

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра полупроводниковых приборов и микроэлектроники

“УТВЕРЖДАЮ”

ДЕКАН РЭФ

д.т.н. Хрусталеv В. А.

“ ” \_\_\_\_\_ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
**Радиоэлектроника**

Образовательная программа: 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, профиль:  
Нанотехнология

Курс: 3, семестр : 6

Факультет радиотехники и электроники,

|    |                                                                                                      | Семестр    |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| №  | Вид деятельности                                                                                     | 6          |
| 1  | Всего зачетных единиц (кредитов)                                                                     | 3          |
| 2  | Всего часов                                                                                          | 108        |
| 3  | Всего занятий в контактной форме, час.                                                               | 61         |
| 4  | Лекции, час.                                                                                         | 36         |
| 5  | Практические занятия, час.                                                                           | 0          |
| 6  | Лабораторные занятия, час.                                                                           | 18         |
| 7  | из них в активной и интерактивной форме, час.                                                        | 0          |
| 8  | Аттестация, час.                                                                                     | 2          |
| 9  | Консультации, час.                                                                                   | 5          |
| 10 | Самостоятельная работа, час.                                                                         | 47         |
| 11 | Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ, подготовка к контрольной работе) | РГЗ контр. |
| 12 | Вид аттестации                                                                                       | ДЗ         |

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

ФГОС введен в действие приказом №177 от 06.03.2015 г. , дата утверждения: 31.03.2015 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, вариативная, по выбору студента

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

ППиМЭ, протокол заседания кафедры №5 от 20.06.2017

Утверждена на совете факультета радиотехники и электроники, протокол № 6 от 21.06.2017

Программу разработал:

профессор, д.т.н. Драгунов В. П.

Заведующий кафедрой:

с.н.с., д.ф-м.н. Гайслер В. А.

Ответственный за образовательную программу:

заведующий кафедрой Гайслер В. А.

## 1. Внешние требования

Таблица 1.1

|                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Компетенция ФГОС: ОПК.3 способность решать задачи анализа и расчета характеристик электрических цепей; в части следующих результатов обучения:</b>                                                                                                                |
| з2. Знать элементную базу аналоговой и цифровой техники, принцип действия и методы расчета элементов аналоговых и цифровых интегральных схем                                                                                                                         |
| <b>Компетенция ФГОС: ПК.1 способность проводить физико-математическое моделирование исследуемых процессов нанотехнологии и объектов нано- и микросистемной техники с использованием современных компьютерных технологий; в части следующих результатов обучения:</b> |
| з15. Знать физические принципы работы, физическую структуру, основы технологии изготовления и принципы построения интегральных микросхем и функциональных элементов                                                                                                  |
| у10. Уметь осуществлять выбор элементной базы аналоговых и цифровых интегральных схем и технологии их изготовления в зависимости от требований к электрическим характеристикам                                                                                       |
| у13. Уметь синтезировать аналоговые и цифровые устройства на основе данных об их функциональном назначении, электрических параметрах и условиях эксплуатации                                                                                                         |

## 2. Требования НГТУ к результатам освоения дисциплины

Таблица 2.1

| Результаты изучения дисциплины по уровням освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть)                                                                                           | Формы организации занятий                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| <b>Радиоэлектроника</b>                                                                                                                                                                   |                                                     |
| <b>ПК.1.з15 Знать физические принципы работы, физическую структуру, основы технологии изготовления и принципы построения интегральных микросхем и функциональных элементов</b>            |                                                     |
| 1.Знать физические принципы работы, физическую структуру, основные принципы построения интегральных микросхем                                                                             | Лекции; Самостоятельная работа                      |
| <b>ПК.1.у10 Уметь осуществлять выбор элементной базы аналоговых и цифровых интегральных схем и технологии их изготовления в зависимости от требований к электрическим характеристикам</b> |                                                     |
| 2.Уметь осуществлять выбор элементной базы электронных схем в зависимости от требований к электрическим характеристикам                                                                   | Лабораторные работы; Самостоятельная работа         |
| <b>ПК.1.у13 Уметь синтезировать аналоговые и цифровые устройства на основе данных об их функциональном назначении, электрических параметрах и условиях эксплуатации</b>                   |                                                     |
| 3.Уметь синтезировать электронные устройства на основе данных об их функциональном назначении, электрических параметрах и условиях эксплуатации                                           | Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа |
| <b>ОПК.3.з2 Знать элементную базу аналоговой и цифровой техники, принцип действия и методы расчета элементов аналоговых и цифровых интегральных схем</b>                                  |                                                     |
| 4.Знать элементную базу электронной техники                                                                                                                                               | Лекции; Самостоятельная работа                      |
| 5.Знать принцип действия и методы расчета элементов электронных схем                                                                                                                      | Лекции; Самостоятельная работа                      |

## 3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1

| Темы лекций                                                                                | Активные формы, час. | Часы | Ссылки на результаты обучения | Учебная деятельность |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|------|-------------------------------|----------------------|
| <b>Семестр: 6</b>                                                                          |                      |      |                               |                      |
| <b>Дидактическая единица: Характеристики, параметры и эквивалентные схемы транзисторов</b> |                      |      |                               |                      |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |   |    |      |                                                                                                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|----|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Введение. Предмет и содержание курса: зарождение, развитие радиоэлектроники и её применение                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 0 | 2  | 5    | Студент знакомится с ролью и местом изучаемой дисциплины                                            |
| 2. Основные режимы работы биполярных транзисторов. Статические характеристики и параметры биполярных транзисторов. Малосигнальные параметры и эквивалентные схемы биполярных транзисторов. Характеристики и параметры составных транзисторов. Особенности характеристик супер- бетта транзисторов.                                                                                                                                                                                                                                       | 0 | 2  | 4, 5 | Студент получает основные знания по данной теме. лекция сопровождается мультимедийной презентацией. |
| 3. Статические характеристики, параметры и малосигнальные эквивалентные схемы полевых транзисторов с управляющим р-п переходом и изолированным затвором.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 0 | 2  | 4, 5 | Студент получает основные знания по данной теме                                                     |
| <b>Дидактическая единица: Элементы общей теории усилителей</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |   |    |      |                                                                                                     |
| 4. Обобщенное уравнение электрической цепи. Классификация и основные свойства электрических цепей. Классификация режимов работы усилительных каскадов. Выбор положения рабочей точки активного элемента. Причины неустойчивости рабочей точки. Методы подачи смещения и стабилизации рабочей точки в схемах на биполярных и полевых транзисторах. Применение глубокой отрицательной обратной связи для стабилизации усиления                                                                                                             | 0 | 6  | 4, 5 | Студент получает основные теоретические сведения общей теории усилителей                            |
| <b>Дидактическая единица: Методы анализа электронных схем</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |   |    |      |                                                                                                     |
| 5. Методы анализа линейных цепей. Спектральный и гармонический анализ. Условия прохождения сложного сигнала по линейной цепи без искажений. Возможность представления аналогового сигнала в цифровой форме (теорема Котельникова). Анализ во временной области. Принцип работы, назначение элементов и анализ каскадов с общим истоком, общим стоком, общим эмиттером, общей базой и общим коллектором на средних частотах методом эквивалентных схем. Особенности анализа на низких и высоких частотах. Методы анализа нелинейных схем. | 0 | 10 | 5    | Студент получает основные знания, касающиеся методов анализа линейных и нелинейных электронных схем |

| <b>Дидактическая единица: Усилители с дифференциальным входом</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |   |   |      |                                                                                                                               |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 6. Особенности схмотехники усилителей с непосредственной связью. Согласование уровней. Дрейф нуля и методы его уменьшения. Назначение элементов, принцип работы и анализ дифференциального усилителя. Задачи выделения разностного сигнала                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 0 | 4 | 1    | Студент знакомится с особенностями схмотехники усилителей с непосредственной связью. Просматривает мультимедийную презентацию |
| <b>Дидактическая единица: Операционные усилители</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |   |   |      |                                                                                                                               |
| 7. Схмотехника интегральных усилителей. Методы подачи смещения и стабилизации рабочей точки усилительных каскадов интегрального исполнения. Входные каскады операционных усилителей (ОУ). Особенности схмотехники входных каскадов ОУ на составных и супер-бетта транзисторах. Схемы сдвига уровня. Выходные каскады ОУ. Тепловая обратная связь. Структура и сравнительные характеристики трех- и двухкаскадного ОУ. Необходимость отрицательной обратной связи. Возможность самовозбуждения при глубокой обратной связи за счёт внутренних фазовых сдвигов | 0 | 5 | 1, 4 | Знакомится со схмотехникой аналоговых интегральных схем                                                                       |
| <b>Дидактическая единица: Основные схемы включения операционных усилителей</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |   |   |      |                                                                                                                               |
| 8. Применение ОУ. Анализ инвертирующей и неинвертирующей схем включения ОУ. Основные параметры и характеристики ОУ. Понятие идеального ОУ. Нейтрализация токов смещения. Анализ работы усилителей с Т-образной обратной связью. Использование ОУ для выполнения математических преобразований. Измерительный усилитель с улучшенным подавлением синфазной составляющей входного сигнала на ОУ. Схемы сравнения, модуляторы и фазовращатели на ОУ. Преобразователь напряжения в частоту. Диодный функциональный преобразователь на ОУ.                        | 0 | 4 | 1, 3 | Студент знакомится с особенностями применения операционных усилителей                                                         |
| 9. Перспективы и основные направления развития радиоэлектроники                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 0 | 1 | 1, 4 | студент знакомится с перспективными направлениями развития радиоэлектроники                                                   |

