения биполярных транзисторов?
21. Как строится линия нагрузки усилительного каскада для схемы с общим эмиттером?
22. Какие режимы работы биполярных транзисторов вы знаете?
23. Каковы особенности работы биполярного транзистора в активном режиме?
24. Каковы условия работы биполярного транзистора в режиме отсечки?
25. Что характерно для работы биполярного транзистора в режиме насыщения?

26. Как на входных и выходных ВАХ задается исходное положение рабочей точки для указанных режимов работы транзистора?
27. Что такое классы усиления?
28. Где на входных и выходных ВАХ выбирается положение рабочей точки, соответствующее классу усиления А?
29. Где на входных и выходных ВАХ выбирается положение рабочей точки, соответствующее классу усиления В?
30. Где на входных и выходных ВАХ выбирается положение рабочей точки, соответствующее классу усиления АВ?
31. Где на входных и выходных ВАХ выбирается положение рабочей точки, соответствующее классу усиления С?
32. Где на входных и выходных ВАХ выбирается положение рабочей точки, соответствующее классу усиления D и чем он отличается от остальных классов усиления?
33. Приведите графики зависимостей тока коллектора от времени для всех классов усиления.
34. Как должны быть смещены переходы биполярного транзистора, чтобы он работал как усилительный элемент?
35. Какой должна быть величина напряжения смещения для соответствующих переходов транзистора при работе его в различных классах усиления?
36. Как ведут себя характеристики и параметры биполярных транзисторов для основных схем включения при увеличении температуры?
37. Что включает в себя эквивалентная схема биполярного транзистора на постоянном токе?
38. Что включает в себя эквивалентная малосигнальная схема биполярного транзистора для области низких частот?
39. Что включает в себя эквивалентная малосигнальная схема биполярного транзистора для области высоких частот?
40. Какие параметры определяют частотные свойства биполярных транзисторов?
41. Как ведут себя параметры транзистора с увеличением частоты сигнала?
42. Что может служить причиной искажения формы сигнала в усилительном каскаде на биполярном транзисторе?

Тема 2. Полевые транзисторы

2.1 Классификация полевых транзисторов. Принцип действия полевого транзистора. Статические ВАХ и параметры в схеме с общим истоком

Приступая к изучению данной темы, следует выяснить, какой полупроводниковый прибор называется полевым транзистором (ПТ), какова его структура, как называются электроды транзистора. Следует также ознакомиться с условными графическими обозначениями различных типов полевых транзисторов.

Следует также выяснить, какова классификация полевых транзисторов и какие полупроводниковые материалы используются для их изготовления.

Необходимо выяснить, для чего применяются полевые транзисторы и какие основные схемы включения ПТ следует различать. Принцип работы, а также характеристики и параметры полевых транзисторов, как правило, рассматривают на примере широко используемой на практике схемы включения транзистора с общим истоком. Следует уяснить, что при подаче на затвор управляющего напряжения наблюдают значительные изменения тока стока: поскольку входной ток затвора для всех разновидностей ПТ очень мал, то, следовательно, наблюдается значительное усиление по току и мощности.

Следует выяснить, как выглядят статические ВАХ полевых транзисторов, какие характерные области на них можно выделить и каковы особенности использования ПТ в случае его работы в данных областях ВАХ.

Необходимо также выяснить, какая характеристика отражает управляющее действие затвора на выходной ток.

Рассматривая особенности работы полевого транзистора с управляющим р–п-переходом и полевого транзистора с барьером Шоттки, выясните, в чем сходство этих полупроводниковых приборов, как выглядят их ВАХ и передаточные характеристики. Выясните, какими соотношениями описываются различные области ВАХ.

Выясните, какими параметрами характеризуется полевой транзистор помимо ВАХ и передаточной характеристики, какие параметры наиболее часто используются в расчетах и приводятся в справочных данных транзисторов.

Необходимо также выяснить, какие предельные параметры ПТ приводятся в качестве справочных.

Рекомендуемая литература: [1], [3], [4], [7]

2.2 Основные схемы включения полевых транзисторов. Применение полевых транзисторов в схемах усиления

Рассматривая схемы включения ПТ, проведите аналогию с биполярными транзисторами. Определите, как будут называться схемы включения ПТ в зависимости от того, какой из электродов транзистора выбран общей точкой для входного и выходного напряжений.

Наибольшее распространение для усиления сигналов получила схема включения ПТ с общим истоком (ОИ). Каскад с ОИ обеспечивает большое усиление по току и напряжению. Рассмотрите работу простейшей схемы резистивного усилительного каскада с ОИ на основе полевого транзистора с управляющим р–n-переходом и каналом n-типа. Выясните, как в схеме усиления активный элемент, управляемый входным напряжением, преобразует энергию источника питания в энергию полезных усиливаемых сигналов, выделяемых на сопротивлении нагрузки.

Полевые транзисторы могут работать в различных режимах, в зависимости от того в какой области ВАХ выбрано исходное положение рабочей точки. Выясните, каким образом задается исходное положение рабочей точки, как называются эти режимы и чем они характеризуются.

Используя графоаналитический метод расчета, который основывается на использовании семейства статических выходных характеристик транзистора, рассмотрите работу ПТ с активной нагрузкой на примере схемы с общим истоком. Выясните, что называется нагрузочной прямой, или нагрузочной характеристикой, и на основе какого соотношения она строится.

Выясните, как задается режим работы транзистора по постоянному току при использовании ПТ в качестве усилительного элемента и каким образом определяются значения его токов и напряжений при действии входного переменного сигнала.

