

УДК 621.385

Г

Рекомендовано к изданию методическим советом ПГУТИ,
протокол № от 2015г

Галочкин В.А.

**Г Схемотехника телекоммуникационных устройств.
Методические разработки по лабораторным работам.
Часть 1. «Схемотехника аналоговых электронных
устройств»: учебное пособие / В.А.Галочкин - Самара:
ПГУТИ, 2016 - 403с.**

В учебном пособии «Схемотехника телекоммуникационных устройств. Методические разработки по лабораторным работам. Часть 1. «Схемотехника аналоговых электронных устройств» рассматривается элементная база устройств полупроводниковой электроники; исследуются принципы построения и схемотехника аналоговых телекоммуникационных электронных устройств.

Учебное пособие разработано в соответствии с требованиями ФГОС ВПО 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»; 11.03.01 «Радиотехника» и предназначено для студентов (бакалавров и специалистов) 3-4-х курсов телекоммуникационных и радиотехнических специальностей дневной и заочной формы обучения для проведения лабораторных работ, а также для инженерно-технических работников, изучающих электронику.

ISBN

©, Галочкин В.А., 2016

Оглавление

Список сокращений и обозначений	5
ВВЕДЕНИЕ.....	7
Раздел 1. Подготовка оборудования к выполнению лабораторных работ. Содержание и оформление отчета по лабораторной работе. Литература.....	10
1.1. Подготовка оборудования к выполнению лабораторных работ.....	10
1.2. Требования к содержанию и оформлению отчета по лабораторной работе.....	14
1.3. Данные для построения логарифмической шкалы	16
1.4. «Форма титульного листа для отчета по лабораторной работе	17
Раздел 2. Тема: требования к цепям питания усилительных элементов. Стабилизация режима транзистора.	
Краткие основные теоретические положения	19
2.1. Нестабилизированные цепи питания	20
2.1.1. Смещение фиксированным током базы.....	20
2.1.2. Смещение фиксированным напряжением база—эмиттер	22
2.2. Стабилизация режима транзистора	
2.2.1. Эмиттерная стабилизация	25
2.2.2. Цепи смещения с температурной стабилизацией.....	28
2.3. Цепи смещения без стабилизации режимов полевых транзисторов	30
2.4. Цепи смещения со стабилизацией режима.....	31
2.5. Генераторы стабильного тока (ГСТ)	
2.5.1. Принцип работы ГСТ	33
2.5.2. Схемы ГСТ.....	36
2.6. Экспериментальная проверка основных положений	
Лабораторная работа №1	
ИССЛЕДОВАНИЕ СХЕМ СМЕЩЕНИЯ И СТАБИЛИЗАЦИИ ПОЛОЖЕНИЯ РАБОЧЕЙ ТОЧКИ ТРАНЗИСТОРА	
1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ.....	40
2. КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ СВЕДЕНИЙ.....	40

часть 1
 «Схемотехника аналоговых электронных устройств»

3. ЛИТЕРАТУРА	
4. ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ СТУДЕНТАМ.....	41
5. ПОДГОТОВКА ОБОРУДОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ.....	41
6. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ	
Задание 1. Исследование схемы смещения фиксированным током	44
Задание 2. Исследование схемы смещения фиксированным напряжением.....	46
Задание 3. Исследование схемы эмиттерной стабилизации положения рабочей точки.....	48
Задание 4. Исследование схемы термокомпенсации.....	49
Задание 5. Исследование схемы с генератором стабильного тока.....	50
7. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА.....	52
8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ	52
9. Приложение: методические указания по выполнению расчетов. Исходные данные для расчетов. Сравнение расчетных данных с результатами эксперимента.....	55
9.1. Данные эксперимента:	55
9.2. Выполнение теоретических расчетов и их сравнение с экспериментальными данными	55
9.2.1. Схема смещения фиксированным током базы (ФТ).....	55
9.2.2. Схема смещения фиксированным напряжением базы (ФН).....	59
9.2.3. Схема эмиттерной стабилизации (ЭС).....	62
Раздел 3. Тема: основные свойства транзисторов, включенных по схемам с общим эмиттером, общей базой и общим коллектором. Принцип электронного усиления. Резисторный апериодический предварительный усилитель напряжения. Краткие основные теоретические положения	
3.1. Основные свойства транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером.....	67