Таблица 3.2

| Темы лабораторных работ                                                        | Активные формы, час. | Часы | Ссылки на результаты обучения | Учебная деятельность                                                 |
|--------------------------------------------------------------------------------|----------------------|------|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| <b>Семестр: 6</b>                                                              |                      |      |                               |                                                                      |
| <b>Дидактическая единица: Элементы общей теории усилителей</b>                 |                      |      |                               |                                                                      |
| 2. Схемы смещения в усилителях на биполярных транзисторах. Стабилизация режима | 0                    | 4    | 3                             | Выполняет задания лабораторной работы под руководством преподавателя |
| <b>Дидактическая единица: Методы анализа электронных схем</b>                  |                      |      |                               |                                                                      |
| 1. Анализ усилительных каскадов на биполярных транзисторах графическим методом | 0                    | 4    | 2, 3                          | Выполняет задания лабораторной работы под руководством преподавателя |
| 3. Исследования свойств усилительных каскадов на биполярных транзисторах       | 0                    | 4    | 2, 3                          | Выполняет задания лабораторной работы под руководством преподавателя |
| 4. Определение основных характеристик усилительного каскада с общим истоком    | 0                    | 2    | 2, 3                          | Выполняет задания лабораторной работы под руководством преподавателя |
| <b>Дидактическая единица: Операционные усилители</b>                           |                      |      |                               |                                                                      |
| 5. Элементы аналоговых интегральных схем                                       | 0                    | 4    | 2, 3                          | Выполняет задания лабораторной работы под руководством преподавателя |

#### 4. Самостоятельная работа обучающегося

| №                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Виды самостоятельной работы | Ссылки на результаты обучения | Часы на выполнение | Часы на консультации |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|--------------------|----------------------|
| <b>Семестр: 6</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                             |                               |                    |                      |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Контрольные работы          | 2, 4                          | 30                 | 2                    |
| Студент самостоятельно готовится к контрольной работе, прорешивая основные задачи, выданные преподавателем: Схемотехника аналоговых электронных устройств : методические указания к практическим работам для 3 курса РЭФ специальностей "Радиотехника" и "Радиосвязь, радиовещание и телевидение" дневного отделения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. В. В. Дуркин]. - Новосибирск, 2014. - 70, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000209794">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000209794</a> Твердотельная электроника : учебно-методическое пособие : лабораторный практикум / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Драгунов В. П., Остертак Д. И.]. - Новосибирск, 2011. - 51 с. : ил.. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000154413">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000154413</a> |                             |                               |                    |                      |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | РГЗ                         | 1, 3                          | 10                 | 1                    |
| В рамках расчётно-графической работы предусмотрен расчёт характеристик низкочастотных усилителей (подробнее см. ФОС): Схемотехника аналоговых электронных устройств : методические указания к практическим работам для 3 курса РЭФ специальностей "Радиотехника" и "Радиосвязь, радиовещание и телевидение" дневного отделения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. В. В. Дуркин]. - Новосибирск, 2014. - 70, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000209794">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000209794</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                             |                               |                    |                      |
| 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Подготовка к занятиям       | 1, 2, 3, 4, 5                 | 2                  | 0                    |
| Студент самостоятельно изучает литературные источники, выполняет домашнее задание: Схемотехника аналоговых электронных устройств : методические указания к практическим работам для 3 курса РЭФ специальностей "Радиотехника" и "Радиосвязь, радиовещание и телевидение" дневного отделения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. В. В. Дуркин]. - Новосибирск, 2014. - 70, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000209794">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000209794</a> Твердотельная электроника : учебно-методическое пособие : лабораторный практикум / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Драгунов В. П., Остертак Д. И.]. - Новосибирск, 2011. - 51 с. : ил.. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000154413">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000154413</a>                          |                             |                               |                    |                      |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |               |   |   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------|---|---|
| 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Подготовка к аттестации | 1, 2, 3, 4, 5 | 5 | 2 |
| <p>Студент повторяет материал, изученный на лекциях и закреплённый на практиках и темы, предназначенные для самостоятельного изучения.: Схемотехника аналоговых электронных устройств : методические указания к практическим работам для 3 курса РЭФ специальностей "Радиотехника" и "Радиосвязь, радиовещание и телевидение" дневного отделения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. В. В. Дуркин]. - Новосибирск, 2014. - 70, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000209794">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000209794</a> Твердотельная электроника : учебно-методическое пособие : лабораторный практикум / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Драгунов В. П., Остертак Д. И.]. - Новосибирск, 2011. - 51 с. : ил.. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000154413">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000154413</a></p> |                         |               |   |   |

## 5. Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 5.1).

Таблица 5.1

| Деятельность                  | Информационно-коммуникационные технологии |
|-------------------------------|-------------------------------------------|
| Информирование                | e-mail                                    |
| Консультирование              | e-mail; Портал НГТУ                       |
| Контроль                      | Портал НГТУ                               |
| Размещение учебных материалов | ЭБС                                       |

## 6. Правила аттестации обучающихся по учебной дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS. Краткая информация о БРС приведена в табл. 6.1.

Таблица 6.1

| Оцениваемые виды деятельности обучающихся                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Мин. балл | Максимальный балл |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------------------|
| <b>Семестр: 6</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |           |                   |
| <i>Дополнительная учебная деятельность:</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 0         |                   |
| <i>Лабораторная:</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 27        | 40                |
| Контролирующие материалы приводятся в "Схемотехника аналоговых электронных устройств : методические указания к практическим работам для 3 курса РЭФ специальностей "Радиотехника" и "Радиосвязь, радиовещание и телевидение" дневного отделения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. В. В. Дуркин]. - Новосибирск, 2014. - 70, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000209794">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000209794</a> " |           |                   |
| <i>Контрольные работы:</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 3         | 20                |
| <i>РГЗ:</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 14        | 20                |
| <i>Зачет:</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 6         | 20                |

В таблице 6.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 6.2

| Коды компетенций ФГОС | Результаты обучения                                                                                                                          | Формы контроля |             |            |       |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------|------------|-------|
|                       |                                                                                                                                              | Защита ЛР      | Контр. раб. | Защита РГЗ | Зачет |
| <b>ОПК.3</b>          | 32. Знать элементную базу аналоговой и цифровой техники, принцип действия и методы расчета элементов аналоговых и цифровых интегральных схем |                | +           | +          | +     |

|             |                                                                                                                                                                                |   |  |   |   |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|--|---|---|
| <b>ПК.1</b> | з15. Знать физические принципы работы, физическую структуру, основы технологии изготовления и принципы построения интегральных микросхем и функциональных элементов            |   |  | + | + |
|             | у10. Уметь осуществлять выбор элементной базы аналоговых и цифровых интегральных схем и технологии их изготовления в зависимости от требований к электрическим характеристикам | + |  | + | + |
|             | у13. Уметь синтезировать аналоговые и цифровые устройства на основе данных об их функциональном назначении, электрических параметрах и условиях эксплуатации                   | + |  | + | + |

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении № 1 к рабочей программе.

## 7. Литература

### Основная литература

1. Дуркин В. В. Схемотехника аналоговых электронных устройств. Основные понятия, обратные связи, работа усилительного элемента в схеме : учебное пособие / В. В. Дуркин, С. В. Тырыкин; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2017
2. Подкин Ю. Г. Электротехника и электроника. В 2 т.. Т. 2 : [учебное пособие для вузов по направлению "Конструирование и технология электронных средств"] / Ю. Г. Подкин, Т. Г. Чикуров, Ю. В. Данилов ; под ред. Ю. Г. Подкина. - М., 2011. - 312, [1] с. : граф., схемы
3. Першин В.Т. Основы радиоэлектроники [Электронный ресурс]: учебное пособие/ В.Т. Першин— Электрон. текстовые данные.— Минск: Вышэйшая школа, 2006.— 399 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20243.html>.— ЭБС «IPRbooks»
4. Павлов В. Н. Схемотехника аналоговых электронных устройств : [учебное пособие для вузов по направлению "Радиотехника"] / В. Н. Павлов. - М., 2008. - 287, [1] с. : ил.

### Дополнительная литература

1. Полевский В. И. Операционные усилители : учебное пособие / В. И. Полевский, Е. Г. Касаткина ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2013. - 22, [4] с. : ил.. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000184879](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000184879)
2. Васюков В. Н. Общая теория связи : [учебник] / В. Н. Васюков. - Новосибирск, 2017. - 578, [1] с. : ил.. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000233295](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000233295)
3. Манаев Е. И. Основы радиоэлектроники / Е. И. Манаев. - М., 1990. - 512 с. : ил.
4. Алексенко А. Г. Микросхемотехника : Учебное пособие для вузов по спец. "Физика и технология материалов и компонентов электрон. техники", "Микроэлектроника и полупроводниковые приборы" / А. Г. Алексенко, И. И. Шагурин. - М., 1990. - 496 с. : ил.
5. Фалько А. И. Основы радиоприема : учебное пособие / А. И. Фалько ; Сиб. гос. ун-т телекоммуникаций и информатики. - Новосибирск, 2012. - 260 с. : ил.
6. Базовые лекции по электронике. В 2 т.. Т. 1 : сборник / [В. М. Пролейко и др.] ; под общ. ред. В. М. Пролейко. - М., 2009. - 479, [1] с. : ил., схемы, табл.
7. Гутников В. С. Интегральная электроника в измерительных устройствах. - Л., 1988. - 303 с. : ил.
8. Молчанов А. П. Курс электротехники и радиотехники : [учебное пособие для университетов по специальности "Физика"] / А. П. Молчанов, П. Н. Занадворов. - М., 1976. - 478, [1] с. : ил.
9. Гоноровский И. С. Радиотехнические цепи и сигналы : [учебник для радиотехнических специальностей вузов] / И. С. Гоноровский. - Москва, 1986. - 511, [1] с. : ил.