Следует отметить, что МОП-транзисторы и полевые транзисторы с барьером Шоттки используются в тех же схемах включения, что и полевые транзисторы с управляющим р–n-переходом.

Рассматривая работу ПТ в импульсном режиме, необходимо отметить, что не все виды ПТ широко используются для этого. Выясните, с чем это связано. Сравните между собой ключевые полевые и биполярные транзисторы, отметьте их основные достоинства и недостатки.

Проанализируйте работу ключа, используя наиболее распространенную схему с общим истоком. Выясните, какие состояния на нагрузочной характеристике характерны для рабочего режима ключа. Рассмотрите процессы включения и выключения ключа.

Рекомендуемая литература: [1], [3], [7], [8]

2.3 Модели полевых транзисторов

Рассматривая модели ПТ, необходимо выяснить, каковы границы применимости того или иного вида моделей.

По аналогии с БТ, при анализе электрических схем, содержащих ПТ, как правило, используются эквивалентные схемы (схемы замещения), когда ПТ представляется в виде набора линейных и нелинейных элементов электрических цепей.

Необходимо выяснить, набором каких элементов может быть представлен ПТ при анализе режима работы на постоянном токе и какие частотно-зависимые элементы могут быть дополнительно введены в схему для анализа режима работы на переменном токе. В случае сигналов небольшой амплитуды, когда приращения напряжений и токов вблизи рабочей точки имеют линейный характер, анализ работы указанной схемы не представляет затруднений и ведется на основе соотношений, применяемых при анализе линейных электрических цепей.

Современное ПО, позволяющее моделировать работу сложных электронных схем (PSPICE, MICROCAP, OrCAD, DesignLab и др.), как правило, имеет встроенные модели нелинейных компонентов, в том числе ПТ, которые позволяют моделировать поведение схемы в широком диапазоне изменения токов и напряжений как постоянных, так и переменных составляющих сигналов. Этот класс моделей называется динамическими моделями большого сигнала. Выясните, какие математические соотношения используются для описания ПТ как нелинейного элемента электронных схем.

Рекомендуемая литература: [1], [13]

Вопросы для самопроверки:

1. Какой полупроводниковый прибор называется полевым транзистором?
2. Кем была предложена и реализована идея полевого транзистора?
3. Током или напряжением управляется полевой транзистор?
4. Как называются электроды полевого транзистора?
5. Какие материалы используются для изготовления полевых транзисторов?
6. Перечислите основные разновидности полевых транзисторов.
7. Приведите структуру и условное графическое изображение полевого транзистора с управляющим р–n-переходом с р-каналом.
8. Приведите структуру и условное графическое изображение полевого транзистора с управляющим р–n-переходом с n-каналом.
9. Приведите структуру и условное графическое изображение полевого транзистора с барьером Шоттки с р-каналом.
10. Приведите структуру и условное графическое изображение полевого транзистора с барьером Шоттки с n-каналом.
11. Приведите структуру и условное графическое изображение МДП-транзистора с индуцированным n-каналом.

12. Приведите структуру и условное графическое изображение МДП-транзистора с индуцированным р-каналом.
13. Приведите структуру и условное графическое изображение МДП-транзистора со встроенным n-каналом.
14. Приведите структуру и условное графическое изображение МДП-транзистора со встроенным р-каналом.
15. Почему, как правило, не рассматриваются входные характеристики полевых транзисторов?
16. Графически представьте семейство выходных и передаточных характеристик полевого транзистора с управляющим р–n-переходом и полевого транзистора с барьером Шоттки. Имеются ли между ними различия?
17. Графически представьте семейство выходных и передаточных характеристик МОП-транзистора со встроенным каналом.
18. Графически представьте семейство выходных и передаточных характеристик МОП-транзистора с индуцированным каналом. В чем состоят их особенности по сравнению с характеристиками МОП-транзистора со встроенным каналом?
19. Какие характерные области выделяются на выходных ВАХ полевых транзисторов?
20. Где выбирается место расположения рабочей точки на ВАХ полевого транзистора при условии работы его как усилительного элемента?
21. Где выбирается место расположения рабочей точки на ВАХ полевого транзистора при условии работы его как резистора, управляемого напряжением?
22. Запишите соотношения, описывающие ВАХ полевого транзистора с управляющим р–n-переходом.
23. Какие параметры полевого транзистора могут быть определены по его ВАХ в схеме с общим истоком?
24. Какие режимы работы могут быть рассчитаны при помощи выходных и передаточных ВАХ полевого транзистора?
25. Какие схемы включения полевых транзисторов вы знаете?
26. Что такое линия нагрузки усилительного каскада для схемы с общим истоком? Запишите соотношение, описывающее линию нагрузки для схемы включения с общим истоком.
27. Каковы особенности работы полевых транзисторов в схемах усиления?
28. Зависит ли коэффициент усиления каскада на полевом транзисторе от частоты сигнала?
29. Каковы причины искажения формы сигнала в усилительном каскаде на полевом транзисторе?
30. Как изменяются параметры полевых транзисторов с ростом температуры?
31. Что определяет частотные свойства полевых транзисторов?
32. Что входит в состав линейной эквивалентной схемы полевого транзистора с управляющим р–n-переходом?

33. Что входит в состав нелинейной эквивалентной схемы полевого транзистора с управляющим р–n-переходом?
34. Что входит в состав линейной эквивалентной схемы МОП-транзистора?
35. Что входит в состав нелинейной эквивалентной схемы МОП-транзистора?
36. Где выбирается положение рабочей точки полевого транзистора, соответствующее режиму электронного ключа?

