

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
Твердотельная электроника

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

Компетенция ФГОС: ОПК.3 способность решать задачи анализа и расчета характеристик электрических цепей; в части следующих результатов обучения:	
з2. Знать элементную базу аналоговой и цифровой техники, принцип действия и методы расчета элементов аналоговых и цифровых интегральных схем	
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:	
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
<i>Твердотельная электроника</i>	
ПК.1.з15 Знать физические принципы работы, физическую структуру, основы технологии изготовления и принципы построения интегральных микросхем и функциональных элементов	
1.Знать физические принципы работы, физическую структуру, основные принципы построения интегральных микросхем	Лекции; Самостоятельная работа
ПК.1.у10 Уметь осуществлять выбор элементной базы аналоговых и цифровых интегральных схем и технологии их изготовления в зависимости от требований к электрическим характеристикам	
2.Уметь осуществлять выбор элементной базы электронных схем в зависимости от требований к электрическим характеристикам	Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК.1.у13 Уметь синтезировать аналоговые и цифровые устройства на основе данных об их функциональном назначении, электрических параметрах и условиях эксплуатации	
3.Уметь синтезировать электронные устройства на основе данных об их функциональном назначении, электрических параметрах и условиях эксплуатации	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ОПК.3.з2 Знать элементную базу аналоговой и цифровой техники, принцип действия и методы расчета элементов аналоговых и цифровых интегральных схем	
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
Семестр: 6				
Дидактическая единица: Характеристики, параметры и эквивалентные схемы транзисторов				

1. Введение. Цели и задачи дисциплины. Роль твердотельной электроники в технике и научных исследованиях. Элементы и характеристики электрической цепи.	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	4	4, 5	Студент получает основные знания по данной теме. лекция сопровождается мультимедийной презентацией.
3. Статические характеристики, параметры и малосигнальные эк-вивалентные схемы полевых транзисторов с управляющим р-п переходом и изолированным затвором.	0	2	4, 5	Студент получает основные знания по данной теме
Дидактическая единица: Элементы общей теории усилителей				
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.	0	4	4, 5	Студент получает основные теоретические сведения общей теории усилителей
Дидактическая единица: Методы анализа электронных схем				
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
Дидактическая единица: Усилители с непосредственной связью				

6. Особенности схемотехники усилителей с непосредственной связью. Согласование уровней. Дрейф нуля и методы его уменьшения. Назначение элементов, принцип работы и анализ дифференциального усилителя.	0	4	1	Студент знакомится с особенностями схемотехники усилителей с непосредственной связью. Просматривает мультимедийную презентацию
Дидактическая единица: Схемотехника интегральных схем				
7. 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. Тепловая обратная связь. Структура и сравнительные характеристики трех- и двухкаскадного ОУ.	0	5	1, 4	Знакомится со схемотехникой аналоговых интегральных схем
Дидактическая единица: Применение операционных усилителей				
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 твердотельной электроники	0	1	1, 4	студент знакомится с перспективными направлениями развития твердотельной электроники

Таблица 3.2

Темы лабораторных работ	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 6				
Дидактическая единица: Элементы общей теории усилителей				

2. Схемы смещения в усилителях на биполярных транзисторах. Стабилизация режима	0	4	3	Выполняет задания лабораторной работы под руководством преподавателя
Дидактическая единица: Методы анализа электронных схем				
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
Дидактическая единица: Схемотехника интегральных схем				
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
Семестр: 6				
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: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000209794 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				
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: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000209794 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				
3	Подготовка к занятиям	1, 2, 3, 4, 5	2	0

Студент самостоятельно изучает литературные источники, выполняет домашнее задание:
 Твёрдотельная электроника : методическое руководство к лабораторному практикуму для РЭФ направления 210100 "Электроника и микроэлектроника" и специальности 210300 "Бытовая РЭА" по дисциплинам "Твёрдотельная электроника" и "Электроника" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. Д. Бялик, Е. А. Макаров, Н. В. Усольцев]. - Новосибирск, 2006. - 59, [1] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000052060 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 Твёрдотельная 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

4	Подготовка к аттестации	1, 2, 3, 4, 5	5	2
---	-------------------------	---------------	---	---

Студент повторяют материал, изученный на лекциях и закреплённый на практиках и темы, предназначенные для самостоятельного изучения.: Твёрдотельная электроника : методическое руководство к лабораторному практикуму для РЭФ направления 210100 "Электроника и микроэлектроника" и специальности 210300 "Бытовая РЭА" по дисциплинам "Твёрдотельная электроника" и "Электроника" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. Д. Бялик, Е. А. Макаров, Н. В. Усольцев]. - Новосибирск, 2006. - 59, [1] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000052060 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 Твёрдотельная 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

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 выставить 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
Семестр: 6		
Дополнительная учебная деятельность:	0	

<i>Лабораторная:</i>	27	40
Контролирующие материалы приводятся в "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 "		
<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
ОПК.3	з2. Знать элементную базу аналоговой и цифровой техники, принцип действия и методы расчета элементов аналоговых и цифровых интегральных схем		+	+	+
ПК.1	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. 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
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. 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

Дополнительная литература

1. 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.
2. Гутников В. С. Интегральная электроника в измерительных устройствах. - Л., 1988. - 303 с. : ил.
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. 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

6. 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.