### Интернет-ресурсы

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>

2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>

3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>

4. ЭБС "Znaniium.com" : <http://znaniium.com/>

5. :

## 8. Методическое и программное обеспечение

### 8.1 Методическое обеспечение

1. Схемотехника аналоговых электронных устройств : методические указания к практическим работам для 3 курса РЭФ специальностей "Радиотехника" и "Радиосвязь, радиовещание и телевидение" дневного отделения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. В. В. Дуркин]. - Новосибирск, 2014. - 70, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000209794](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000209794)

2. Твердотельная электроника : учебно-методическое пособие : лабораторный практикум / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Драгунов В. П., Остертак Д. И.]. - Новосибирск, 2011. - 51 с. : ил.. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000154413](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000154413)

### 8.2 Специализированное программное обеспечение

1 MathCAD

## 9. Материально-техническое обеспечение

Презентационное оборудование

| № | Наименование                                                                         | Назначение                                          |
|---|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 1 | Презентационное оборудование (мультимедиа-проектор, экран, компьютер для управления) | используется для демонстрации презентации на лекции |

Компьютерный класс

| № | Наименование                                                                      | Назначение                                                 |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| 1 | Компьютерный класс (Компьютеры объединены в локальную сеть с выходом в Internet ) | применяются для выполнения заданий на лабораторных работах |

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра полупроводниковых приборов и микроэлектроники

“УТВЕРЖДАЮ”  
ДЕКАН РЭФ  
д.т.н., профессор В.А. Хрусталев  
“        ”        \_\_\_\_\_ г.

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

#### Радиоэлектроника

Образовательная программа: 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, профиль:  
Нанотехнология

# 1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине Радиоэлектроника приведена в Таблице.

Таблица

| Формируемые компетенции                                                             | Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)                                                                             | Темы                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Этапы оценки компетенций                                      |                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
|                                                                                     |                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.) | Промежуточная аттестация (экзамен, зачет) |
| ОПК.3 способность решать задачи анализа и расчета характеристик электрических цепей | 32. Знать элементную базу аналоговой и цифровой техники, принцип действия и методы расчета элементов аналоговых и цифровых интегральных схем | Введение. Предмет и содержание курса. Методы анализа линейных цепей. Спектральный и гармонический анализ. Условия прохождения сложного сигнала по линейной цепи без искажений. Возможность представления аналогового сигнала в цифровой форме (теорема Котельникова). Анализ во временной области. Принцип работы, назначение элементов и анализ каскадов с общим истоком, общим стоком, общим эмиттером, общей базой и общим коллектором на средних частотах методом эквивалентных схем. Особенности анализа на низких и высоких частотах. Методы анализа нелинейных схем. Обобщенное уравнение электрической цепи. Классификация и основные свойства электрических цепей. Классификация режимов работы усилительных каскадов. Выбор положения рабочей точки активного элемента. Причины неустойчивости рабочей точки. Методы подачи смещения и стабилизации рабочей точки в схемах на биполярных и полевых транзисторах. Применение глубокой отрицательной обратной связи для стабилизации усиления. Основные режимы работы биполярных транзисторов. Статические характеристики и параметры биполярных транзисторов. Малосигнальные параметры и эквивалентные схемы биполярных транзисторов. Характеристики и параметры составных транзисторов. Особенности характеристик супер- бетта транзисторов. | Контрольная работа, РГЗ, все разделы                          | Зачет, вопросы 1 –42                      |

|                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                  |                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------------------|
|                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                     | Статические характеристики, параметры и малосигнальные эквивалентные схемы полевых транзисторов с управляющим р-п переходом и изолированным затвором. Схемотехника интегральных усилителей. Методы подачи смещения и стабилизации рабочей точки усилительных каскадов интегрального исполнения. Входные каскады операционных усилителей (ОУ). Особенности схемотехники входных каскадов ОУ на составных и супер-бетта транзисторах. Схемы сдвига уровня. Выходные каскады ОУ. Необходимость отрицательной обратной связи.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                  |                        |
| ПК.1/НИ<br>способность<br>проводить физико-математическое моделирование исследуемых процессов нанотехнологии и объектов нано-микросистемной техники с использованием современных компьютерных технологий | 315. Знать физические принципы работы, физическую структуру, основы технологии изготовления и принципы построения интегральных микросхем и функциональных элементов | Особенности схемотехники усилителей с непосредственной связью. Согласование уровней. Дрейф нуля и методы его уменьшения. Назначение элементов, принцип работы и анализ дифференциального усилителя. Задачи выделения разностного сигнала. Применение ОУ. Анализ инвертирующей и неинвертирующей схем включения ОУ. Основные параметры и характеристики ОУ. Понятие идеального ОУ. Нейтрализация токов смещения. Анализ работы усилителей с Т-образной обратной связью. Использование ОУ для выполнения математических преобразований. Измерительный усилитель с улучшенным подавлением синфазной составляющей входного сигнала на ОУ. Схемы сравнения, модуляторы и фазовращатели на ОУ. Преобразователь напряжения в частоту. Диодный функциональный преобразователь на ОУ. Схемотехника интегральных усилителей. Методы подачи смещения и стабилизации рабочей точки усилительных каскадов интегрального исполнения. Входные каскады операционных усилителей (ОУ). Особенности схемотехники входных каскадов ОУ на составных и супер-бетта транзисторах. Схемы сдвига уровня. Выходные каскады ОУ. | РГЗ, все разделы | Зачет, вопросы 23 – 41 |

|         |                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                      |                             |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------|
|         |                                                                                                                                                                                | Необходимость отрицательной обратной связи. Возможность самовозбуждения при глубокой обратной связи за счёт внутренних фазовых сдвигов                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                      |                             |
| ПК.1/НИ | у10. Уметь осуществлять выбор элементной базы аналоговых и цифровых интегральных схем и технологии их изготовления в зависимости от требований к электрическим характеристикам | Анализ усилительных каскадов на биполярных транзисторах графическим методом. Исследования свойств усилительных каскадов на биполярных транзисторах. Определение основных характеристик усилительного каскада с общим истоком.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Отчеты по лабораторным работам 1 – 3                 | Зачет, вопросы 3 –9, 15 –22 |
| ПК.1/НИ | у13. Уметь синтезировать аналоговые и цифровые устройства на основе данных об их функциональном назначении, электрических параметрах и условиях эксплуатации                   | Анализ усилительных каскадов на биполярных транзисторах графическим методом. Исследования свойств усилительных каскадов на биполярных транзисторах. Определение основных характеристик усилительного каскада с общим истоком. Применение ОУ. Анализ инвертирующей и неинвертирующей схем включения ОУ. Основные параметры и характеристики ОУ. Понятие идеального ОУ. Нейтрализация токов смещения. Анализ работы усилителей с Т-образной обратной связью. Использование ОУ для выполнения математических преобразований. Измерительный усилитель с улучшенным подавлением синфазной составляющей входного сигнала на ОУ. Схемы сравнения, модуляторы и фазовращатели на ОУ. Преобразователь напряжения в частоту. Диодный функциональный преобразователь на ОУ. Схемы смещения в усилителях на биполярных транзисторах. Стабилизация режима. | Отчеты по лабораторным работам 1–3, РГЗ, все разделы | Зачет, вопросы 1 –9, 15 –41 |

## 2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 6 семестре - в форме дифференцированного зачета, который направлен на оценку сформированности компетенций ОПК.3, ПК.1/НИ.

Зачет проводится в устной форме, по билетам. Студенту предлагается ответить на один теоретический вопрос и решить задачу.

Кроме того, сформированность компетенций проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1.

В 6 семестре обязательным этапом текущей аттестации являются расчетно-графическое задание

(РГЗ), контрольная работа. Требования к выполнению РГЗ, контрольной работы, состав и правила оценки сформулированы в паспорте РГЗ, контрольной работы.

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе учебной дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенций ОПК.3, ПК.1/НИ, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

#### **Общая характеристика уровней освоения компетенций.**

**Ниже порогового.** Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками (<49).

**Пороговый.** Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками (50 – 72).

**Базовый.** Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки (73 – 95).

**Продвинутый.** Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному (96 – 100).

## Паспорт зачета

по дисциплине «Радиоэлектроника», 6 семестр

### 1. Методика оценки

Зачет проводится в устной форме, по билетам и включает темы, изученные в течение семестра. Билет формируется по следующему правилу: первый вопрос выбирается из диапазона теоретических вопросов, второй вопрос из перечня задач (список теоретических вопросов приведен ниже). В ходе зачёта преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

### Форма билета для зачета

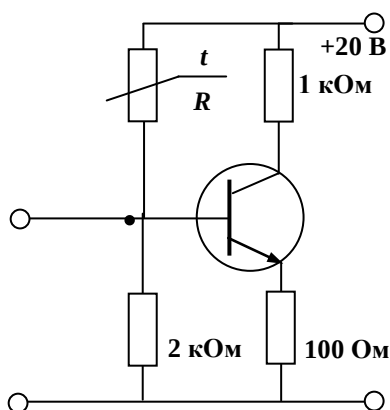
НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Факультет РЭФ

Билет № 5

к зачету по дисциплине «Радиоэлектроника»

1. Спектральный метод анализа. Условия прохождения сложного сигнала по линейной цепи без искажений. Теорема Котельникова.