Раздел 2. Принципы построения и функционирования типовых усилительных звеньев

Рассматривая усилительные каскады, выполненные на полевых и биполярных транзисторах по схемам включения с ОЭ, ОК, ОБ, ОИ, ОИ, ОЗ необходимо выяснить какие каскады получили наиболее широкое применение и почему.

Проанализируйте и выясните особенности (правила) формирования схем каскадов для СЧ, ВЧ и НЧ.

Необходимо выписать выражения для относительного коэффициента передачи и коэффициента частотных искажений, а также знать связь между ними.

Рекомендуемая литература: [2], [4], [8], [12]

Вопросы для самопроверки:

1. Основные технические показатели усилительных устройств.
2. Приведите характеристики усилительных устройств.
3. Приведите структурную схему УУ.
4. Классификация усилительных устройств.
5. Усилительный каскад на биполярном транзисторе с ОЭ.
6. Приведите схему с ОЭ для верхних частот сигнала, коэффициент передачи и коэффициент частотных искажений.
7. Приведите схему с ОЭ для средних частот сигнала, коэффициент передачи и коэффициент частотных искажений.
8. Приведите схему с ОЭ для нижних частот сигнала, коэффициент передачи и коэффициент частотных искажений.
9. Усилительный каскад на биполярном транзисторе с ОБ.
10. Приведите схему с ОБ для верхних частот сигнала, коэффициент передачи и коэффициент частотных искажений.
11. Приведите схему с ОБ для средних частот сигнала, коэффициент передачи и коэффициент частотных искажений.
12. Приведите схему с ОБ для нижних частот сигнала, коэффициент передачи и коэффициент частотных искажений.
13. Усилительный каскад на биполярном транзисторе с ОК.
14. Приведите схему с ОК для верхних частот сигнала, коэффициент передачи и коэффициент частотных искажений.
15. Приведите схему с ОК для средних частот сигнала, коэффициент передачи и коэффициент частотных искажений.
16. Приведите схему с ОК для нижних частот сигнала, коэффициент передачи и коэффициент частотных искажений.
17. Усилительный каскад на полевом транзисторе с ОИ.
18. Приведите схему с ОИ для верхних частот сигнала, коэффициент передачи и коэффициент частотных искажений.

19. Приведите схему с ОИ для средних частот сигнала, коэффициент передачи и коэффициент частотных искажений.
20. Приведите схему с ОИ для нижних частот сигнала, коэффициент передачи и коэффициент частотных искажений.
21. Усилительный каскад на полевом транзисторе с ОС.
22. Приведите схему с ОС для верхних частот сигнала, коэффициент передачи и коэффициент частотных искажений.
23. Приведите схему с ОС для средних частот сигнала, коэффициент передачи и коэффициент частотных искажений.
24. Приведите схему с ОС для нижних частот сигнала, коэффициент передачи и коэффициент частотных искажений.
25. Усилительный каскад на полевом транзисторе с ОЗ.
26. Приведите схему с ОЗ для верхних частот сигнала, коэффициент передачи и коэффициент частотных искажений.
27. Приведите схему с ОЗ для средних частот сигнала, коэффициент передачи и коэффициент частотных искажений.
28. Приведите схему с ОЗ для нижних частот сигнала, коэффициент передачи и коэффициент частотных искажений.
29. Дайте определение, что такое динамические характеристики усилителей.
30. Запишите соотношения для входных динамических характеристик.
31. Запишите соотношения для выходных динамических характеристик.
32. Запишите соотношения для проходных динамических характеристик.
33. Запишите соотношения для сквозных динамических характеристик.
34. Запишите соотношения прямой передачи усилителя.
35. Какие классы усиления существуют?
36. Где выбирается место расположения рабочей точки на проходной характеристике для режима А?
37. Где выбирается место расположения рабочей точки на проходной характеристике для режима В?
38. Где выбирается место расположения рабочей точки на проходной характеристике для режима АВ?
39. Где выбирается место расположения рабочей точки на проходной характеристике для режима С?
40. Где выбирается место расположения рабочей точки на проходной характеристике для режима Д?
41. Где выбирается место расположения рабочей точки на проходной характеристике для режима Е?

Раздел 3. Операционные усилители и их применение, активные фильтры на их основе

Приступая к изучению данной темы, следует выяснить, что называется операционным усилителем (ОУ), какова его структура. Следует также ознакомиться с условными графическими обозначениями различных ОУ.

Необходимо выяснить, для чего применяются ОУ и какие основные схемы включения ОУ следует различать. Принцип работы, а также характеристики и параметры ОУ. Идеальный ОУ имеет бесконечно большой коэффициент усиления по напряжению, бесконечно большое входное сопротивление, бесконечно малое выходное сопротивление, бесконечно большой КОСС и бесконечно широкую полосу рабочих частот. Естественно, что на практике ни одно из этих свойств не может быть осуществлено полностью, однако к ним можно приблизиться в достаточной для многих областей мере.

Следует также выяснить, что понимается под коррекцией частотных характеристик и как изменение ЛАЧХ и ЛФЧХ влияет на получение от устройств на ОУ необходимых свойств и, прежде всего, обеспечения устойчивой работы. ОУ обычно используется с цепями ООС, однако при некоторых условиях, из-за дополнительных фазовых сдвигов частотных составляющих сигнала, ООС может превратиться в ПОС и усилитель потеряет устойчивость. Узнать, как обеспечить фазовый сдвиг между входным и выходным сигналом, гарантирующий отсутствие возбуждения. Как используются внутренние и внешние цепи коррекции для обеспечения устойчивой работы устройств на ОУ.