3.2. Основные свойства транзистора, включенного по схеме с общей базой.....	70
3.3. Основные свойства транзистора, включенного по схеме с общим коллектором.....	72
3.4. Принцип электронного усиления	73
3.5. Динамические и нагрузочные характеристики	75
3.6. Резисторный аperiодический предварительный усилитель напряжения.....	77
3.6.1. АЧХ резисторного каскада на биполярном транзисторе.....	78
3.7. Экспериментальная проверка основных положений	
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2	
ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ БИПОЛЯРНОГО ТРАНЗИСТОРА ПРИ ВКЛЮЧЕНИИ ЕГО ПО СХЕМАМ С ОБЩИМ ЭМИТТЕРОМ (ОЭ), ОБЩЕЙ БАЗОЙ (ОБ) И ОБЩИМ КОЛЛЕКТОРОМ (ОК)	
1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ.....	86
2. КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ СВЕДЕНИЙ.....	87
3. ЛИТЕРАТУРА	87
4. ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ СТУДЕНТАМ.....	87
5. ПОДГОТОВКА ОБОРУДОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ.....	87
6. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ	88
Задание 1. Исследование схемы включения усилительного элемента (УЭ) в схеме с общим эмиттером (ОЭ)	88
Задание 2. Исследование схемы включения УЭ с ОБ.....	93
Задание 3. Исследование схемы включения УЭ с ОК.....	96
4. Задание 4. Выполнить теоретические расчеты	100
7. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА.....	103
8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ	103
9. Приложение: исходные данные для расчетов; обработка результатов эксперимента; методические указания по выполнению расчетов;.....	104
9.1. Требования к расчетной части лабораторной работы и исходные данные	104

9.2. Общие замечания по обработке результатов экспериментов и для проведения расчетов.....	105
9.3. Методические указания по обработке результатов экспериментов	105
9.4. Последовательность выполнения теоретических расчётов	
9.4.1. Расчет для схемы с ОЭ (вариант $R_n = \infty$)	107
9.4.2. Расчет для схемы с ОЭ (вариант $R_n = 360 \text{ Ом}$)	112
9.4.3. Расчет для схемы с ОБ(вариант $R_n = \infty$).....	114
9.4.4. Расчет для схемы с ОБ(вариант $R_n = 360 \text{ Ом}$)	118
9.4.5. Расчет для схемы с ОК(вариант $R_n = \infty$).....	118
9.4.6. Расчет для схемы с ОК(вариант $R_n = 360 \text{ Ом}$).....	120
Раздел 4. Тема: обратная связь в аналоговых электронных устройствах и ее влияние на их параметры и свойства	
Краткие теоретические сведения	121
4.1. Виды обратной связи	121
4.1.1. Параллельная по входу и выходу ОС.....	122
4.1.2. Последовательная по входу и выходу обратная связь.....	124
4.1.3. Последовательная по входу и параллельная по выходу обратная связь	126
4.1.4. Параллельная по входу и последовательная по выходу ОС	128
4.2. Влияние ОС на коэффициенты усиления.....	130
4.3. Влияние отрицательной обратной связи на входные и выходные сопротивления (проводимости)	134
4.3.1. Влияние отрицательной обратной связи на входное сопротивление.....	134
4.3.2. Влияние отрицательной обратной связи на выходное сопротивление.....	136
4.4. Влияние ОС на амплитудно-, фазочастотные и переходные характеристики (линейные искажения)	
4.4.1. Частотно-независимая ОС	139
4.4.2. Частотно-зависимая ОС.....	142
4.5. Экспериментальная проверка основных положений	

