

УДК 621.38.011(075.8)
К 589

Рецензенты:

Симонов Б. Ф., д-р техн. наук, ст. науч. сотр. ИГД СО РАН
Никулин А. В., канд. техн. наук, доцент

Работа подготовлена на кафедре электроники и электротехники
для студентов III курса РЭФ (направления 11.03.04 –
«Электроника и нанoeлектроника» дневного отделения)

Кожухов В. В.

К 589 Электронные цепи и устройства непрерывного действия:
учебное пособие / В. В. Кожухов, С. В. Брованов. – Новосибирск:
Изд-во НГТУ, 2023. – 246 с.

ISBN 978-5-7782-4879-3

В учебном пособии излагаются основы теории работы базовых электронных цепей, усилительных схем, реализованных на биполярных и полевых транзисторах, а также рассматриваются вопросы построения операционных усилителей, особенности их схемотехники и примеры применения.

Учебный материал сопровождается широким перечнем контролирующих вопросов и задач для самостоятельного решения.

УДК 621.38.011(075.8)

ISBN 978-5-7782-4879-3

© Кожухов В. В., Брованов С. В., 2023
© Новосибирский государственный
технический университет, 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
1. Компоненты электронных устройств	5
1.1. Источники питания и управляющего воздействия	6
1.2. Пассивные компоненты, их модели и применение.....	11
1.2.1. Резисторы.....	12
1.2.2. Конденсаторы.....	15
1.2.3. Индуктивности	17
1.2.4. Трансформаторы	19
1.3. Анализ электронных цепей.....	20
1.4. Простые <i>RC</i> -цепи	24
1.4.1. Дифференцирующая <i>RC</i> -цепь.....	24
1.4.2. Интегрирующая <i>RC</i> -цепь	28
1.4.3. Компенсированный делитель напряжения	37
1.4.4. Некоторые другие типы <i>RC</i> -цепей	39
1.4.5. Г-образный <i>LC</i> -фильтр	40
1.4.6. Контрольные вопросы и задачи к разделу 1	42
Задачи.....	43
1.5. Активные элементы электронной цепи	50
1.5.1. Полупроводниковый диод.....	50
1.5.2. Биполярные транзисторы	57
1.5.2.1. Схемы включения и основные параметры БТ.....	61
2. Усилители переменного тока на биполярных и полевых транзисторах	73
2.1. Классификация усилительных каскадов и их основные показатели.....	73

2.2. Принцип работы усилителя переменного тока на биполярном транзисторе.....	76
2.2.1. Выбор положения рабочей точки в усилителе на биполярном транзисторе.....	77
2.2.1.1. Задание положения рабочей точки.....	79
2.2.1.2. Способы задания рабочей точки.....	81
2.2.2. Амплитудная характеристика усилителя.....	91
2.2.3. Формирование переменного сигнала усилительным каскадом по схеме ОЭ.....	93
2.2.3.1. Область средних частот.....	94
2.2.3.2. Область высоких частот.....	97
2.2.3.3. Область низких частот.....	99
2.2.4. Усилитель по схеме с об.....	103
2.2.4.1. Область средних частот.....	104
2.2.4.2. Область низких частот.....	105
2.2.4.3. Область высших частот.....	106
2.2.5. Усилитель на БТ по схеме с ОК (эмиттерный повторитель).....	107
2.2.5.1. Область средних частот.....	109
2.2.5.2. Область низких частот.....	110
2.2.5.3. Область высших частот.....	111
2.2.6. Каскадный усилитель.....	113
2.2.6.1. Область средних частот.....	115
2.2.6.2. Область низких частот.....	116
2.2.6.3. Область высших частот.....	116
2.3. Примеры расчета однокаскадных усилителей на биполярных транзисторах.....	117
2.4. Контрольные вопросы и задачи к разделу 2.2.....	125
2.4.1. Каскад с общим эмиттером.....	125
Вопросы.....	125
Задачи.....	127
2.4.2. Каскад с общей базой.....	130
Вопросы.....	130
Задачи.....	131