7. 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 "Znaniy.com" : <http://znaniy.com/>

5. :

8. Методическое и программное обеспечение

8.1 Методическое обеспечение

1. 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

2. Твердотельная электроника : методическое руководство к лабораторному практикуму для РЭФ направления 210100 "Электроника и микроэлектроника" и специальности 210300 "Бытовая РЭА" по дисциплинам "Твердотельная электроника" и "Электроника" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. Д. Бялик, Е. А. Макаров, Н. В. Усольцев]. - Новосибирск, 2006. - 59, [1] с. : ил. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000052060

3. 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

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 лекциях

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. Хрусталеv
“ ” г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Твердотельная электроника

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 **Твердотельная электроника** 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. Цели и задачи дисциплины. Роль твердотельной электроники в технике и научных исследованиях. Элементы и характеристики электрической цепи. 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. 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 - 25.

		Перспективы и основные направления развития твердотельной электроники. 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. Структура и сравнительные характеристики трех- и двухкаскадного ОУ.		
ПК.1/НИ способность 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. Перспективы и основные направления развития твердотельной электроники. 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. 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, все вопросы.

		Структура и сравнительные характеристики трех- и двухкаскадного ОУ.		
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 6 – 11, 20, 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. Элементы аналоговых интегральных схем.	Отчеты по всем лабораторным работам, РГЗ, все разделы	Зачет, вопросы 3 – 11, 20 - 33.

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. 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 «Твердотельная электроника», 6 семестр

1. Методика оценки

Зачет проводится в письменной форме, по билетам. Билет формируется по следующему правилу: первый вопрос выбирается из вопросов к зачету (список вопросов приведен ниже), второй вопрос – задача (список задач приведен ниже). В ходе зачета преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

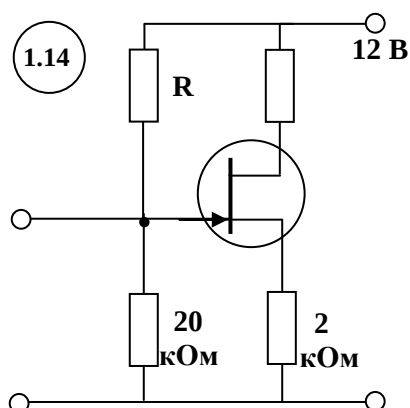
Форма билета для зачета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет РЭФ

Билет № 1

к зачету по дисциплине «Твердотельная электроника»

1. Вопрос. Преобразователь напряжения в частоту на ОУ. Принципиальная схема, принцип работы, основные характеристики.
2. Задача. 1.14.



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.

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

2. Критерии оценки

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

- Ответ на билет для зачета засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на теоретический вопрос приводит принципиальную схему, может пояснить назначение элементов, затрудняется пояснить работу схемы, при решении задачи допускает непринципиальные ошибки, например, вычислительные, не может ответить на дополнительные вопросы, оценка составляет 6 -10 баллов.
- Ответ на билет для зачета засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на теоретический вопрос приводит принципиальную схему, может пояснить назначение элементов и требования к ним, поясняет работу схемы, не допускает ошибок при решении задачи, испытывает затруднения при ответе на дополнительные вопросы. Оценка составляет 11 – 18 баллов.
- Ответ засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент правильно и полностью раскрывает теоретический вопрос, корректно решает задачу и правильно отвечает 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	

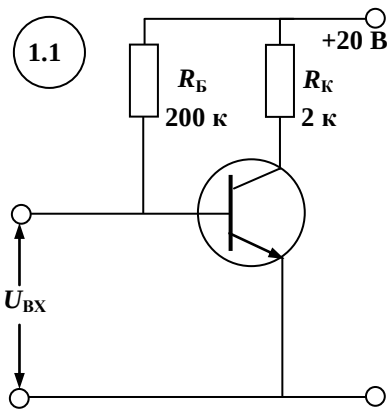
Независимо от количества баллов, набранных в семестре, в случае получения на Зачёте оценки «неудовлетворительно», студент получает оценку «неудовлетворительно» по дисциплине в целом.

4. Вопросы к зачету по дисциплине «Твердотельная электроника»

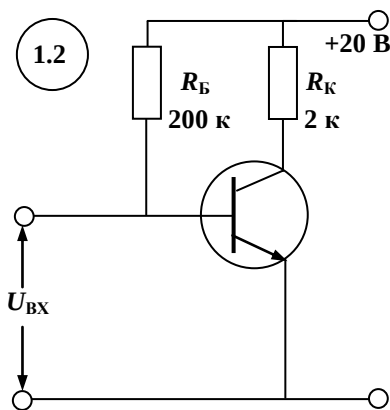
1. Элементы и характеристики электрической цепи.
2. Обобщенное уравнение электрической цепи. Классификация цепей.
3. Режимы работы усилительных каскадов.
4. Полевые транзисторы. Обозначения, основные характеристики и параметры.
5. Методы подачи смещения и стабилизации рабочей точки в усилителях на ПТ.
6. Анализ каскада с ОИ графическим методом (по постоянному току).
7. Анализ каскада с ОИ графическим методом (по переменному току).
8. Биполярные транзисторы. Обозначения, режимы работы, основные характеристики и параметры, распределение носителей в базе, малосигнальная НЧ эквивалентная схема БТ.
9. Методы подачи смещения и стабилизации рабочей точки в каскадах на биполярных транзисторах (БТ). Параметрическая стабилизация.
10. Методы подачи смещения и стабилизации рабочей точки. Автоматическая стабилизация.
11. Анализ стабильности обобщенной схемы усилительного каскада на БТ.