2. Задача:



В схеме, показанной на рисунке, используется параметрическая стабилизация рабочей точки. Определить  $R(T_0)$  и его ТКС, если ток коллектора при изменении температуры остается постоянным,  $U_{БЭ}(T_0)=0.7$  В,  $\alpha=0.98$ ,  $I_3(T_0) = 13$  мА,  $\Delta U_{БЭ}/\Delta T = -2.0$  мВ/К. Оценки проводить в линейном приближении, пренебрегая зависимостями  $E_K$ ,  $R_b$ ,  $\alpha$  и  $I_{КБ0}$  от температуры.

Утверждаю: зав. кафедрой \_\_\_\_\_ должность, ФИО  
(подпись)  
(дата)

### 2. Критерии оценки

- Ответ на билет для зачета считается неудовлетворительным, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, не отвечает на дополнительные вопросы, оценка составляет 0 – 5 баллов.

- Ответ засчитывается на **пороговом** уровне, если в ответе на теоретический вопрос выделены основные положения, использовалась правильная терминология, при решении задачи выделены основные этапы, при ответе на дополнительные вопросы возникают затруднения. Оценка составляет 6 -10 балла.

- Ответ засчитывается на **базовом** уровне, если дан правильный ответ на теоретический вопрос билета, решена задача и даны правильные ответы на 70...85% дополнительных вопросов. Оценка составляет 11 – 18 баллов.

- Ответ засчитывается на продвинутом уровне, если дан правильный ответ на теоретический вопрос билета, решена задача и даны правильные ответы на дополнительные вопросы. Оценка составляет 19 – 20 баллов.

### 3. Шкала оценки

Оценка за зачёт составляет до 20% от общей оценки по дисциплине. До 80% итоговой оценки студент может набрать в семестре (см. условия БРС в Рабочей программе по дисциплине). Зачет считается сданным, если сумма баллов по всем заданиям билета оставляет не менее 6 баллов (из 20 возможных).

Общая оценка по дисциплине формируется из баллов, полученных на Зачёте и набранных студентом в семестре. Таблица соответствия баллов, традиционной оценки и буквенной оценки ECTS приведена ниже.

|         |       |       |       |        |       |       |       |                   |       |       |       |       |                     |      |
|---------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------------------|-------|-------|-------|-------|---------------------|------|
| 98-100  | 93-97 | 90-92 | 87-89 | 83-86  | 80-82 | 77-79 | 73-76 | 70-72             | 67-69 | 63-66 | 60-62 | 50-59 | 25-49               | 0-24 |
| A+      | A     | A-    | B+    | B      | B-    | C+    | C     | C-                | D+    | D     | D-    | E     | FX                  | F    |
| отлично |       |       |       | хорошо |       |       |       | удовлетворительно |       |       |       |       | неудовлетворительно |      |
| зачтено |       |       |       |        |       |       |       |                   |       |       |       |       | незачтено           |      |

Независимо от количества баллов, набранных в семестре, в случае получения на Зачёте оценки «неудовлетворительно», студент получает оценку «неудовлетворительно» по дисциплине в целом.

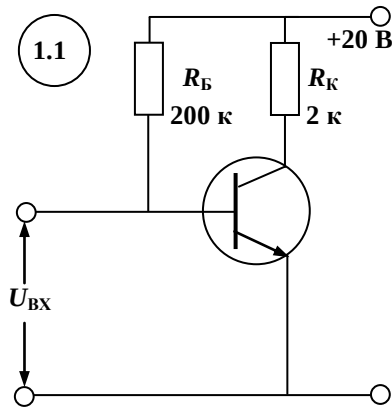
### 4. Вопросы к зачету по дисциплине «Радиоэлектроника»

**На зачет выносятся следующие темы:**

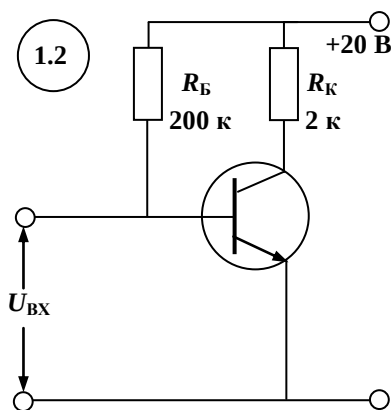
- 1) Элементы и характеристики электрической цепи.
- 2) Обобщенное уравнение электрической цепи. Классификация цепей.
- 3) Режимы работы усилительных каскадов.
- 4) Полевые транзисторы. Обозначения, основные характеристики и параметры.
- 5) Методы подачи смещения и стабилизации рабочей точки в усилителях на ПТ.
- 6) Анализ каскада с ОИ графическим методом.
- 7) Методы подачи смещения и стабилизации рабочей точки в каскадах на биполярных транзисторах (БТ). Параметрическая стабилизация.
- 8) Методы подачи смещения и стабилизации рабочей точки. Автоматическая стабилизация.
- 9) Анализ стабильности обобщенной схемы усилительного каскада на БТ.
- 10) Спектральный метод анализа. Условия прохождения сложного сигнала по линейной цепи без искажений. Теорема Котельникова.

- 11) Анализ во временной области. Анализ прохождения сигнала по линейной цепи с использованием импульсной характеристики.
- 12) Анализ во временной области. Анализ прохождения сигнала по линейной цепи с использованием переходной характеристики.
- 13) Преобразование Лапласа. Переходная характеристика интегрирующей RC-цепи.
- 14) Переходная характеристика LRC-цепи ( $U_{\text{вых}}$  снимается с R).
- 15) Формальная малосигнальная низкочастотная эквивалентная схема четырехполюсника.
- 16) Формальная малосигнальная низкочастотная эквивалентная схема полевого транзистора.
- 17) Анализ каскада с ОИ методом эквивалентных схем.
- 18) Анализ каскада с ОС методом эквивалентных схем.
- 19) Входная проводимость каскада с ОИ на высоких частотах
- 20) Биполярные транзисторы. Обозначения, режимы работы, основные характеристики и параметры. Малосигнальная НЧ эквивалентная схема БТ.
- 21) Анализ каскада с ОЭ методом эквивалентных схем.
- 22) Анализ каскада с ОК методом эквивалентных схем.
- 23) Усилители постоянного тока. Согласование уровней.
- 24) УПТ. Проблемы. Параметрическая стабилизация. Применение ООС.
- 25) УПТ. Дрейф нуля. Методы уменьшения дрейфа нуля. Балансные схемы, МДМ-схемы, схемы с периодической подстройкой нуля, термостабилизация.
- 26) Анализ работы и назначение элементов двухкаскадного ОУ.
- 27) Основные параметры ОУ.
- 28) Анализ основной инвертирующей схемы на ОУ.
- 29) Анализ основной неинвертирующей схемы на ОУ.
- 30) Нейтрализация токов смещения.
- 31) Суммирующая и вычитающая схемы на ОУ.
- 32) Логарифмирующая, интегрирующая и дифференцирующая схемы на ОУ.
- 33) Устройства сравнения на ОУ.
- 34) Модулятор и фазовращатель на ОУ.
- 35) Преобразователь напряжения в частоту на ОУ.
- 36) Измерительный усилитель на трех ОУ.
- 37) Диодный функциональный преобразователь на ОУ.
- 38) Источники тока для интегральных схем (ИС).
- 39) Входные каскады ОУ.
- 40) Схемы сдвига уровня для ОУ.
- 41) Выходные каскады ОУ.
- 42) Методы анализа нелинейных цепей. Метод аппроксимации полиномом. Метод ординат. Метод угла отсечки.

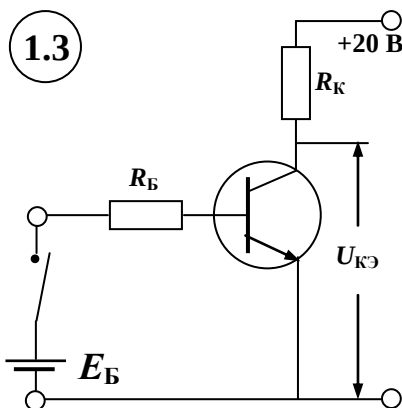
# Задачи к зачету по дисциплине «Радиоэлектроника»



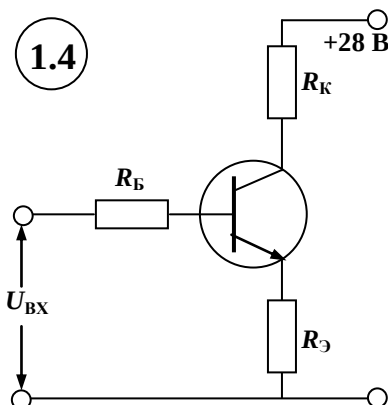
Транзистор с  $\beta = 50$  и  $I_{КБ0} = 10$  мкА при  $T_0 = 20$  С используется в схеме, изображенной на рисунке. Определите напряжение  $U_{КЭ}$  при  $T = 20$  и 40 С. Какой температурный коэффициент сопротивления  $\alpha$  должен был бы иметь терморезистор, включенный как  $R_B$ , чтобы при  $T = 20$  и 40 С ток коллектора остался неизменным? Принять, что при  $T_0$  напряжение  $U_{БЭ} = 0.1$  В.