Рекомендуемая литература: [4], [8], [15]

Вопросы для самопроверки:

1. Операционный усилитель: определение, типы.
2. Приведите основные характеристики ОУ.
3. Типы ОУ: особенности, характеристики, примеры использования.
4. Внутренняя схемотехника ОУ: блок-схема, принципиальная, примеры.
5. Приведите структуру и условное графическое изображение ОУ.
6. Где используются ОУ?
7. Перечислите основные параметры ОУ.
8. Назовите энергетические параметры ОУ.
9. Какие параметры относятся к частотным?
10. Приведите точностные параметры ОУ, определяемые входным дифференциальным каскадом.
11. Как изменяются параметры ОУ с ростом температуры?
12. Разновидности УУ на ОУ.
13. Какие схемы включения ОУ вы знаете?
14. Приведите диаграмму Боде с комментариями.

15. Использование диаграммы Боде для расчета коэффициента усиления и полосы пропускания операционного усилителя.
16. Приведите схему и основные характеристики инвертирующего усилителя на операционном усилителе.
17. Приведите схему и основные характеристики неинвертирующего усилителя на операционном усилителе.
18. Физические основы работы дифференциального усилителя на операционном усилителе.
19. Физические основы работы инвертирующего и неинвертирующего сумматора на операционном усилителе.
20. Понятие устойчивости усилителей с ООС.
21. Критерий устойчивости Найквиста.
22. Физические основы работы компаратора на операционном усилителе.
23. Физические основы работы интегратора на операционном усилителе.
24. Физические основы работы дифференциатора на операционном усилителе.

Раздел 4. Широкополосные, импульсные, многокаскадные усилители

Приступая к изучению данной темы, следует выяснить, что представляют собой усилители. Какие они бывают в зависимости от той задачи, для решения которой они предназначены.

В процессе самоподготовки следует рассмотреть и уметь продемонстрировать примеры схем усилителей (постоянного, переменного тока, широкополосные, импульсные, узкополосные и т.д.). Знать, где найти основные методы расчета усилительных каскадов и уметь их рассчитывать.

Выяснить особенности построения и расчета многокаскадных усилителей.

Необходимо выяснить, почему усилительные тракты приходится выполнять по многокаскадной схеме, включающей два и более последовательно соединенных каскадов.

Почему с помощью одиночного каскада трудно обеспечить желаемое усиление сигналов, необходимые свойства усилительной схемы по ее входному или выходному сопротивлению, требуемые по условиям работы предельные значения выходных токов и напряжений.

Известно, что в общей структуре многокаскадного усилительного тракта можно выделить три основных звена. Это входной каскад, один или несколько каскадов предварительного усиления, выходной или выходные каскады.

На входной каскад помимо основной функции (функции усиления) возложена задача согласования выходного сопротивления источника сигнала с входным сопротивлением усилительного тракта.

Основной функцией каскадов промежуточного усиления является обеспечение основного усиления по напряжению. Обычно эти каскады обладают большим усилением, в связи с чем при их организации особое внимание обращается на обеспечение устойчивой и стабильной работы.

Выходные каскады предназначены для обеспечения в нагрузке требуемых обычно больших сигнальных токов и напряжений, т. е. больших сигнальных мощностей. Поэтому их часто называют усилителями мощности.

В процессе самоподготовки следует рассмотреть способы межкаскадных связей.

Рекомендуемая литература: [6], [8], [9], [10], [11], [13]

Вопросы для самопроверки:

1. Какие виды межкаскадных соединений вы знаете?
2. В чем состоит различие непосредственной и гальванической обратной связи?
3. Какими достоинствами и недостатками обладают усилительные тракты емкостными межкаскадными связями?

4. Какими достоинствами и недостатками обладают усилительные каскада, которых связь с цепями нагрузки осуществляется с помощью трансформатора?
5. Объясните принцип электронного усиления на биполярном транзисторе.
6. Приведите основные режимы усиления и их особенности.
7. Приведите схему и особенности гальванической (непосредственной) межкаскадной связи.
8. Приведите схему и особенности резистивно-емкостной межкаскадной связи.
9. Приведите схему и особенности дроссельно-конденсаторной межкаскадной связи.
10. Приведите схему и особенности трансформаторной межкаскадной связи.
11. Что такое нагрузочная характеристика по постоянному току? Приведите пример ее построения.
12. Приведите пример построения динамической характеристики усилителя.
13. Чем определяется поведение амплитудно-частотной характеристики усилителя в области низких частот?
14. Чем определяется поведение амплитудно-частотной характеристики усилителя в области высоких частот?
15. Чем определяется поведение фазочастотной характеристики усилителя в области низких частот?
16. Чем определяется поведение фазочастотной характеристики усилителя в области высоких частот?
17. В чем заключаются особенности анализа каскадов на полевых транзисторах?
18. В чем заключаются особенности широкополосных усилителей (ШПУ) в отличие от усилителей звуковой частоты?
19. Как взаимосвязаны АЧХ усилителя с параметрами импульса при усилении импульсных сигналов?
20. Какие параметры импульсного усилителя влияют на площадь усиления ШПУ?
21. Приведите схему НЧ коррекции с помощью цепочки RfCf и объясните принцип ее работы.
22. Приведите параметры НЧ коррекции и объясните их влияние на ЧХ и ПХ.
23. Приведите схему НЧ коррекции с помощью ООС и объясните принцип ее работы.
24. Приведите схему ВЧ коррекции с помощью параллельной индуктивности и объясните принцип ее работы.
25. Приведите схему ВЧ коррекции с помощью последовательной индуктивности и объясните принцип ее работы.
26. Приведите схему ВЧ коррекции с помощью ООС и объясните принцип ее работы.