12. Спектральный метод анализа. Условия прохождения сложного сигнала по линейной цепи без искажений. Теорема Котельникова.
13. Переходная и импульсная характеристики цепи. Определение реакции схемы с использованием импульсной характеристики.
14. Переходная и импульсная характеристики цепи. Определение реакции схемы с использованием переходной характеристики.
15. Переходная характеристика интегрирующей RC-цепи.
16. Переходная характеристика LRC-цепи ($U_{\text{вых}}$ снимается с R).
17. Нули и полюсы передаточных функций.
18. Метод эквивалентных схем. Формальная малосигнальная низкочастотная эквивалентная схема четырехполосника.
19. Метод эквивалентных схем. Формальная малосигнальная низкочастотная эквивалентная схема полевого транзистора.
20. Анализ каскада с ОИ методом эквивалентных схем.
21. Анализ каскада с ОС методом эквивалентных схем.
22. Входная проводимость каскада с ОИ на высоких частотах.
23. Анализ каскада с ОЭ методом эквивалентных схем.
24. Анализ каскада с ОК методом эквивалентных схем.
25. Основные параметры ОУ.
26. Анализ основной инвертирующей схемы на ОУ.
27. Анализ основной неинвертирующей схемы на ОУ.
28. Нейтрализация токов смещения.
29. Суммирующая и вычитающая схемы на ОУ.
30. Логарифмирующая, интегрирующая и дифференцирующая схемы на ОУ.
31. Устройства сравнения на ОУ.
32. Модулятор и фазовращатель на ОУ. Принципиальная схема, принцип работы, основные характеристики.
33. Преобразователь напряжения в частоту на ОУ. Принципиальная схема, принцип работы, основные характеристики.

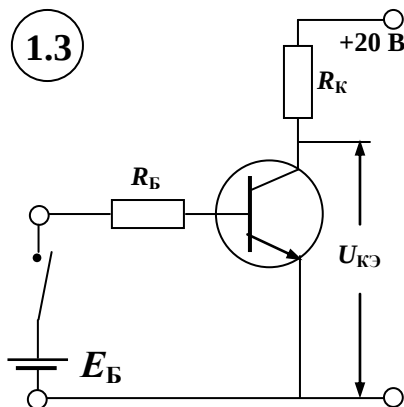
Задачи к зачету по дисциплине «Твердотельная электроника»



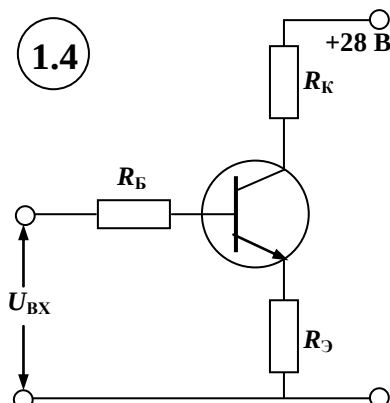
Транзистор с $\beta = 50$ и $I_{КБ0} = 10$ мкА при $T_0 = 20$ С используется в схеме, изображенной на рисунке. Определите напряжение $U_{КЭ}$ при $T = 20$ и 40 С. Какой температурный коэффициент сопротивления α должен был бы иметь терморезистор, включенный как R_B , чтобы при $T = 20$ и 40 С ток коллектора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



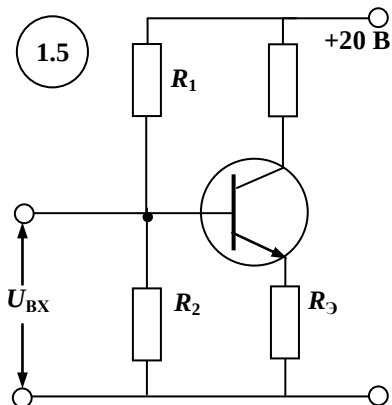
Транзистор с коэффициентом передачи тока базы $\beta = 49$ используется в схеме, изображенной на рисунке. Определите напряжение $U_{КЭ}$ при $T = 50$ С, если обратный ток коллекторного перехода $I_{КБ0} = 10$ мкА зависит от температуры по закону $I_{КБ0}(T) = I_{КБ0}(T_0) \exp[0.08(T - T_0)]$, где $T_0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



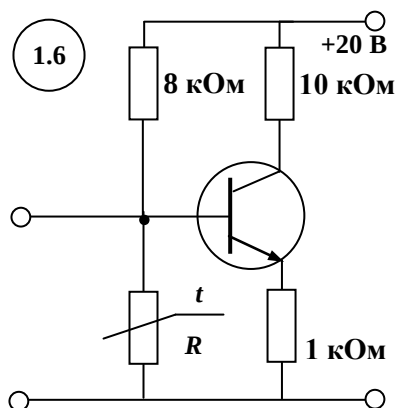
В схеме, изображенной на рис., используется транзистор с коэффициентом передачи тока базы $\beta = 50$ и обратным током коллекторного перехода $I_{КБ0} = 10$ мкА, $R_B = 10$ кОм, $E_B = 1$ В, $R_K = 5$ кОм. Определите режим работы и напряжение $U_{КЭ}$ транзистора при разомкнутом и замкнутом ключе, считая,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



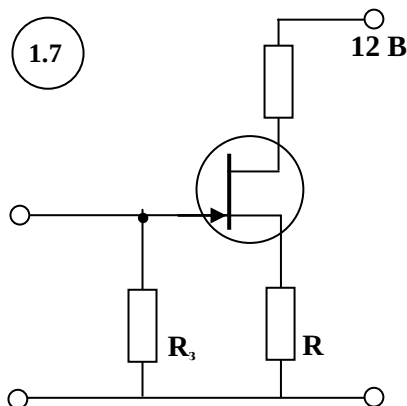
Определите, при каком минимальном входном напряжении транзистор будет работать в режиме насыщения, если $R_B = 15$ кОм, $R_Э = 1$ кОм, $R_K = 2$ кОм, $U_{БЭ} = 0.2$ В? Принять, что на границе режима насыщения $\beta = 9$.