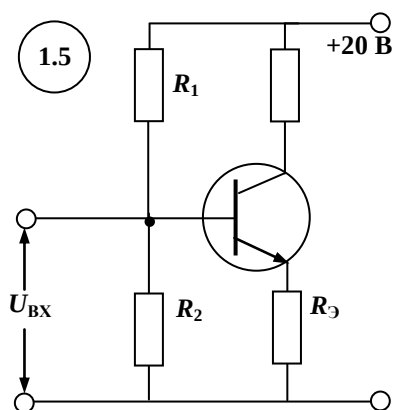
Транзистор с коэффициентом передачи тока базы  $\beta = 49$  используется в схеме, изображенной на рисунке. Определите напряжение  $U_{КЭ}$  при  $T = 50$  С, если обратный ток коллекторного перехода  $I_{КБ0} = 10$  мкА зависит от температуры по закону  $I_{КБ0}(T) = I_{КБ0}(T_0) \exp[0.08(T - T_0)]$ , где  $T_0 = 25$  С. Принять, что при  $T_0$  напряжение  $U_{БЭ} = 0.1$  В.



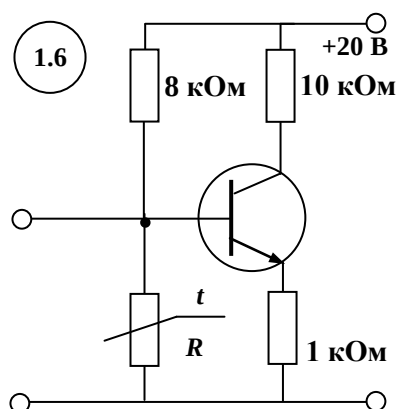
В схеме, изображенной на рис., используется транзистор с коэффициентом передачи тока базы  $\beta = 50$  и обратным током коллекторного перехода  $I_{КБ0} = 10$  мкА,  $R_B = 10$  кОм,  $E_B = 1$  В,  $R_K = 5$  кОм. Определите режим работы и напряжение  $U_{КЭ}$  транзистора при разомкнутом и замкнутом ключе, считая, что коэффициент  $\beta$  неизменен.



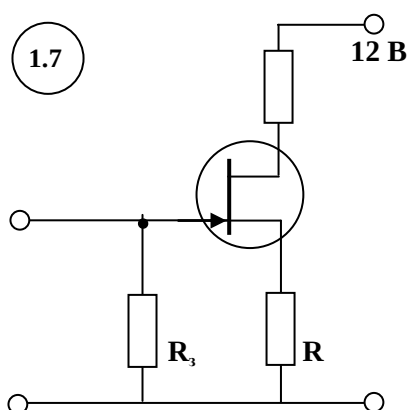
Определите, при каком минимальном входном напряжении транзистор будет работать в режиме насыщения, если  $R_B = 15$  кОм,  $R_Э = 1$  кОм,  $R_K = 2$  кОм,  $U_{БЭ} = 0.2$  В? Принять, что на границе режима насыщения  $\beta = 9$ .



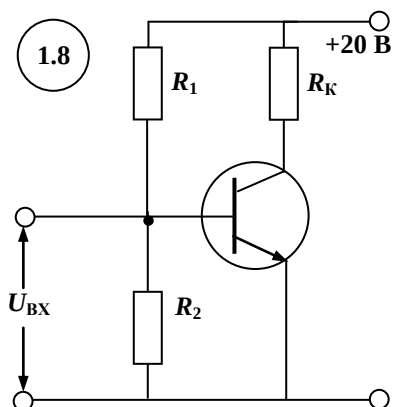
Для схемы, показанной на рисунке, определить изменение тока коллектора при изменении температуры на 20 С, если  $R_1=200\text{ кОм}$ ,  $R_2=8.6\text{ кОм}$ ,  $R_K=13\text{ кОм}$ ,  $R_E=200\text{ Ом}$ ,  $\beta(T_0)=100$ ,  $I_{КБ0}(T_0)=0.1\text{ мкА}$ ,  $\frac{\Delta\beta}{\Delta T}=0.005\beta(T_0)\text{ 1/К}$ . Считать, что  $E_K$  и  $R_i$  при изменении температуры не меняются, а  $U_{БЭ}(T_0)=0.6\text{ В}$ .



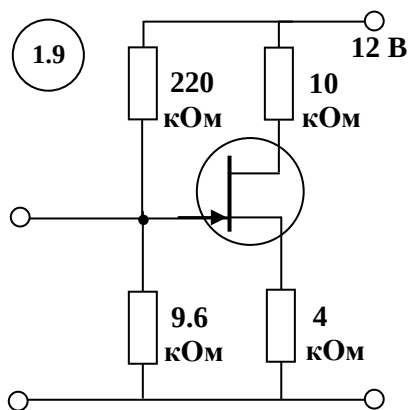
В схеме, показанной на рисунке, используется параметрическая стабилизация рабочей точки. Определить  $R(T_0)$  и его ТКС, если ток коллектора при изменении температуры остается постоянным,  $U_{БЭ}(T_0)=0.7\text{ В}$ ,  $\alpha=0.98$ ,  $I_E(T_0)=1.3\text{ мА}$ ,  $\frac{\Delta U_{БЭ}}{\Delta T}=-2.0\text{ мВ/К}$ . Оценки проводить в линейном приближении, пренебрегая зависимостями  $E_K$ ,  $R_i$ ,  $\alpha$  и  $I_{КБ0}$  от температуры.



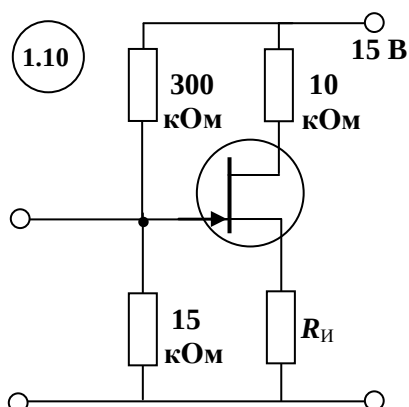
В схеме, показанной на рисунке, используется полевой транзистор с  $U_{отс} = -2\text{ В}$ . Определить  $R$ , и крутизну передаточной характеристики транзистора в рабочей точке. Принять, что в рабочей точке  $I_C=0.25\cdot I_{C.\text{max}}=1\text{ мА}$ .



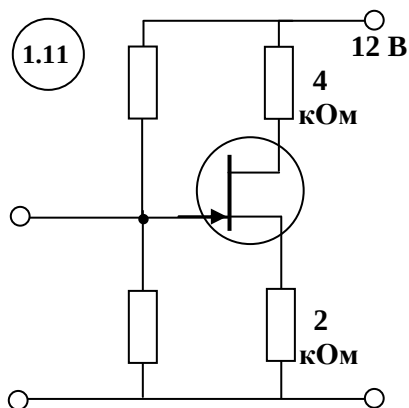
Для схемы, показанной на рисунке, определить изменение тока коллектора при изменении температуры на 20 С, если  $R_1=180\text{ кОм}$ ,  $R_2=7.2\text{ кОм}$ ,  $\beta(T_0)=100$ ,  $I_{КБ0}(T_0)=2\text{ мкА}$ ,  $\frac{\Delta\beta}{\Delta T}=0.5\text{ 1/К}$ . Считать, что  $E_K$  и  $R_i$  при изменении температуры не меняются, а  $U_{БЭ}(T_0)=0.3\text{ В}$ .



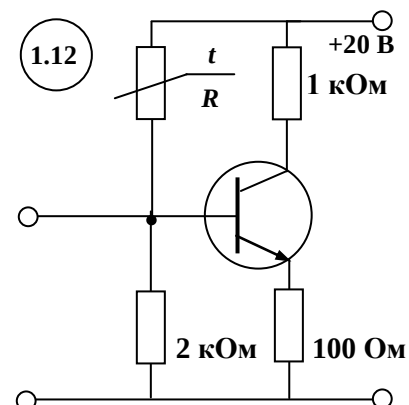
В схеме, показанной на рисунке, используется полевой транзистор с  $I_{C.\max} = 1$  мА и  $U_{отс} = -4$  В. Определить  $U_{СИ}$  и крутизну передаточной характеристики транзистора в рабочей точке.



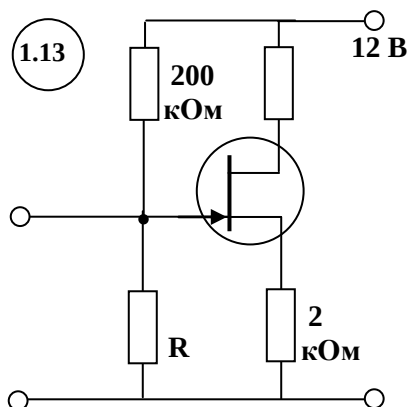
В схеме, показанной на рисунке, в рабочей точке  $|U_{ЗИ}| = 2$  В и ток стока  $I_C = 0.25 \cdot I_{C.\max} = 1$  мА. Определить напряжение  $U_{СИ}$  и крутизну передаточной характеристики транзистора в рабочей точке. Считать, что транзистор работает в пологой области.