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3
ИССЛЕДОВАНИЕ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ОБРАТНЫХ СВЯЗЕЙ В УСИЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВАХ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ.....	144
2. КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ СВЕДЕНИЙ.....	144
3. ЛИТЕРАТУРА	144
4. ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ СТУДЕНТАМ.....	145
5. ПОДГОТОВКА ОБОРУДОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ.....	145
6. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ	
Задание 1. Исследование влияния ООС на усилительные свойства усилителя и стабильность сквозного коэффициента усиления напряжения.....	146
1.1. Режим работы усилителя без ООС	146
1.2. Режим работы усилителя с отрицательной параллельной обратной связью по напряжению.....	148
1.3. Режим работы усилителя с частотно-независимой отрицательной последовательной обратной связью по току.....	149
1.4. Режим работы усилителя с отрицательной комбинированной по входу и выходу обратной связью	149
1.5. Режим работы усилителя без ООС и с последовательной ООС по току при напряжении питания усилителя +20 В.....	150
Задание 2. Исследование влияния ООС на амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) усилителя	152
Задание 3. Исследование влияния ООС на входное сопротивление усилителя.....	155
Задание 4. Исследование влияния ООС на выходное сопротивление усилителя.....	156
7. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА.....	158
8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ	158

часть 1
 «Схемотехника аналоговых электронных устройств»

9. Приложение: методические указания по выполнению расчетов. Исходные данные для расчетов. Сравнение расчетных данных с результатами эксперимента.....160

9.1. Исходные данные и требования к расчетной части лабораторной работы.....160

9.2. Последовательность проведения расчетов.....161

9.2.1. *Последовательность проведения расчетов для усилителя без ООС.....161*

9.2.2. *Последовательность проведения расчетов для усилителя с частотно-независимой отрицательной последовательной обратной связью по току.....166*

Раздел 5. Тема: широкополосные (импульсные) усилители. Коррекция амплитудно-частотных характеристик

Основные краткие теоретические сведения

5.1. Широкополосные (импульсные) каскады. Площадь усиления.....169

5.2. Низкочастотная коррекция176

5.2.1. *НЧ коррекция с помощью цепочки $R_{\phi}C_{\phi}$176*

5.2.2. *НЧ коррекция с помощью ООС.....182*

5.3. ВЧ коррекция с помощью ООС.....181

5.4. Экспериментальная проверка основных положений.....184

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4
 ИССЛЕДОВАНИЕ ШИРОКОПОЛОСНОГО И ИМПУЛЬСНОГО УСИЛИТЕЛЯ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ.....184

2. КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ СВЕДЕНИЙ.....184

3. ЛИТЕРАТУРА184

4. ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ СТУДЕНТАМ.....185

5. ПОДГОТОВКА ОБОРУДОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ.....185

6. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ186

Задание 1. Исследование широкополосного импульсного некорректированного каскада.....186

Задание 2. Исследование широкополосного импульсного каскада с частотнонезависимой ООС192

Задание 3. Исследование широкополосного импульсного каскада с высокочастотной эмиттерной коррекцией.....	195
Задание 4. Исследование широкополосного импульсного каскада с низкочастотной коррекцией	197
Задание 5. Исследование временных характеристик рассматриваемых каскадов.....	200
7. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА.....	204
8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ	204
9. Приложение: методические указания по выполнению расчетов; исходные данные для расчетов; обработка результатов эксперимента	
9.1. Основные расчетные соотношения	206
9.2. Исходные данные и требования к расчетной части лабораторной работы.....	207
9.3. Последовательность проведения расчетов	
9.3.1. <i>Последовательность проведения расчетов для некорректированного резисторного каскада.....</i>	208
9.3.2. <i>Последовательность проведения расчетов для каскада с частотно-независимыми цепями ОС.....</i>	211
Раздел 6. Тема: операционные усилители.....	214
6.1 Операционные усилители. Определения, структура.....	215
6.2 Схемотехника ОУ	220
6.2.1. <i>Элементарная (упрощенная) схема входного каскада.....</i>	220
6.2.2. <i>Упрощенная типовая схема входного каскада ОУ первого поколения.....</i>	221
6.2.3. <i>Схема входного каскада ОУ второго поколения.....</i>	222
6.2.4. <i>Схема входного каскада ОУ третьего поколения</i>	223
6.2.5. <i>Промежуточные каскады</i>	224
6.2.6. <i>Выходные каскады</i>	225
6.3. Основные параметры ОУ.....	227
6.4. Схемы сдвига уровней	229
6.5. Схемотехника аналоговых устройств на основе операционных усилителей.....	231
6.5.1. <i>Инвертирующий усилитель</i>	232