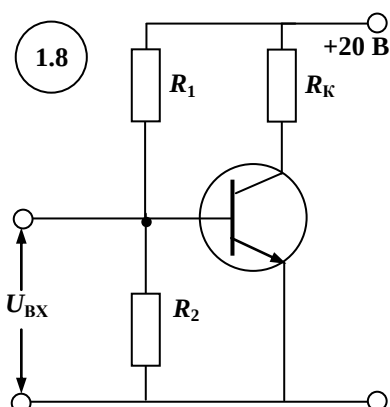
Для схемы, показанной на рисунке, определить изменение тока коллектора при изменении температуры на 20 С, если $R_1=200 \text{ кОм}$, $R_2=8.6 \text{ кОм}$, $R_K=13 \text{ кОм}$, $R_Э=200 \text{ Ом}$, $\beta(T_0)=100$, $I_{КБО}(T_0)=0.1 \text{ мкА}$, $\frac{\Delta\beta}{\Delta T}=0.005\beta(T_0) \text{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



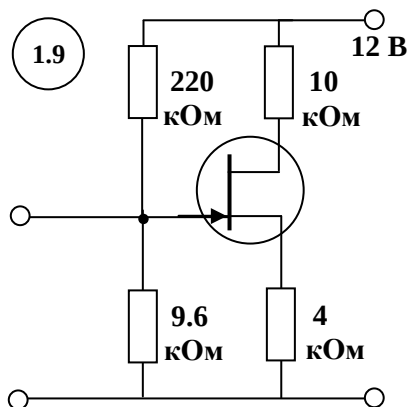
В схеме, показанной на рисунке, используется параметрическая стабилизация рабочей точки. Определить $R(T_0)$ и его ТКС, если ток коллектора при изменении температуры остается постоянным, $U_{БЭ}(T_0)=0.7 \text{ В}$, $\alpha=0.98$, $I_3(T_0)=1.3 \text{ мА}$, $\frac{\Delta U_{БЭ}}{\Delta T}=-2.0 \text{ мВ/К}$. Оценки проводить в линейном приближении, пренебрегая зависимостями E_K , R_i , α и $I_{КБО}$ от температуры.



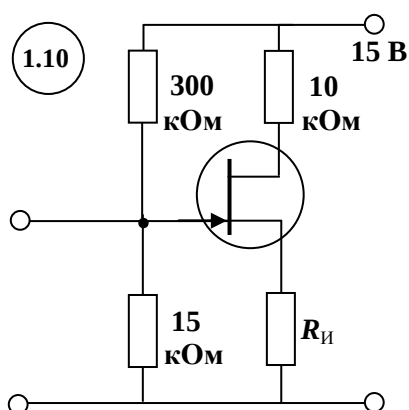
В схеме, показанной на рисунке, используется полевой транзистор с $U_{отс} = -2 \text{ В}$. Определить R , и крутизну передаточной характеристики транзистора в рабочей точке. Принять, что в рабочей точке $I_C = 0.25 \cdot I_{C.\max} = 1 \text{ мА}$.



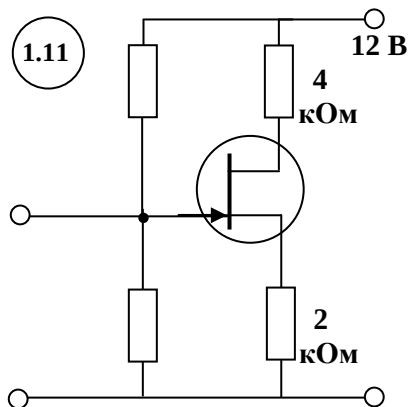
Для схемы, показанной на рисунке, определить изменение тока коллектора при изменении температуры на 20 С, если $R_1=180 \text{ кОм}$, $R_2=7.2 \text{ кОм}$, $\beta(T_0)=100$, $I_{КБО}(T_0)=2 \text{ мкА}$, $\frac{\Delta\beta}{\Delta T}=0.5 \text{ 1/К}$. Считать, что E_K и R_i при изменении температуры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



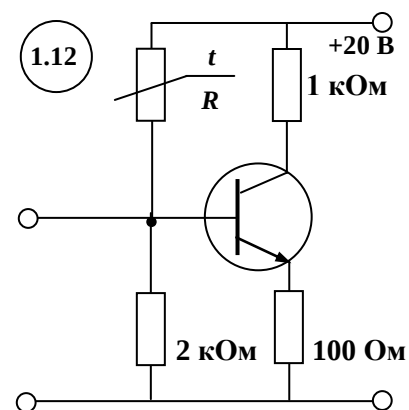
В схеме, показанной на рисунке, используется полевой транзистор с $I_{C.\max} = 1$ мА и $U_{отс} = -4$ В. Определить $U_{си}$ и крутизну передаточной характеристики транзистора в рабочей точке.



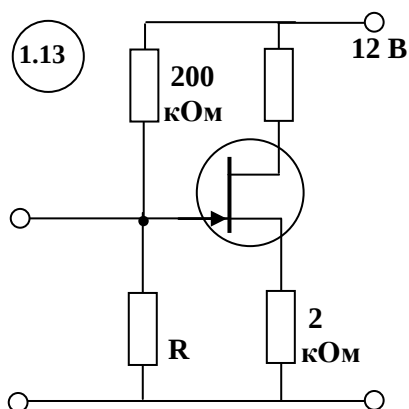
В схеме, показанной на рисунке, в рабочей точке $|U_{зи}| = 2$ В и ток стока $I_C 0.25 \cdot I_{C.\max} = 1$ мА. Определить напряжение $U_{си}$ и крутизну передаточной характеристики транзистора в рабочей точке. Считать, что транзистор работает в пологой области.