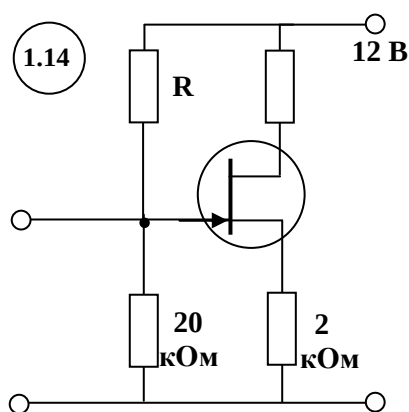
В схеме, показанной на рисунке, используется полевой транзистор с  $U_{отс} = -2$  В. Определить напряжения  $U_{ЗИ}$ ,  $U_{СИ}$ , и крутизну передаточной характеристики транзистора в рабочей точке, если в рабочей точке  $I_C = 0.36 \cdot I_{C.\max} = 1$  мА.



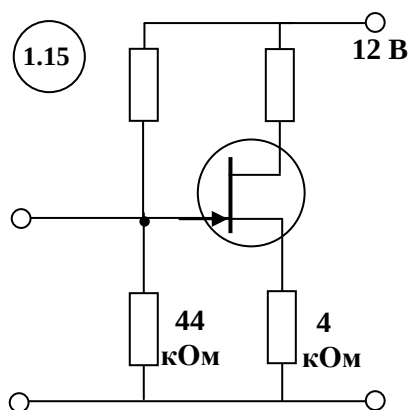
В схеме, показанной на рисунке, используется параметрическая стабилизация рабочей точки. Определить  $R(T_0)$  и его ТКС, если ток коллектора при изменении температуры остается постоянным,  $U_{БЭ}(T_0) = 0.7$  В,  $\alpha = 0.98$ ,  $I_3(T_0) = 13$  мА,  $\frac{\Delta U_{БЭ}}{\Delta T} = -2.0$  мВ/К. Оценки проводить в линейном приближении, пренебрегая зависимостями  $E_K$ ,  $R_i$ ,  $\alpha$  и  $I_{КБ0}$  от температуры.



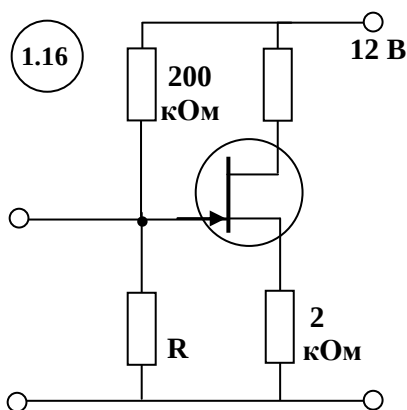
В схеме, показанной на рисунке, используется полевой транзистор с  $U_{отс} = -2$  В. Определить  $R$  и крутизну передаточной характеристики  $S$  в рабочей точке, если в рабочей точке  $I_C = 0.25 \cdot I_{C.max} = 1$  мА.



В схеме, показанной на рисунке, используется полевой транзистор с  $U_{отс} = -2$  В. Определить  $R$  и крутизну передаточной характеристики  $S$  в рабочей точке, если в рабочей точке  $I_C = 0.36 \cdot I_{C.max} = 1$  мА.



В схеме, показанной на рисунке, используется полевой транзистор с  $U_{отс} = -2$  В. Определить  $I_{C.max}$ ,  $U_{зи}$  и крутизну передаточной характеристики  $S$  в рабочей точке, если в рабочей точке  $I_C = 0.36 \cdot I_{C.max} = 1$  мА.



В схеме, показанной на рисунке, используется полевой транзистор с  $U_{отс} = -2$  В. Определить  $R$  и крутизну передаточной характеристики  $S$  в рабочей точке, если в рабочей точке  $I_C = 0.25 \cdot I_{C.max} = 1$  мА.



## Паспорт контрольной работы

по дисциплине «Радиоэлектроника», 6 семестр

### 1. Методика оценки

Контрольная работа включает 1 задание и проводится по следующим темам:

- Режимы работы усилительных каскадов.
- Полевые транзисторы. Обозначения, основные характеристики и параметры.
- Методы подачи смещения и стабилизации рабочей точки в усилителях на ПТ.
- Методы подачи смещения и стабилизации рабочей точки. Автоматическая стабилизация.
- Методы подачи смещения и стабилизации рабочей точки в каскадах на биполярных транзисторах (БТ). Параметрическая стабилизация.

Контрольная работа выполняется в письменном виде. Сдаётся до конца 17 недели текущего семестра на кафедру ППиМЭ.

Контрольная работа структурно должна содержать условие задачи, схему, общее решение задачи и числовую оценку необходимых параметров.

### 2. Критерии оценки

Контрольная работа оценивается в соответствии с приведенными ниже критериями.

Контрольная работа считается **невыполненной**, если обнаруживается существенное непонимание проблемы, в расчётах допущены принципиальные ошибки. Оценка составляет  $\leq 2$  баллов.

Контрольная работа выполнена на пороговом уровне, если в расчётах допущены не принципиальные ошибки, отсутствует обоснование сделанных допущений. Оценка составляет 3 – 5 балла.

Контрольная работа выполнена на базовом уровне, если в расчётах допущены не принципиальные ошибки, допущения обоснованы. Оценка составляет 6–9 баллов.

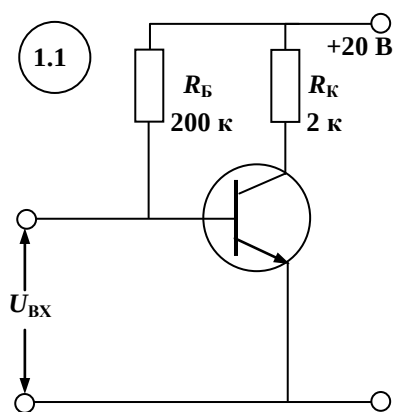
Контрольная работа считается выполненной на продвинутом уровне, если работа выполнена в полном объёме, расчёты не содержат ошибок. Оценка составляет 10 баллов.

### 3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за контрольную работу учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

Максимальное количество баллов, получаемых по данному виду работ – 10, минимальное – 3. Успешное выполнение КР является обязательным условием для допуска к зачёту.

### 4. Пример варианта контрольной работы



Транзистор с  $\beta = 50$  и  $I_{КБО} = 10 \text{ мкА}$  при  $T_0 = 20 \text{ С}$  используется в схеме, изображенной на рисунке. Определите напряжение  $U_{КЭ}$  при  $T = 20$  и  $40 \text{ С}$ . Какой температурный коэффициент сопротивления  $\alpha$  должен был бы иметь терморезистор, включенный как  $R_B$ , чтобы при  $T = 20$  и  $40 \text{ С}$  ток коллектора остался неизменным? Принять, что при  $T_0$  напряжение  $U_{БЭ} = 0.1 \text{ В}$ .

## Паспорт расчетно-графического задания

по дисциплине «Радиоэлектроника», 6 семестр

### 1. Методика оценки

В рамках расчетно-графического задания по дисциплине студенты должны рассчитать и построить зависимости выходного напряжения от времени для усилительного каскада в соответствии с исходными данными и получить выражение для коэффициентов передачи схемы на операционном усилителе в соответствии с исходными данными.

Обязательные структурные части РГЗ.

- Введение
- Основная часть
- Выводы и заключение
- Список литературы

РГЗ сдаётся в напечатанном виде, с оформленным по правилам титульным листом (см. Приложение), и оформленным по ГОСТ 7.32-2001 списком использованной литературы.

Оформление: книжная ориентация, формат страницы – А4, поля: верхнее, нижнее – 2 см., левое – 3 см., правое – 1,5 см. Межстрочный интервал – 1,5, автоматическая расстановка переносов, шрифт – 14, Times New Roman.

### Оцениваемые позиции:

### 2. Критерии оценки

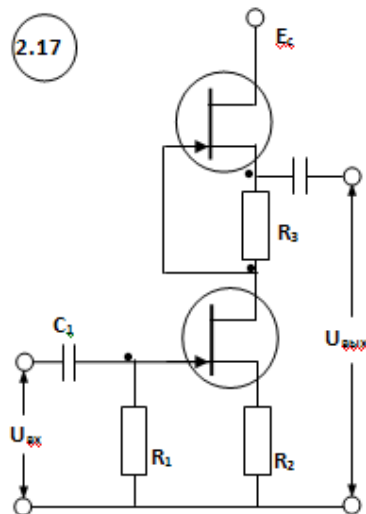
- Работа считается **не выполненной**, если уровень её выполнения работы не отвечает большинству основных требований, выбранная тема не раскрыта, обнаруживается существенное непонимание проблемы, используются «несовременные» литературные источники, в расчётах допущены принципиальные ошибки. Оценка составляет <14 баллов.
- Работа считается выполненной **на пороговом уровне**, если в расчётах и при построении допущены непринципиальные ошибки, отсутствуют, необоснованны или некорректно сформулированы выводы и заключение, оценка составляет 14–16 баллов.
- Работа считается выполненной **на базовом уровне**, если в расчётах и при построении допущены непринципиальные ошибки, оценка составляет 17–19 баллов.
- Работа считается выполненной **на продвинутом уровне**, если работа выполнена в полном объёме, расчёты и построение не содержат ошибок, сделаны обоснованные выводы и заключение, оценка составляет 20 баллов.