Раздел 5. Обратные связи

В ходе самоподготовки по данной теме следует рассмотреть, какой процесс называется обратной связью, а также знать терминологию и классификацию по данному разделу дисциплины.

Выяснить особенности построения и расчета усилительных устройств с ОС, и какое оказывают влияние обратные связи на характеристики усилителей.

Необходимо уметь представить схемы усилительных устройств с ОС (параллельные, последовательные, отрицательные, положительные и т.д.).

Рекомендуемая литература: [4], [5], [11], [14]

Вопросы для самопроверки:

1. Какой процесс в усилительном тракте называется ОС?
2. Почему в усилительных трактах в основном находит применение ООС, несмотря на то, что она уменьшает коэффициент усиления?
3. Почему при одной и той же структуре цепи ОС ее введение оказывает большее влияние на усилительный тракт с большим значением коэффициента усиления?
4. Почему при замыкании петли ООС происходят большие, чем в F раз, уменьшения коэффициента гармоник?
5. Почему в усилительном тракте в высокочастотной и низкочастотной областях диапазона замыкание петли ОС, организованной как ООС, может вызывать не уменьшение, а увеличение коэффициента усиления?
6. В чем состоит сущность эффекта Миллера и в каких ситуациях наиболее сильно проявляется его влияние?
7. Почему на высоких частотах входная проводимость схемы ОБ может иметь индуктивный характер?
8. Почему каскад ОК по сравнению с каскадом ОЭ обладает пониженным значением входной емкости и активной составляющей входной проводимости?
9. Какая ОС называется местной ОС?
10. Приведите структурную схему УУ с ОС.
11. Перечислите виды ОС.
12. Какая связь называется паразитной ОС?
13. Дайте определение отрицательной ОС.
14. Приведите основное соотношение коэффициента передачи для усилителя, охваченного обратной связью.
15. Приведите классификацию ОС.
16. Каково влияние обратных связей на характеристики усилителей?
17. Как влияют обратные связи на параметры усилителей?

Раздел 6. Базовые схемные конфигурации аналоговых интегральных схем

Приступая к изучению данной темы, выясните, какие схемные конфигурации широко используются в микросхемах и усилителях постоянного тока. Знать общие свойства дифференциального каскада и связанных с ним основные понятия и определения.

Необходимо уметь представить простейшие схемы дифференциального усилительного каскада, сдвига уровня постоянного напряжения, однотактных и двухтактных каскадов усиления мощности (трансформаторные и безтрансформаторные), мостовые и квазимостовые схемы, генератора стабильного тока, источника постоянного напряжения и т.п.

Рекомендуемая литература: [1], [9], [10], [11], [14]

Вопросы для самопроверки:

1. Какое схемное построение называют дифференциальным усилительным каскадом?
2. Каким свойством должен обладать дифференциальный усилитель, чтобы он мог считаться идеальным?
3. С какой целью в состав дифференциального усилительного каскада вводят схему генератора стабильного тока?
4. Какое подключение нагрузки называют дифференциальным?
5. Каково назначение схемы сдвига уровня и чем обусловлена необходимость ее применения при организации аналоговых интегральных схем?
6. Как отражается на работе дифференциального каскада включение дополнительного сопротивления R_n между коллекторами его транзисторов?
7. Объясните, почему входная проводимость дифференциального каскада для синфазного сигнала имеет меньшее значение по сравнению с входной проводимостью для дифференциального сигнала.
8. Каковы основные аспекты схемного построения и применения схемы сдвига уровня?
9. В чем состоит отличие источника напряжения от опорного источника?
10. В чем отличие оконечных каскадов от каскадов предварительного усиления?
11. Как строится линия нагрузки транзистора однотактного трансформаторного каскада?
12. Почему максимум мощности потерь в транзисторе однотактного каскада наблюдается в режиме покоя?
13. Для чего нужен метод пяти ординат?
14. Назовите основные достоинства двухтактных каскадов.
15. Что даст режим АВ в двухтактном каскаде и как он достигается?
16. Каковы преимущества и недостатки двухтактных каскадов по мостовым схемам?
17. В чем преимущество квазимостовых схем?

18. Как учитывают асимметрию плеч при определении коэффициента гармоник двухтактного каскада в режимах А и АВ?
19. Каковы особенности оконечных каскадов усилителей с очень большой выходной мощностью?
20. Что дает повышение КПД усилителя?
21. Каковы преимущества каскадов в режиме ВС?

Раздел 7. Расчет активных фильтров нижних частот, верхних частот и полосовых активных фильтров на операционных усилителях

Приступая к изучению данной темы, выясните, какие фильтры называют активными. Эти фильтры позволяют не включать в них катушки индуктивности (которые громоздки, особенно в фильтрах с низкими рабочими частотами), но, несмотря на это, обладают хорошей избирательностью. Последнего удается достигнуть благодаря компенсации потерь энергии в RC-фильтрах с помощью активных элементов — чаще усилителей, охваченных ОС (обычно вместе с RC-цепями). В этом смысле активные фильтры являются как бы недовозбужденными автогенераторами, хотя последние не всегда просто опознать в схеме того или иного фильтра, да это обычно и не требуется.