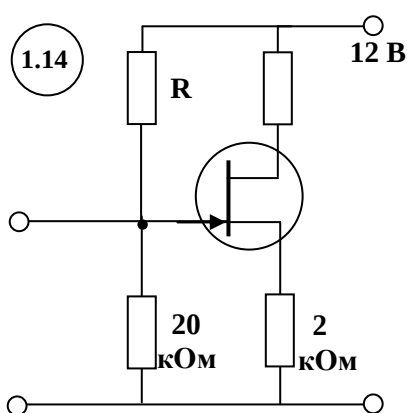
В схеме, показанной на рисунке, используется полевой транзистор с $U_{отс} = -2$ В. Определить напряжения $U_{зи}$, $U_{си}$, и крутизну передаточной характеристики транзистора в рабочей точке, если в рабочей точке $I_C = 0.36 \cdot I_{C.\max} = 1$ мА.



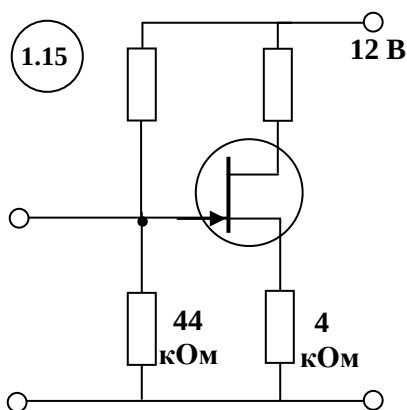
В схеме, показанной на рисунке, используется параметрическая стабилизация рабочей точки. Определить $R(T_0)$ и его ТКС, если ток коллектора при изменении температуры остается постоянным, $U_{БЭ}(T_0) = 0.7$ В, $\alpha = 0.98$, $I_3(T_0) = 13$ мА, $\Delta U_{БЭ} / \Delta T = -2.0$ мВ/К. Оценки проводить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



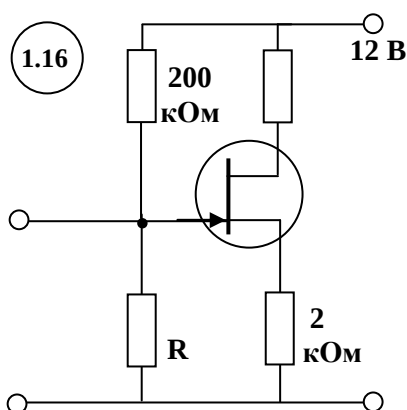
В схеме, показанной на рисунке, используется полевой транзистор с $U_{отс} = -2$ В. Определить R и крутизну передаточной характеристики S в рабочей точке, если в рабочей точке $I_C = 0.25 \cdot I_{C,max} = 1$ мА.



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 «Твердотельная электроника», 6 семестр

1. Методика оценки

Контрольная работа включает решение задачи по темам: режимы работы усилительных каскадов; полевые транзисторы, обозначения, основные характеристики и параметры; методы подачи смещения и стабилизации рабочей точки в усилителях на ПТ; анализ каскада с ОИ графическим методом (по переменному току); методы подачи смещения и стабилизации рабочей точки в каскадах на биполярных транзисторах (БТ). Параметрическая стабилизация; Автоматическая стабилизация; анализ стабильности обобщенной схемы усилительного каскада на БТ; методы подачи смещения и стабилизации рабочей точки. Автоматическая стабилизация.

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

Каждое задание контрольной работы оценивается в соответствии с приведенными ниже критериями.

Контрольная работа считается **невыполненной**, если обнаруживается существенное непонимание проблемы, в расчётах допущены принципиальные ошибки. Оценка составляет ≤ 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.

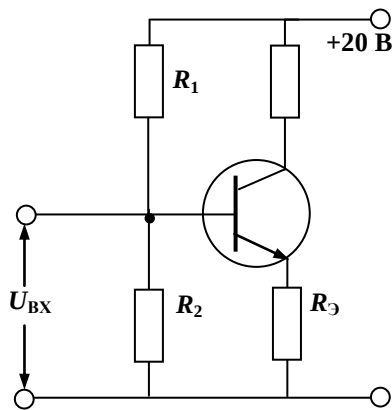
Контрольная работа считается выполненной на продвинутом уровне, если работа выполнена в полном объёме, расчёты не содержат ошибок. Оценка составляет 10 баллов.

3. Шкала оценки

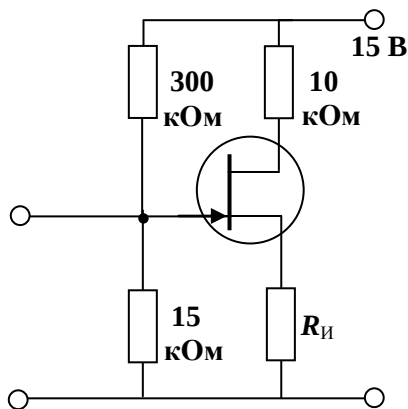
В общей оценке по дисциплине баллы за контрольную работу учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

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



Для схемы, показанной на рисунке, определить изменение тока коллектора при изменении температуры на 20 С, если $R_1=200 \text{ кОм}$, $R_2=8.6 \text{ кОм}$, $R_K=13 \text{ кОм}$, $R_Э=200 \text{ Ом}$, $\beta(T_0)=100$, $I_{КБ0}(T_0)=0.1 \text{ мкА}$, $\frac{\Delta\beta}{\Delta T}=0.005\beta(T_0) \text{ 1/К}$. 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, в рабочей точке $|U_{зи}|=2 \text{ В}$ и ток стока $I_C 0.25 \cdot I_{C.\max} = 1 \text{ мА}$. Определить напряжение $U_{си}$ и крутизну передаточной характеристики транзистора в рабочей точке. Считать, что транзистор работает в пологой области.