### 3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за РГЗ учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины. Максимальное количество баллов, получаемых по данному виду работ – 20, минимальное – 14. Успешная защита РГЗ является обязательным условием для допуска к зачёту.

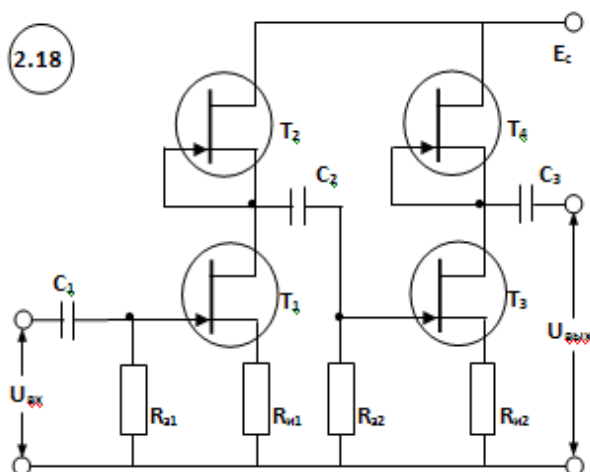
#### 4. Примерный перечень тем РГЗ

Вариант 1.



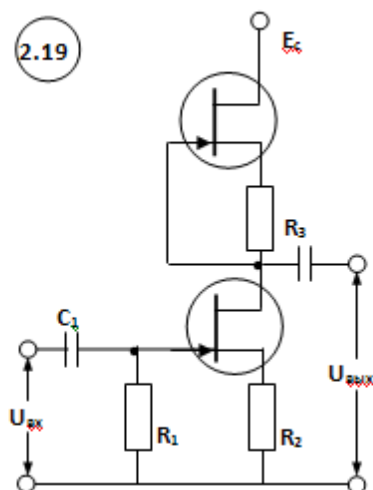
Рассчитайте коэффициент усиления по напряжению  $K_u$  каскада с ОИ, если в схеме используются полевые транзисторы с  $|U_{отс}| = 2 \text{ В}$ ,  $I_{c.\max} = 2 \text{ мА}$  и  $r_c = 20 \text{ кОм}$ .  $R_3 = 0.5 \text{ кОм}$ ,  $R_2 = 0.5 \text{ кОм}$ ,  $R_1 = 2 \text{ МОм}$ .

Вариант 2.



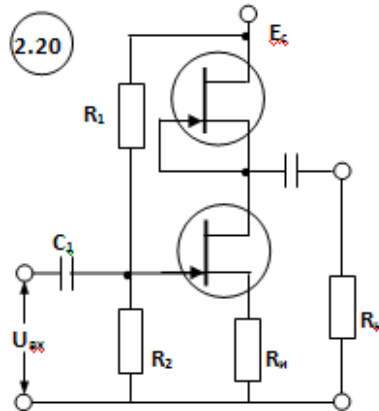
Рассчитайте коэффициент усиления по напряжению  $K_u$  усилительного каскада, если в схеме используются полевые транзисторы с  $U_{отс1} = U_{отс3} = -2 \text{ В}$ ,  $I_{c.\max1} = I_{c.\max3} = 4 \text{ мА}$ ,  $r_{c1} = r_{c3} = 40 \text{ кОм}$ ,  $U_{отс2} = U_{отс4} = -0.5 \text{ В}$ ,  $I_{c.\max2} = I_{c.\max4} = 1 \text{ мА}$ ,  $r_{c2} = r_{c4} = 20 \text{ кОм}$ .  $R_{з1} = 1 \text{ МОм}$ ,  $R_{з2} = 2 \text{ МОм}$ ,  $R_{и1} = R_{и2} = 1 \text{ кОм}$ .

Вариант 3.



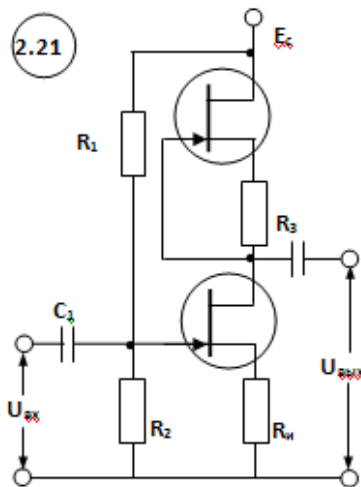
Рассчитайте коэффициент усиления по напряжению  $K_u$  каскада с ОИ, если в схеме используются полевые транзисторы с  $|U_{отс}| = 2 \text{ В}$ ,  $I_{c.\max} = 2 \text{ мА}$  и  $r_c = 20 \text{ кОм}$ .  $R_3 = 1 \text{ кОм}$ ,  $R_2 = 1 \text{ кОм}$ ,  $R_1 = 1 \text{ МОм}$ .

Вариант 4.



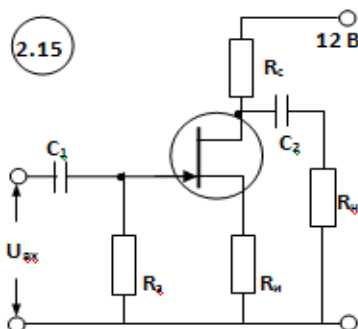
Рассчитайте коэффициент усиления по напряжению  $K_u$  каскада с ОИ, если в схеме используются полевые транзисторы с  $|U_{\text{зтс}}| = 2 \text{ В}$ ,  $I_{\text{с.макс}} = 5 \text{ мА}$  и  $r_{\text{с}} = 30 \text{ кОм}$ .  $R_1 = 100 \text{ кОм}$ ,  $R_2 = 10 \text{ кОм}$ ,  $R_3 = 0.2 \text{ кОм}$ ,  $R_4 = 30 \text{ кОм}$ ,  $E_c = 11 \text{ В}$ .

Вариант 5.

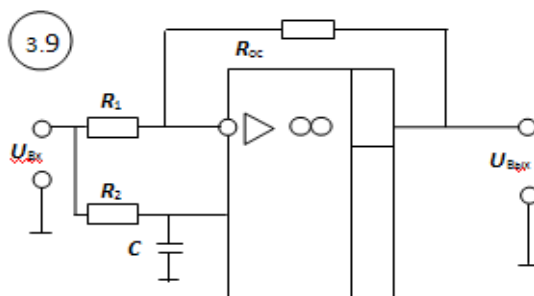


Рассчитайте коэффициент усиления по напряжению  $K_u$  каскада с ОИ, если в схеме используются полевые транзисторы с  $|U_{\text{зтс}}| = 2 \text{ В}$ ,  $I_{\text{с.макс}} = 2.1 \text{ мА}$  и  $r_{\text{с}} = 20 \text{ кОм}$ .  $R_1 = 100 \text{ кОм}$ ,  $R_2 = 10 \text{ кОм}$ ,  $R_3 = 275 \text{ Ом}$ ,  $R_4 = 1 \text{ кОм}$ ,  $E_c = 11 \text{ В}$ .

Вариант 6.



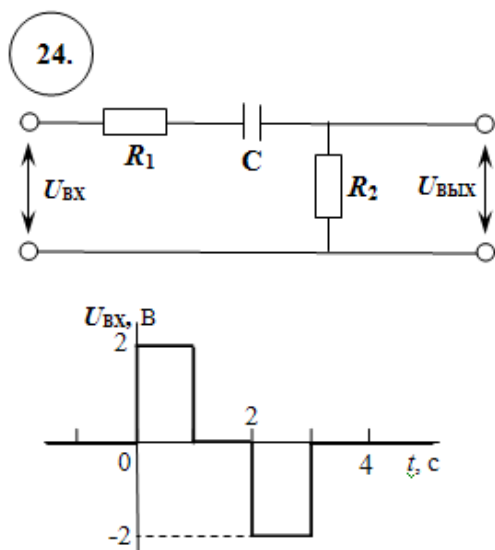
Рассчитайте коэффициент усиления по напряжению  $K_u$  каскада с ОИ, если в схеме используется полевой транзистор с  $|U_{\text{зтс}}| = 2 \text{ В}$ ,  $I_{\text{с.макс}} = 1 \text{ мА}$  и  $r_{\text{с}} = 50 \text{ кОм}$ .  $R_c = 5 \text{ кОм}$ ,  $R_4 = 10 \text{ кОм}$ ,  $R_2 = 1 \text{ кОм}$  и



Получите выражение для коэффициента передачи гармонического напряжения.

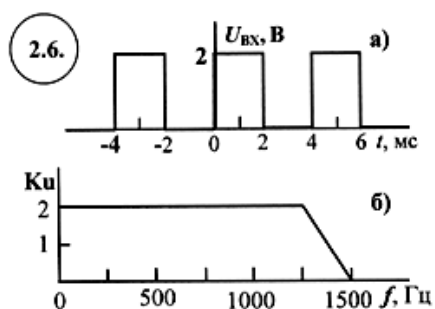
Принять, что операционный усилитель можно считать идеальным, а  $R_1 = R_{\text{оц}}$ .

Вариант 7.