В.А.Галочкин

6.5.2. Неинвертирующий усилитель.....	236
6.5.3. Дифференциальный усилитель	237
6.5.4. Инвертирующий сумматор	239
6.5.5. Сумматор на основе неинвертирующего усилителя	240
6.5.6. Интегрирующий усилитель	241
6.5.7. Дифференцирующий усилитель.....	243
6.5.8. Логарифмический и антилогарифмический усилители.....	245
6.5.9. Аналоговый множитель.....	249
6.5.10. Применение аналоговых множителей.....	250
6.5.11. Множитель с переменной крутизной (общий принцип)	252
6.5.12. Повторитель напряжения)	254
6.6. Экспериментальная проверка основных положений	256
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5-1	
Исследование интегрального операционного усилителя и схем на его основе (определение параметров ОУ)	
1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ.....	256
2. КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ СВЕДЕНИЙ.....	256
3. ЛИТЕРАТУРА	256
4. ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ СТУДЕНТАМ.....	256
5. ПОДГОТОВКА ОБОРУДОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ.....	257
6. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ	258
Задание 1. Измерение коэффициентов усиления ОУ типа 140УД8 для инвертируемого и неинвертируемого входов	258
Задание 2. Измерение входного сопротивления ОУ типа 140УД8 для инвертирующего и неинвертирующего входов.....	265
Задание 3. Проверка изменения полярности сигнала в схеме с ОУ при подаче его на инвертируемый и неинвертируемый вход.....	267
Задание 4. Измерение выходного сопротивления ОУ типа 140УД8 для инвертирующего и неинвертирующего входов.....	268

Задание 5. АЧХ ОУ типа 140УД для инвертирующего и неинвертирующего входов	270
5.2 АЧХ ОУ типа 140УД для неинвертирующего входа	271
7. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА.....	272
8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ	273
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5-2	
Исследование интегрального операционного усилителя и схем на его основе (исследование свойств сумматоров, повторителей напряжения, интеграторов и дифференциаторов)	275
1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ.....	275
2. КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ СВЕДЕНИЙ.....	275
3. ЛИТЕРАТУРА	275
5. ПОДГОТОВКА ОБОРУДОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ.....	276
6. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ	277
Задание 1. Исследование инвертирующего сумматора на ОУ типа 140УД8.....	277
Задание 2. Испытание инвертирующего масштабного усилителя на ОУ типа 140УД8.....	278
Задание 3. Испытание неинвертирующего повторителя напряжения на ОУ типа 140УД8.....	280
Задание 4. Исследование инвертирующего интегратора на ОУ 140УД8.....	281
Задание 5. Исследование инвертирующего дифференциатора на ОУ типа К140УД8.....	283
7. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА.....	285
8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ	285
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5-3	
Исследование свойств аналоговых перемножителей напряжений (устройств умножения, деления).....	287
1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ.....	287
2. КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ СВЕДЕНИЙ	287