Паспорт расчетно-графического задания

по дисциплине «Твердотельная электроника», 6 семестр

1. Методика оценки

В рамках расчетно-графического задания по дисциплине студенты в зависимости от задания должны: рассчитать и построить зависимость выходного напряжения от времени для схемы, получить выражение для коэффициента передачи схемы, в которой используется операционный усилитель, рассчитать неизвестные параметры элементов схемы, синтезировать схему, реализующую заданное преобразование входного сигнала.

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.

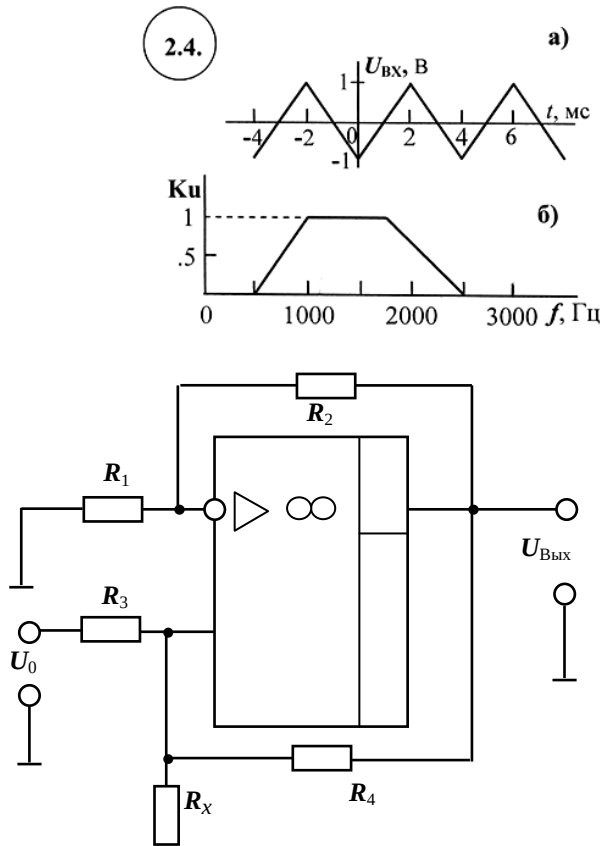
3. Шкала оценки

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

В данном разделе приведены варианты заданий РГЗ.

Вариант 1



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

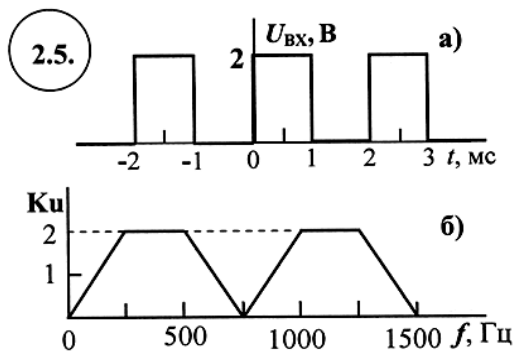
Покажите, что для данной схемы

$$U_{\text{ВЫХ}} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \frac{R_x}{R_3} U_0,$$

если $R_1 R_4 = R_2 R_3$.

Принять, что операционный усилитель можно считать идеальным.

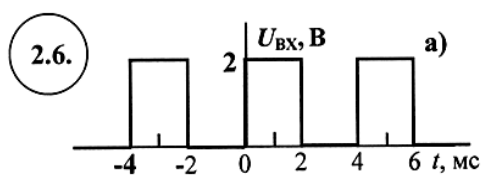
Вариант 2



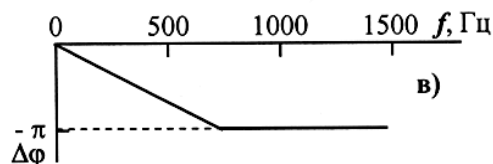
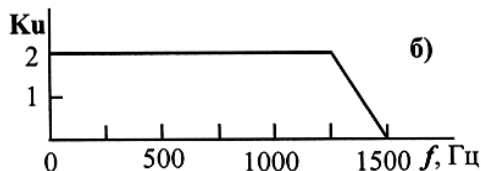
Рассчитайте и постройте зависимость выходного напряжения от времени для схемы, АЧХ и ФЧХ ($\Delta\phi = \phi_{\text{ВЫХ}} - \phi_{\text{ВХ}}$) которой показаны на рис. б и в, если входной сигнал имеет вид, показанный на рис. а.

На основе идеального ОУ рассчитайте нормирующий усилитель со сквозным коэффициентом передачи $T_u = -10$, работающий на нагрузку сопротивлением 10 кОм. Входное сопротивление усилителя не менее 10 кОм. Усилитель работает от источника сигнала с ЭДС $E_r = 0.2 \text{ В}$ и внутренним сопротивлением $R_r = 1 \text{ кОм}$. Оцените номинал сопротивления, необходимого для нейтрализации токов смещения. Определите коэффициент усиления $K_u = U_{\text{ВЫХ}}/U_{\text{ВХ}}$.

Вариант 3

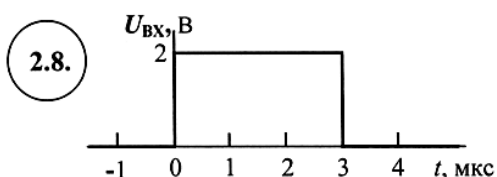


Рассчитайте и постройте зависимость выходного напряжения от времени для схемы, АЧХ и ФЧХ ($\Delta\varphi = \varphi_{\text{ВЫХ}} - \varphi_{\text{ВХ}}$) которой показаны на рис. б и в, если входной сигнал имеет вид, показанный на рис. а.