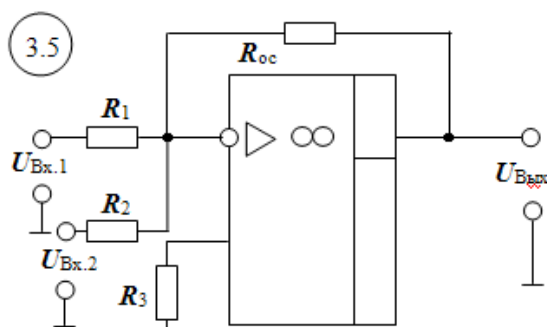
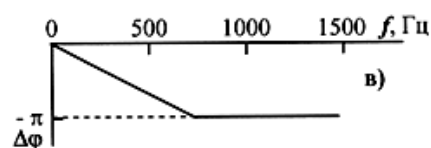


Получите выражение для переходной характеристики цепи, показанной на рисунке. Постройте зависимость выходного напряжения от времени, если  $R_1 = 10 \text{ кОм}$ ,  $R_2 = 10 \text{ кОм}$ ,  $C = 100 \text{ мкФ}$ . Входной сигнал имеет вид, показанный на рисунке. Построение выполнить для  $-1 < t < 5 \text{ с}$ .

Вариант 8.

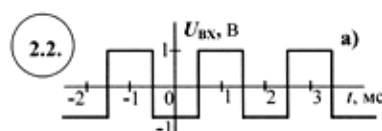


Рассчитайте и постройте зависимость выходного напряжения от времени для схемы, АЧХ и ФЧХ ( $\Delta\phi = \phi_{вых} - \phi_{вх}$ ) которой показаны на рис. б и в, если входной сигнал имеет вид, показанный на рис. а.

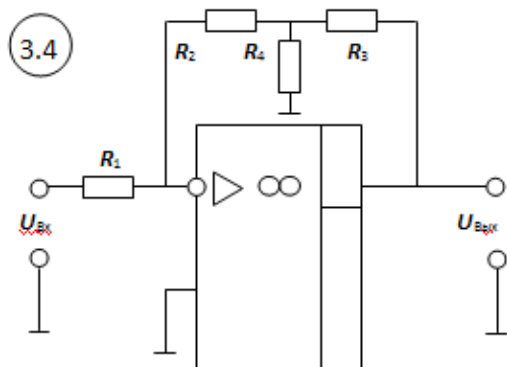
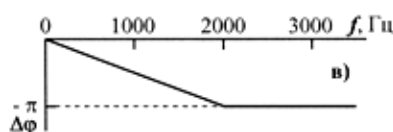
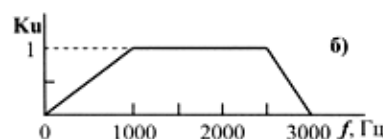


Какого номинала должен быть резистор  $R_3$ , чтобы при  $U_{вх.1} = U_{вх.2} = 0$   $U_{вых} = 0$ , если  $R_1 = 5 \text{ кОм}$ ,  $R_2 = 10 \text{ кОм}$ ,  $R_4 = 33 \text{ кОм}$ ?

Вариант 9.



Рассчитайте и постройте зависимость выходного напряжения от времени для схемы, АЧХ и ФЧХ (Δφ=φ<sub>вых</sub> - φ<sub>вх</sub>) которой показаны на рис. б и в, если входной сигнал имеет вид, показанный на рис. а.

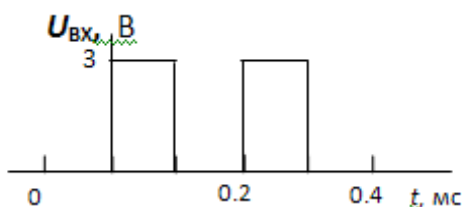


Получите выражение для коэффициента усиления напряжения.

Принять, что операционный усилитель можно считать идеальным.

Вариант 10.

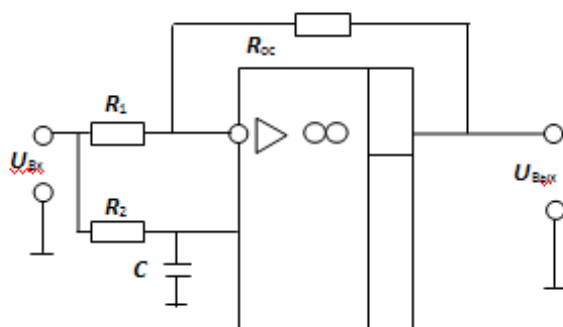
33.



Рассчитайте и постройте зависимость выходного напряжения от времени для усилительного каскада, переходная характеристика которого описывается выражением

$$h_1(t) = -2 \left[ \exp\left(\frac{-t}{\tau_0}\right) - \exp\left(\frac{-t}{\tau_1}\right) \right],$$

где  $\tau_0 = 10 \text{ мкс}$ , а  $\tau_1 = 1 \text{ мкс}$ . Зависимость  $U_{\text{вх}}(t)$  показана на рисунке. Построение выполнить для  $-0.1 \leq t \leq 0.8 \text{ мс}$ .

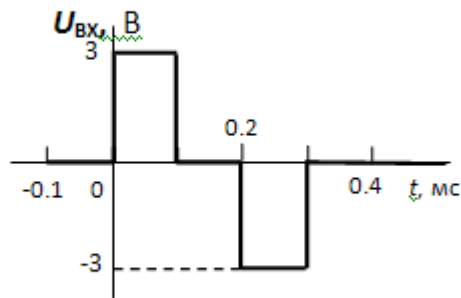


Получите выражение для коэффициента передачи гармонического напряжения.

Принять, что операционный усилитель можно считать идеальным, а  $R_1 = R_{\text{ос}}$ .

Вариант 11.

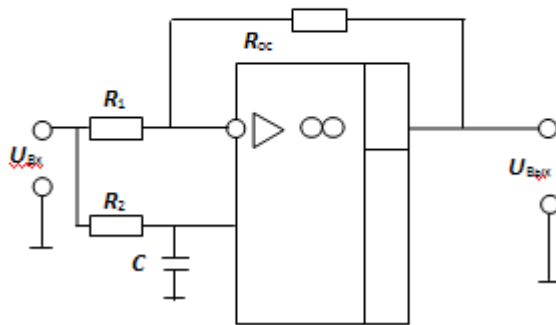
34.



Рассчитайте и постройте зависимость выходного напряжения от времени для усилительного каскада, переходная характеристика которого описывается выражением

$$h_1(t) = -2 \left[ \exp\left(\frac{-t}{\tau_0}\right) - \exp\left(\frac{-t}{\tau_1}\right) \right],$$

где  $\tau_0 = 10 \text{ мкс}$ , а  $\tau_1 = 1 \text{ мкс}$ . Зависимость  $U_{BX}(t)$  показана на рисунке. Построение выполнить для  $-0.1 \leq t \leq 0.8 \text{ мс}$ .

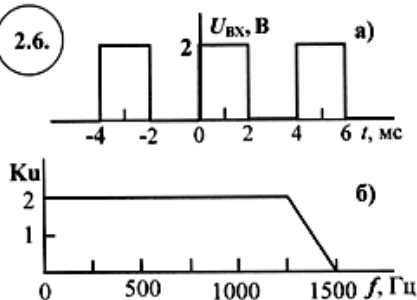


Получите выражение для коэффициента передачи гармонического напряжения.

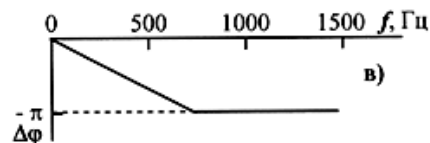
Принять, что операционный усилитель можно считать идеальным.

Вариант 12.

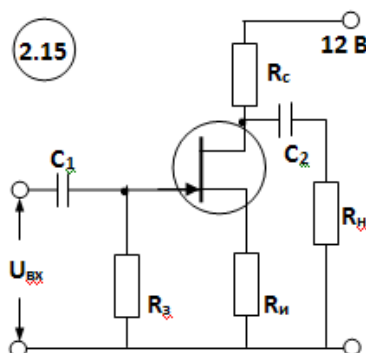
2.6.



Рассчитайте и постройте зависимость выходного напряжения от времени для схемы, АЧХ и ФЧХ (Δφ = φ<sub>вых</sub> - φ<sub>вх</sub>) которой показаны на рис. б и в, если входной сигнал имеет вид, показанный на рис. а.



2.15



Рассчитайте коэффициент усиления по напряжению  $K_u$  каскада с ОИ, если в схеме используется полевой транзистор с  $|U_{отс}| = 2 \text{ В}$ ,  $I_{C, \max} = 1 \text{ мА}$  и  $r_c = 50 \text{ кОм}$ .  $R_c = 5 \text{ кОм}$ ,  $R_n = 10 \text{ кОм}$ ,  $R_i = 1 \text{ кОм}$  и  $R_3 = 100 \text{ кОм}$ .

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

ФАКУЛЬТЕТ РАДИОТЕХНИКИ И ЭЛЕКТРОНИКИ  
Кафедра ППиМЭ

**РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ**

Дисциплина «Радиоэлектроника»

**Выполнил:**

Студент

Факультет

Направление  
(специальность)

подготовки

Группа

Шифр

*Фамилия И.О.*

*Аббревиатура*

*Номер группы*

*Номер зач. книжки*

**Проверил:**

Преподаватель

Балл: \_\_\_\_\_

Оценка *(зачтено)* \_\_\_\_\_

*Фамилия И.О.,*

*уч. степень, уч. звание*

подпись

Дата сдачи: «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

подпись

Дата защиты: «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Новосибирск 20\_\_