У активных RC-фильтров по сравнению с их пассивными LC-аналогами есть и недостатки, обусловленные наличием усилителей. Необходимо знать достоинства и недостатки. Недостатки — это необходимость питания, ограниченный динамический диапазон (из-за вносимых шумов и ограниченности максимальной амплитуды), дополнительные нелинейные искажения, пониженная надежность. Стоимость усилителей не всегда ниже стоимости катушек. Однако малые размеры и возможность автоматизации производства по интегральной технологии делают активные фильтры перспективными.

Первой задачей в процессе синтеза всякого фильтра является задание передаточной функции (в операторной или комплексной форме), которая отвечает условиям практической реализуемости и одновременно обеспечивает получение необходимой АЧХ или ФЧХ (но не обеих) фильтра. Это надо повторить из теории цепей.

Рекомендуемая литература: [4], [15]

Вопросы для самопроверки:

1. Каковы преимущества и недостатки активных фильтров по сравнению с пассивными?
2. Какой применяют метод построения фильтров?
3. Приведите пример фильтра 1го порядка.
4. Какое базовое звено можно добавить к фильтру первого порядка, чтобы получить фильтр второго порядка?
5. Можно ли активное звено первого порядка заменить пассивным с последующим подключением усилителя?
6. Как наличие ОС изменяет АЧХ?
7. Почему схеме рис. 1 нижний вывод конденсатора C_1 подключен не к земле, а к выходу усилителя? Как это обстоятельство повлияло на АЧХ?

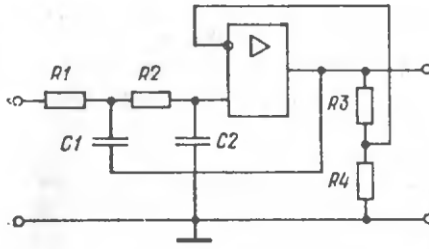


Рис. 1

8. Обоснуйте по схеме рис. 2, что АЧХ такого звена имеет максимум.

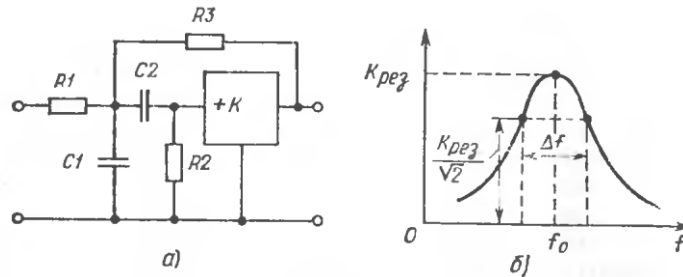


Рис. 2

9. Разъясните, в чем преимущество схем рис. 3, б перед схемой рис. 3, а.

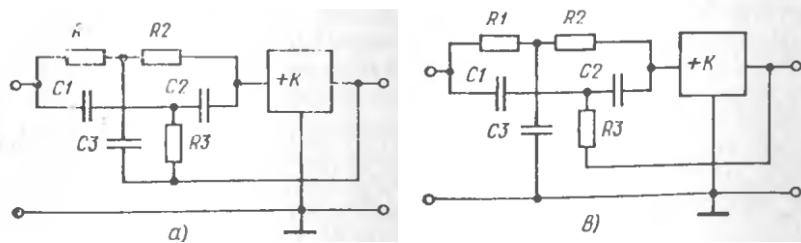


Рис. 3

10. Какой фильтр называется полосовым?

3. Методика проведения промежуточной и итоговой аттестации по дисциплине

Контроль уровня освоения дисциплины: входной контроль, самоконтроль, промежуточный контроль и итоговая аттестация – выполняется с помощью контрольно-измерительных материалов.

3.1 Входной контроль

Входной контроль представлен двумя типами контрольно-измерительных материалов:

- вопросы, задаваемые студентам на лекциях, предназначенные для письменных и устных ответов;
- вопросы к допуску по лабораторным работам.

Вопросы, задаваемые студентам на лекциях, предназначены для решения следующих целей:

- контроль посещаемости;
- контроль базовых знаний с целью принятия решения преподавателем о более углубленном изложении лекционного материала;
- контроль базовых знаний с целью принятия решения преподавателем о реорганизации занятий по лабораторному практикуму;
- контроль базовых знаний с целью принятия решения преподавателем о проведении дополнительных занятий в рамках консультаций;
- контроль базовых знаний с целью выдачи рекомендаций преподавателям для обеспечения междисциплинарной связи;
- контроль знаний, полученных в результате усвоения теоретического материала, – проверка остаточных знаний.

Вопросы, задаваемые студентам к допуску по лабораторным работам, позволяют оценить степень усвоения теоретического материала и овладения практическими навыками, необходимыми для выполнения лабораторной работы.

3.2 Самоконтроль

Для самоконтроля предлагаются следующие контрольно-измерительные материалы:

- тестовые задания для проверки знаний и компетенций;
- вопросы для самопроверки, представленные в настоящих методических указаниях (см. гл. 2);
- вопросы к защите лабораторных работ [16].

3.3 Промежуточный контроль

Промежуточный контроль проводится после изучения соответствующего модуля дисциплины. Организационно он реализуется тестированием студентов на аудиторных занятиях с помощью специального набора тестовых заданий по дисциплине.

Обязательным условием успешности промежуточной аттестации также является выполнение и защита лабораторных работ и сдача отчета о самостоятельно изученных вопросах теоретического курса, оформленных в соответствии с требованиями, изложенными в приложении 1.

3.4 Итоговый контроль

Для итогового контроля знаний, умений и навыков в соответствии с реализуемыми компетенциями применяются следующие контрольно-измерительные материалы:

- тестовые задания для проверки знаний и компетенций;
- вопросы к экзамену (приложение 2);
- вопросы к зачету (приложение 3).