Рассчитайте инвертирующий сумматор с тремя входами на идеальном ОУ, если значения ЭДС и внутренние сопротивления источников сигнала соответственно равны: $E_{Г1} = -2$ В, $E_{Г2} = 3$ В, $E_{Г3} = 1$ В, $R_{Г1} = 0.5$ кОм, $R_{Г2} = 0$ кОм и $R_{Г3} = 1$ кОм. Требуемое усиление сигналов: по первому входу равно 5, по второму 2 по третьему 10. Сопротивление нагрузки $R_{Н} = 5$ кОм. Определить ток $I_{Н}$ через $R_{Н}$.

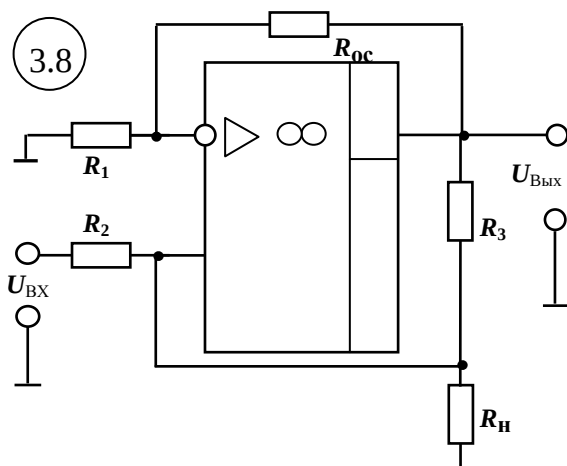
Вариант 4



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

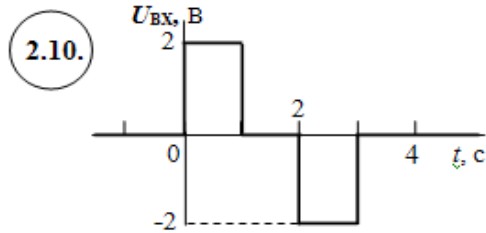
$$h(t) = -5 \left[\frac{1}{\tau_0} \exp\left(\frac{-t}{\tau_0}\right) - \frac{1}{\tau_1} \exp\left(\frac{-t}{\tau_1}\right) \right],$$

где $\tau_0 = 10$ мкс, а $\tau_1 = 1$ мкс. Зависимость $U_{\text{ВХ}}(t)$ показана на рисунке. Построение выполнить для $-1 \leq t \leq 9$ мкс.



В схеме, показанной на рисунке, используется идеальный ОУ. Определите ток через $R_{Н}$, если $R_1 = R_2 = R_3 = R_{OC} = R_{Н} = 1$ кОм, а $U_{\text{ВХ}} = 1$ В. Чему при этом равно выходное напряжение схемы $U_{\text{ВЫХ}}$?

Вариант 5

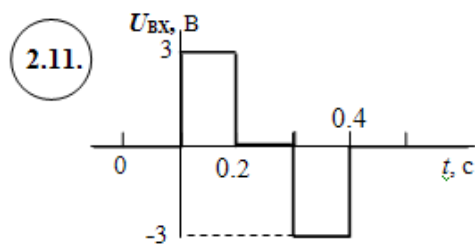


Получите выражение для переходной характеристики пропорционально-интегрирующей цепи. Постройте зависимость выходного напряжения от времени, если $R_1 = 10 \text{ кОм}$, $R_2 = 10 \text{ кОм}$, $C = 100 \text{ мкФ}$. Входной сигнал имеет вид, показанный на рисунке. Построение выполнить для $-1 < t < 5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

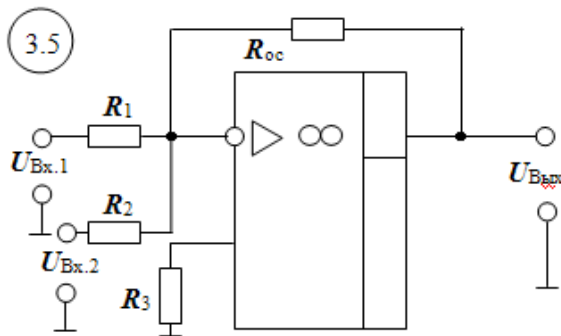
3.10 Рассчитайте и нарисуйте схему, реализующую преобразование

$$U_{\text{Вых}} = 0.25 \int_0^t (2 \cdot U_{\text{Вх1}} - 1.5 \cdot U_{\text{Вх2}}) \cdot dt$$

Вариант 6

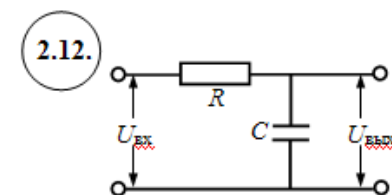


Получите выражение для переходной характеристики дифференцирующей RC-цепи. Постройте зависимость выходного напряжения от времени, если $R = 10 \text{ кОм}$, $C = 10 \text{ мкФ}$. Входной сигнал имеет вид, показанный на рисунке. Построение выполнить для $0 < t < 0.8 \text{ с}$.