2.4.3. Каскад с общим коллектором	132
Вопросы	132
Задачи.....	134
2.5. Однокаскадные усилители с емкостной связью на полевых транзисторах. Основные схемы	135
2.5.1. Характеристики и параметры полевого транзистора. Статический режим.....	136
2.5.2. Усилительный каскад по схеме ОИ. Анализ частотных зависимостей	142
2.5.2.1. Область средних частот.....	142
2.5.2.2. Область высших частот	145
2.5.2.3. Область нижних частот	148
2.5.3. Усилительный каскад по схеме ОС (источковый повторитель). Анализ частотных зависимостей	151
2.5.3.1. Область средних частот.....	152
2.5.3.2. Область высших частот	154
2.5.3.2.1. Частотные искажения во входной цепи	154
2.5.3.2.2. Частотные искажения в выходной цепи	155
2.5.3.3. Область низких частот.....	156
2.6. Элементы теории обратной связи в усилителях [1, 4, 8, 9]	159
2.6.1. Классификация видов обратной связи в усилителях	159
2.6.2. Свойства последовательной обратной связи по напряжению	161
2.6.2.1. Влияние ос на коэффициент усиления по напряжению	161
2.6.2.2. Влияние ос на входное сопротивление усилителя.....	163
2.6.2.3. Влияние ос на выходное сопротивление усилителя	163
2.6.3. Свойства последовательной обратной связи по току	164
2.6.3.1. Влияние ос на коэффициенты усиления по напряжению и крутизну усиления	164
2.6.3.2. Влияние ос на входное сопротивление усилителя.....	165
2.6.3.3. Влияние ос на выходное сопротивление усилителя	166
2.6.4. Свойства параллельной обратной связи по напряжению.....	166
2.6.4.1. Влияние ос на коэффициент усиления по напряжению	166
2.6.4.2. Влияние ос на входное сопротивление усилителя.....	167

2.6.4.3. Влияние $R_{сб}$ на выходное сопротивление усилителя	168
2.7. Примеры расчета схем на полевых транзисторах	169
2.8. Построение многокаскадного усилителя с емкостной связью	173
2.8.1. Пример расчета многокаскадного усилителя	175
2.9. Вопросы и задачи к разделу 2.5	177
2.9.1. Каскад с общим истоком	177
Вопросы	178
Задачи	179
2.9.2. Каскад с общим стоком	180
Вопросы	180
Задачи	181
2.9.3. Каскад с общим затвором	182
Вопросы	183
Задачи	183
2.10. Усилители постоянного тока (УПТ)	184
2.10.1. Общие вопросы усилителей постоянного тока	184
2.10.2. Дифференциальный усилитель постоянного тока (ДУ)	186
2.10.2.1. Малосигнальные параметры дифференциального усилителя	188
2.11. Вопросы к разделу 2.10	196
3. Операционные усилители	197
3.1. Структурная схема ОУ. Характеристики и параметры ОУ	197
3.2. Элементы схемотехники операционных усилителей	202
3.2.1. Источники стабильного тока	203
3.2.2. Схемы входных каскадов	209
3.2.3. Выходные каскады ОУ	211
4. Применение операционных усилителей	213
4.1. Инвертирующее включение ОУ	213
4.1.1. Масштабирующий усилитель	215
4.1.2. Суммирующий усилитель	216
4.1.3. Интегрирующий усилитель	217
4.2. Неинвертирующее включение ОУ	218

4.3. Дифференциальное включение ОУ	219
4.4. Статические ошибки дифференциального включения ОУ	221
4.5. Активные фильтры на операционных усилителях	222
4.5.1. Фильтр нижних частот второго порядка.....	223
4.5.2. Резонансный усилитель на ОУ	224
4.6. Выпрямители на ОУ	227
4.6.1. Однополупериодный выпрямитель на ОУ	227
4.6.2. Двухполупериодный выпрямитель на ОУ	228
4.7. Вопросы и задачи к разделам 3, 4.....	230
Задачи.....	231
Библиографический список	240