Приложение 2

(обязательное)

Перечень экзаменационных вопросов

1. Расшифруйте понятие коэффициента усиления, которое употребляется в радиотехнике.
2. Амплитудно-частотная, фазочастотная и нормированная амплитудно-частотная характеристика усилителя.
3. Какими параметрами характеризуется усилитель при усилении прямоугольных импульсов. Переходная характеристика усилителя.
4. Причины появления нелинейных искажений в усилителе и их влияние на форму усиливаемых сигналов.
5. Понятие динамического диапазона усилительного каскада, изменения формы сигнала вне динамического диапазона.
6. Методика построения выходной динамической характеристики активного элемента усилительного каскада по постоянному току.
7. Методика построения выходной динамической характеристики активного элемента усилительного каскада по переменному току.
8. Рабочая точка активного элемента и методика ее расчета по заданным требованиям к усилительному каскаду.
9. Схема эмиттерной термостабилизации, физические основы функционирования и критерии выбора номиналов элементов.
10. Схема коллекторной термостабилизации, физические основы функционирования и критерии выбора номиналов элементов.
11. Схема эмиттерно-коллекторной термостабилизации, физические основы функционирования и критерии выбора номиналов элементов.
12. Эквивалентная схема замещения полевого транзистора.
13. Эквивалентная схема замещения биполярного транзистора.
14. Влияние температуры на характеристики и электрический режим полевых транзисторов.
15. Влияние температуры на характеристики и электрический режим биполярных транзисторов.
16. Составной транзистор (схема Дарлингтона).
17. Составной транзистор (схема Шиклаи).
18. Зависимость входной динамической емкости усилительного каскада с общим истоком от его коэффициента усиления (Эффект Миллера).
19. Назначение элементов схемы резисторного каскада с общим эмиттером.
20. Объяснить инверсию сигнала в усилительном каскаде с общим эмиттером.
21. Расчет коэффициента усиления усилительного каскада на полевом транзисторе с общим истоком.
22. Причина появления искажений амплитудно-частотной характеристики в области верхних частот каскада на полевом транзисторе с общим истоком.
23. Причина появления искажений амплитудно-частотной характеристики в области нижних частот каскада на полевом транзисторе с общим истоком.

24. Расчет спада плоской вершины усиливаемого прямоугольного импульса в усилительном каскаде.
25. Искажения, вносимые входной цепью усилительного каскада.
26. Низкочастотная коррекция коллекторным фильтром при усилении гармонических сигналов.
27. Низкочастотная коррекция коллекторным фильтром при усилении прямоугольных импульсов.
28. Физика работы усилительного каскада с высокочастотной эмиттерной коррекцией при усилении гармонических сигналов.
29. Физика работы усилительного каскада с высокочастотной эмиттерной коррекцией при усилении прямоугольных импульсов.
30. Понятие обратной связи, классификация видов обратных связей.
31. Каскад с общим эмиттером и последовательной отрицательной обратной связью по току. Влияние этой ОС на основные характеристики каскада.
32. Каскад с общим эмиттером и параллельной отрицательной обратной связью по напряжению. Влияние этой ОС на основные характеристики каскада.
33. Усилитель с параллельной отрицательной обратной связью по току. Влияние этой ОС на основные характеристики каскада.
34. Расчет коэффициента усиления усилителя с обратной связью.
35. Дифференциальный каскад, физика работы и основные характеристики.
36. Назначение генератора стабильного тока и пример его использования в дифференциальном каскаде.
37. Токовое зеркало на биполярном транзисторе и пример его использования в дифференциальном каскаде.
38. Токовое зеркало на полевом транзисторе.
39. Основные технические показатели и характеристики усилительных устройств.
40. Усилительные устройства. Классификация, характеристики.
41. Усилительный каскад на биполярном транзисторе с ОЭ. Схемы для частот сигнала, коэффициент передачи и коэффициент частотных искажений.
42. Усилительный каскад на биполярном транзисторе с ОБ. Схемы для частот сигнала, коэффициент передачи и коэффициент частотных искажений.
43. Усилительный каскад на биполярном транзисторе с ОК. Схемы для частот сигнала, коэффициент передачи и коэффициент частотных искажений.
44. Усилительный каскад на полевом транзисторе с ОИ. Схемы для частот сигнала, коэффициент передачи и коэффициент частотных искажений.
45. Усилительный каскад на полевом транзисторе с ОС. Схемы для частот сигнала, коэффициент передачи и коэффициент частотных искажений.
46. Усилительный каскад на полевом транзисторе с ОЗ. Схемы для частот сигнала, коэффициент передачи и коэффициент частотных искажений.

47. Динамические характеристики усилителей (входные, выходные, проходные, сквозные, прямой передачи).
48. Классы усиления (А, В, АВ, С, D, Е), положение рабочей точки на проходной характеристике.
49. Усилитель постоянного тока.
50. Операционные усилители, понятие и характеристики.
51. Диаграмма Боде, ее использование для расчета коэффициента усиления и полосы пропускания операционного усилителя охваченного ООС.
52. Инвертирующий усилитель на операционном усилителе, основные характеристики.
53. Неинвертирующий усилитель на операционном усилителе, основные характеристики.
54. Физические основы работы дифференциального усилителя на операционном усилителе.
55. Физические основы работы инвертирующего и неинвертирующего сумматора на операционном усилителе.
56. Устойчивость усилителей с ООС, критерий устойчивости Найквиста.
57. Физические основы работы компаратора на операционном усилителе.
58. Физические основы работы интегратора на операционном усилителе.
59. Физические основы работы дифференциатора на операционном усилителе.
60. Физические основы работы активных фильтров нижних частот.
61. Физические основы работы активных фильтров верхних частот.
62. Физические основы работы мультивибратора на операционном усилителе.
63. Физические основы работы RC-автогенератора с трехзвенной цепочкой обратной связи на операционном усилителе.
64. Физические основы работы RC-автогенератора с мостом Вина на операционном усилителе.
65. Широкополосные усилители.
66. Многокаскадные усилители.
67. Импульсные усилители.