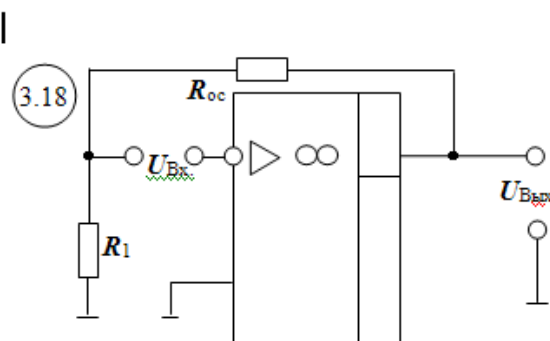


Какого номинала должен быть резистор R_3 , чтобы при $U_{\text{Вх1}} = U_{\text{Вх2}} = 0$ $U_{\text{Вых}} = 0$, если $R_1 = 5 \text{ кОм}$, $R_2 = 10 \text{ кОм}$, $R_{\text{oc}} = 33 \text{ кОм}$?

Вариант 7



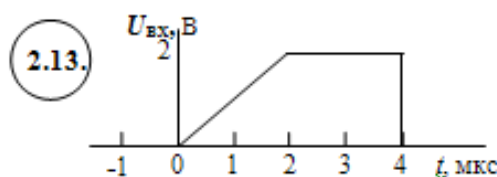
На RC- цепь, действует прямоугольный импульс длительностью 1 мкс . Определить величину постоянной времени ($\tau = RC$) при которой отклонение закона изменения напряжения на конденсаторе от линейного в конце импульса не превысит 1% .



Получите выражение для коэффициента усиления схемы.

Принять, что операционный усилитель можно считать идеальным.

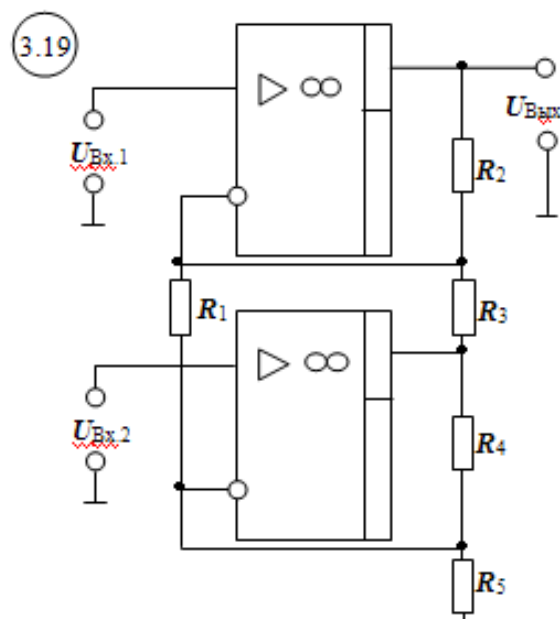
Вариант 8



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



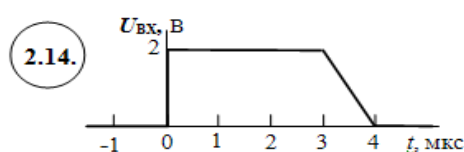
Покажите, что для данной схемы

$$U_{\text{ввх}} = \left(1 + \frac{R_2}{R_3} + \frac{R_3 + R_4}{R_1} \right) (U_{\text{вх1}} - U_{\text{вх2}}),$$

если $R_2 / R_3 = R_3 / R_4$.

Принять, что операционный усилитель можно считать идеальным.

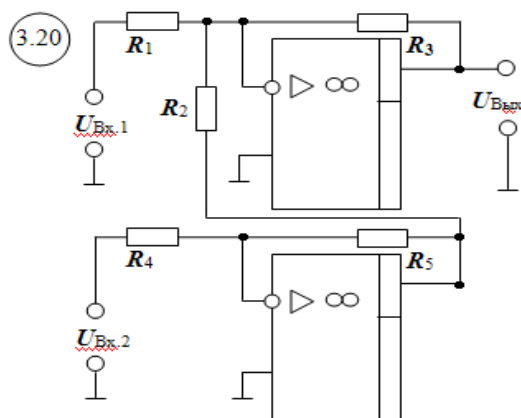
Вариант 9



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

$$h(t) = \frac{1}{\tau} \exp\left(\frac{-t}{\tau}\right),$$

где $\tau = 1$ мкс. Зависимость $U_{\text{вх}}(t)$ показана на рисунке. Построение выполнить для $-1 \leq t \leq 8$ мкс.

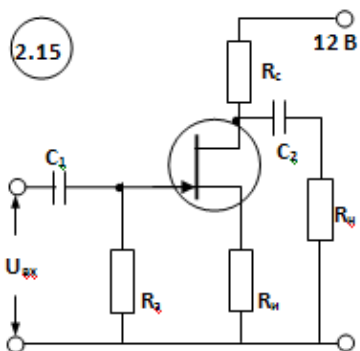


Покажите, что для данной схемы

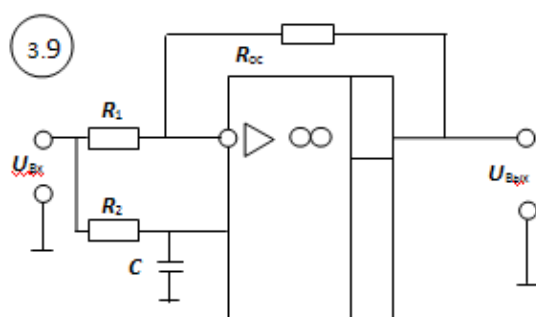
$$U_{\text{ввх}} = U_{\text{вх2}} \frac{R_3 R_5}{R_4 R_2} - U_{\text{вх1}} \frac{R_3}{R_1}.$$

Принять, что операционный усилитель можно считать идеальным.

Вариант 10



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



Получите выражение для коэффициента передачи гармонического напряжения.

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

Приложение

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 «Твердотельная электроника»

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__