

УДК 621.375(075.8)+621.382(075.8)
ББК 32.846+3285
К771

*Печатается по решению кафедры
встраиваемых и радиоприемных систем
Института радиотехнических систем и управления
Южного федерального университета
(протокол № 8 от 10 марта 2019 г.)*

Рецензенты:

кандидат технических наук, заведующий кафедры радиотехнических
систем Института радиотехнических систем и управления ЮФУ

В. Т. Лобач

кандидат технических наук, заведующий отделом «Алгоритмического
обеспечения систем автоматической обработки изображений»
«АО Научно-конструкторское бюро вычислительных систем»

И. В. Сидько

Кравец, А. В.

К771 Схемотехника радиоэлектронных устройств : учебное пособие /
А. В. Кравец ; Южный федеральный университет. – Ростов-на-
Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального универси-
тета, 2021. – 156 с.

ISBN 978-5-9275-3746-4

Соответствует программе курса «Схемотехника радиоэлектронных ус-
ройств» для студентов всех форм обучения по направлению «Радиотехника».

УДК 621.375(075.8)+621.382(075.8)
ББК 32.846+3285

ISBN 978-5-9275-3746-4

© Южный федеральный университет, 2021

© Кравец А. В., 2021

© Оформление. Макет. Издательство

Южного федерального университета, 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
Глава 1. ЭЛЕКТРОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И КОМПОНЕНТЫ	8
1. Проводники и диэлектрики	8
1.1. Металлы и неметаллы	9
1.2. Полупроводники	10
1.2.1. Кристаллическая решетка	11
1.2.2. Свободные электроны и дырки	11
1.2.3. Проводимость в полупроводниках	13
1.2.4. Температурная зависимость	13
1.2.5. Примесные полупроводники	14
1.3. Электронно-дырочный переход (р–п-переход)	15
1.3.1. р–п-переход в равновесном состоянии	15
1.3.2. Смещение р–п-перехода в прямом направлении	17
1.3.3. Смещение р–п-перехода в обратном направлении	18
1.4. Характеристики диода	19
1.5. Полупроводниковые стабилитроны	19
1.5.1. Характеристики стабилитрона	21
1.5.2. Применение стабилитронов	22
1.6. Диоды Шоттки	23
1.6.1. Кремниевые диоды Шоттки	24
1.6.2. Диоды Шоттки из карбида кремния	25
1.7. Фотодиоды	27
1.8. Излучающие диоды	28
1.9. Оптроны	28
1.10. Варикапы	29
1.11. Туннельные диоды	30
1.12. Динистор	31
1.13. Диак	35
1.14. Тиристор	38
1.15. Симистор	43
1.16. Биполярный транзистор	46
1.16.1. Переход база-эмиттер	48

Оглавление

1.16.2. Изготовление транзистора	48
1.16.3. Работа транзистора	49
1.16.4. Коллекторный переход	50
1.16.5. Эмиттерный переход базы	50
1.17. Полевые транзисторы	51
1.17.1. Введение в полевые транзисторы	51
1.17.2. Структура полевого транзистора с управляющим р–п-переходом	52
1.17.3. Принцип действия полевого транзистора с управляющим р–п-переходом	53
1.17.4. Стоковые характеристики	55
1.17.5. Уравнение Шокли	57
1.17.6. Смещение полевого транзистора с управляющим р–п-переходом	57
1.17.7. Анализ схемы с автоматическим смещением	58
1.17.8. МОП-транзисторы	59
1.17.9. МОП-транзисторы со встроенным каналом и с индуцированным каналом	61
1.17.10. Принцип действия МОП-транзистора	62
1.17.11. Схемы смещения МОП-транзисторов	62
Глава 2. УСИЛИТЕЛИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ НА ДИСКРЕТНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ	64
2.1. Параметры и характеристики усилителей электрических сигналов	64
2.2. Простейшие усилительные каскады, задание рабочей точки ...	70
2.3. Основные схемы усилительных каскадов на биполярном транзисторе	75
2.3.1. Схема с общим эмиттером	75
2.3.1.1. Схема с общим эмиттером в области средних частот	75
2.3.1.2. Схема с общим эмиттером в области низких частот	78
2.3.1.3. Схема с общим эмиттером в области высоких частот	81

Оглавление

2.3.2. Схема с общей базой	85
2.3.2.1. Схема с общей базой в области средних частот	85
2.3.2.2. Схема с общей базой в области низких частот	87
2.3.2.3. Схема с общей базой в области высоких частот	87
2.3.3. Схема с общим коллектором (эмиттерный повторитель) ...	88
2.3.3.1. Схема с общим коллектором в области средних частот	88
2.3.3.2. Схема с общим коллектором в области низких частот ...	92
2.3.3.3. Схема с общим коллектором в области высоких частот	92
2.4. Обратная связь (ОС)	92
2.4.1. Основные параметры и определения	92
2.4.2. Параллельная обратная связь по напряжению (Y-типа) ...	95
2.4.3. Последовательная обратная связь по напряжению (H-типа) ..	97
2.4.4. Последовательная обратная связь по току (Z-типа)	98
2.4.5. Параллельная обратная связь по току (G-типа)	100
2.4.6. Влияние обратной связи на нелинейные искажения и помехи	102
2.4.7. Влияние последовательной ООС по напряжению на стабильность коэффициента усиления усилителя	103
2.4.8. Расширение полосы рабочих частот в малосигнальном режиме с помощью обратной связи	104
2.4.9. Устойчивость усилителей с отрицательной обратной связью	105
2.5. Токовое зеркало	107
2.6. Дифференциальный каскад (ДК)	113
2.6.1. Общие сведения	113
2.6.2. Малосигнальные усилительные параметры ДК	116
2.7. Широкополосные усилители	120
2.7.1. Общие сведения	120
2.7.2. Расширение полосы пропускания в области низких частот ...	120
2.7.3. Расширение полосы пропускания в области высоких частот ...	120
Глава 3. УСИЛИТЕЛИ НА ОПЕРАЦИОННЫХ УСИЛИТЕЛЯХ ...	129
3.1. Основные сведения об операционных усилителях	129
3.2. Основные параметры операционных усилителей	131
3.3. Основные схемы включения операционных усилителей	141
3.3.1. Инвертирующий усилитель	141

Оглавление

3.3.2. Неинвертирующий усилитель	144
3.3.3. Повторитель	144
3.3.4. Разностный усилитель	145
3.4. Сумматоры	147
3.4.1. Инвертирующий сумматор	147
3.4.2. Неинвертирующий сумматор	148
3.5. Компараторы	149
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	153
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	154