Приложение 3

(обязательное)

Перечень вопросов к зачету

- 1 Влияние температуры на характеристики и электрический режим биполярных транзисторов.
- 2 Влияние температуры на характеристики и электрический режим полевых транзисторов.
- 3 Физические основы работы компаратора на операционном усилителе.
- 4 Физические основы работы дифференциатора на операционном усилителе.
- 5 Физические основы работы интегратора на операционном усилителе
- 6 Биполярный транзистор. Эквивалентная схема замещения, схемы включения, параметры биполярного транзистора.
- 7 Составной транзистор (схема Шиклаи).
- 8 Составной транзистор (схема Дарлингтона)
- 9 Полевой транзистор. Эквивалентная схема замещения, схемы включения, параметры полевого транзистора.
- 10 Усилитель постоянного тока.
- 11 Дифференциальный каскад, физика работы и основные характеристики
- 12 Приведите Усилительный каскад на полевом транзисторе с ОС. Схемы для частот сигнала, коэффициент передачи и коэффициент частотных искажений.
- 13 Приведите усилительный каскад на биполярном транзисторе с ОБ. Схемы для частот сигнала, коэффициент передачи и коэффициент частотных искажений.
- 14 Приведите усилительный каскад на биполярном транзисторе с ОЭ. Схемы для частот сигнала, коэффициент передачи и коэффициент частотных искажений.
- 15 Приведите усилительный каскад на полевом транзисторе с ОИ. Схемы для частот сигнала, коэффициент передачи и коэффициент частотных искажений.
- 16 Классы усиления (А, В, АВ, С, D, Е), положение рабочей точки на проходной характеристике.
- 17 Приведите схему эмиттерной термостабилизации, физические основы функционирования и критерии выбора номиналов элементов.
- 18 Понятие обратной связи, классификация видов обратных связей.
- 19 Приведите каскад с общим эмиттером и последовательной отрицательной обратной связью по току. Влияние этой ОС на основные характеристики каскада.

Список использованных источников

1. Павлов, В.Н. Схемотехника аналоговых электронных устройств: учебное пособие для вузов / В. Н. Павлов. – М. : Академия, 2008. – 287, [1] с.: ил., табл. - (Высшее профессиональное образование. Радиотехника) – Библиогр. (наличие в библиотеке ТУСУР – 26 экз.)
2. Озеркин Д.В. Схемотехника: Учебное пособие – 2012. 154 с. Режим доступа: – <http://edu.tusur.ru/training/publications/1205> [Электронный ресурс]. - <http://edu.tusur.ru/training/publications/1205>.
3. Марченко А.Л. Основы электроники. Учебное пособие для вузов / А.Л. Марченко. – М.: ДМК Пресс, 2009. – 296 с. Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=889 [Электронный ресурс]. – http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=889.
4. Красько А.С. Аналоговые электронные устройства: Учебное пособие. – Томск: Томский межвузовский центр дистанционного образования, 2000. – 196 с. (Библиотека ТУСУР) (наличие в библиотеке ТУСУР – 24 экз.)
5. Кучумов А.И. Электроника и схемотехника: Учебное пособие для вузов /. – 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Гелиос АРВ, 2005. - 335 с. (Издание с грифом. Библиотека ТУСУР (наличие в библиотеке ТУСУР - 150 экз.) .
6. Титов А.А. Схемотехника сверхширокополосных и полосовых усилителей мощности: Учебное пособие. Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/743>, 2007. – 197 с. [Электронный ресурс]. – <http://edu.tusur.ru/training/publications/743>.
7. Пасынков, В.В. Полупроводниковые приборы: учеб. для вузов / В.В. Пасынков, Л.К. Чиркин. – 6-е изд., стер. – СПб.: Лань, 2002. – 480 с.
8. Хоровиц Ц., Хилл У. Искусство схемотехники: пер. с англ. изд. 6е М.: Мир, 2003, 704 с.
9. Я. Будинский. Усилители низкой частоты на транзисторах. – М.: Связьиздат, 1963 г. – 319 с.
10. Остапенко Г.С. Усилительные устройства. Учеб. пособие для вузов. – М.: Радио и связь, 1989. – 400 с.
11. Павлов В.Н, Ногин В.Н. Схемотехника аналоговых электронных устройств: Учебник для вузов — 2-е изд., исправ. – М.: Горячая линия – Телеком, 2001. – 320 с.
12. Цыкина А.В. Электронные усилители. – М.: Радио и связь, 1982 г.
13. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника. – М.: Мир, 1982 г.
14. Кауфман М., Сидман А.Г. Практическое руководство по расчетам схем в электронике: Справочник. В 2х томах. Пер. с англ./под ред. Ф.Н. Покровского. – М.: Энергоатомиздат, 1991 г.
15. Л. Дж. Пейтон, В. Волш. Аналоговая электроника на ОУ – М.: Бином, 1994 г. – 352 с.
16. Гоголина Л.А. Методические указания для лабораторных работ по дисциплине «Схемотехника телекоммуникационных устройств». – Томск: Изд-во ТУСУР. 2016 – 35 с.