В.А.Галочкин

3. ЛИТЕРАТУРА	287
4. ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ СТУДЕНТАМ	287
5. ПОДГОТОВКА ОБОРУДОВАНИЯ	288
К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ	288
6. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ	288
Задание 1. Снять характеристику логарифмического каскада умножителя.	288
Задание 2. Исследование устройства умножения	293
Задание 3. Исследование устройства аналогового умножителя в режиме деления.	298
7. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА	300
8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ	300
9. Приложение: основы теории умножения, использующей метод переменной крутизны. Описание принципиальной схемы умножителя напряжений.	302
9.1. Схема простого умножения	302
9.2. Анализ исследуемой схемы	307
9.3. Четырехквadrантный блок аналогового умножения напряжений.	308
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5-4	
Исследование аналоговых перемножителей напряжений (устройств возведения в квадрат, извлечения корня квадратного)	
1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ	313
2. КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ СВЕДЕНИЙ	315
3. ЛИТЕРАТУРА	315
4. ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ СТУДЕНТАМ	313
5. ПОДГОТОВКА ОБОРУДОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ	314
6. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ	315
Задание 1. Снять характеристику логарифмического каскада умножителя.	315
Задание 2 . Исследование устройства аналогового умножения в режиме «возведение в квадрат»	319

Задание 3 . Исследование устройства аналогового умножения в режиме «взятия корня квадратного».....	321
7. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА.....	323
8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ	323
Раздел 7. Тема: активные фильтры на основе операционных усилителей.....	326
7.1. Активный RC – фильтр нижних частот первого порядка.....	327
7.2. Обобщенное описание фильтра.....	328
7.3. Реализация ARC – фильтра нижних частот первого порядка.....	331
7.4. Преобразование фильтра НЧ в фильтр ВЧ.....	332
7.5. Реализация ARC-фильтра ВЧ первого порядка	334
7.6. Реализация ARC – фильтров НЧ и ВЧ второго порядка.....	334
7.6.1. <i>Фильтр НЧ со сложной ООС</i>	335
7.6.2. <i>ФНЧ на основе положительной обратной связи</i>	336
7.7. Преобразование фильтров НЧ и ВЧ в полосовой фильтр	338
7.8. Реализация ПФ второго порядка	341
7.9. Экспериментальная проверка основных положений	
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6-1	
Исследование схем активных RC-фильтров НЧ и ВЧ первого порядка	
1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ.....	344
2. КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ СВЕДЕНИЙ	347
3. ЛИТЕРАТУРА	347
4. ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ СТУДЕНТАМ.....	345
5. ПОДГОТОВКА ОБОРУДОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ.....	345
6. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ	346
Задание 1. Исследование схемы фильтра нижних частот первого порядка.....	346

часть 1
«Схемотехника аналоговых электронных устройств»

Задание 2. Исследование схемы фильтра верхних частот первого порядка.....	349
8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ	353
9. Приложение: исходные данные и формулы для расчетов...355	
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6-2	
Исследование схем активных RC-фильтров ФНЧ и ФВЧ второго порядка	359
1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ.....	359
3. КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ СВЕДЕНИЙ	360
3. ЛИТЕРАТУРА	360
4. ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ СТУДЕНТАМ.....	359
5. ПОДГОТОВКА ОБОРУДОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ.....	360
6. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ	360
6.1. Фильтр нижних частот с критическим затуханием (фильтр Саллена и Кея)	361
6.2. Фильтр нижних частот Баттерворта:.....	363
6.3. Фильтр нижних частот Чебышева:.....	364
6.4. Фильтр нижних частот Бесселя:.....	365
6.5. Фильтр верхних частот с критическим затуханием (фильтр Саллена и Кея)	366
6.6. Фильтр верхних частот Баттерворта:	369
6.7. Фильтр верхних частот Чебышева:	370
6.8. Фильтр верхних частот Бесселя:	371
7. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА.....	373
8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ	373
9. Приложение: исходные данные и формулы для расчетов...375	
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6-3	
Исследование схем активных полосовых RC-фильтров:.....	377
1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ.....	377
2. КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ СВЕДЕНИЙ	380

часть 1
 «Схемотехника аналоговых электронных устройств»

3. ЛИТЕРАТУРА	380
4. ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ СТУДЕНТАМ.....	377
5. ПОДГОТОВКА ОБОРУДОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ.....	378
6. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ	378
Задание 1. Снять и построить АЧХ активного ПФ, составленного из звеньев ФНЧ и ФВЧ первого порядка.....	378
Задание 2. Снять и построить АЧХ активного ПФ, построенного на ОУ со сложной отрицательной обратной связью.....	382
7. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА.....	386
8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ	386