

УДК 681.3(075.8)
ББК 32.85я73
С59

Рецензенты: Заслуженный деятель науки РФ, доктор техн. наук, профессор *Д. А. Безуглов*, доктор техн. наук, доцент *В. А. Погорелов*

Соколов С. В., Титов Е. В.

С59 Электроника: Учебное пособие для вузов / Под ред. С. В. Соколова. – М.: Горячая линия – Телеком, 2013. – 204 с.: ил.

ISBN 978-5-9912-0344-9.

В учебном пособии рассмотрены базовые разделы электроники: полупроводниковая электроника, микроэлектроника и функциональная электроника. Дано краткое изложение физических основ построения элементной базы приборов и устройств, их упрощённого математического анализа. Приведен список рекомендуемой литературы для углубленного изучения материала.

Для студентов, обучающихся по направлению подготовки 210700 – «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» квалификации (степени) «бакалавр» и квалификации (степени) «магистр», будет полезно для студентов электронных и радиотехнических направлений вузов, аспирантов и специалистов.

ББК 32.85я73

Адрес издательства в Интернет WWW.TECHBOOK.RU

Учебное издание

Соколов Сергей Викторович, Титов Евгений Вадимович

Электроника

Учебное пособие для вузов

Редактор Ю. Н. Чернышов
Компьютерная верстка Ю. Н. Чернышова
Обложка художника О. Г. Карповой

Подписано в печать 15.08.2013. Формат 60×88/16. Уч. изд. л. 12,75. Тираж 1000 экз. (1-й завод 100 экз.)

ISBN 978-5-9912-0344-9

© С. В. Соколов, Е. В. Титов, 2013

© Издательство «Горячая линия – Телеком», 2013

Оглавление

Введение	3
1. Введение в электронику	4
1.1. Краткая историческая справка о развитии электроники	4
1.2. Этапы развития элементной базы электроники	20
1.3. Классификация элементной базы микроэлектроники	23
1.4. Место микроэлектроники в сфере высоких технологий ..	24
2. Физические основы работы полупроводниковых при- боров	27
2.1. Общие сведения о полупроводниках	27
2.2. Основные физические явления в полупроводниках	31
2.3. Электронно-дырочный переход и основные физические явления в нем	35
3. Электронно-дырочный переход при прямом и обрат- ном включении	38
3.1. Прямое смещение p - n -перехода	38
3.2. Обратное смещение p - n -перехода	40
3.3. Вольт-амперная характеристика (ВАХ) p - n -перехода ...	41
3.4. Явления пробоя p - n -перехода.....	42
4. Полупроводниковые диоды	45
4.1. Основные характеристики и параметры полупроводнико- вых диодов	45
4.2. Основные типы диодов	48
4.3. Использование вольт-амперной характеристики диода для определения его режима работы	57
4.4. Математические модели диодов и их использование для анализа электронных схем	58
5. Униполярные транзисторы. Полевые транзисторы .	61
5.1. Общие сведения о работе униполярных транзисторов ...	61
5.2. Структура и принцип действия полевых транзисторов ..	63
5.3. Статические характеристики полевых транзисторов	65
5.4. Малосигнальные параметры и эквивалентная схема поле- вого транзистора	67
6. МДП-транзисторы	86
6.1. Структура и принцип действия МДП-транзисторов	86

6.2. Статические характеристики МДП-транзисторов	70
6.3. Малосигнальные параметры и эквивалентная схема МДП-транзистора	75
7. Биполярные транзисторы	86
7.1. Устройство и основные физические процессы	86
7.2. Характеристики и параметры схемы с общей базой	89
7.3. Характеристики и параметры схемы с общим эмиттером	95
7.4. Три схемы включения транзистора с ненулевым сопротивлением нагрузки	96
7.5. h -параметры транзисторов	98
8. Математические модели биполярного транзистора ..	100
8.1. Модель Эберса–Молла с двумя источниками тока, управляемыми токами	100
8.2. Модель Эберса–Молла с одним источником тока, управляемым током	101
8.3. Эквивалентная схема транзистора для расчета схем с общим эмиттером	103
8.4. Анализ схем с транзисторами	104
9. Усилители постоянного тока	107
9.1. Основные понятия и определения	107
9.2. Компенсационные УПТ	108
9.3. Дрейф в УПТ	112
9.4. Балансные УПТ	113
9.5. УПТ с преобразованием усиливаемого напряжения	123
10. Операционные усилители	119
10.1. Основные понятия и определения	119
10.2. Структурная схема операционного усилителя	120
10.3. Основные параметры операционного усилителя	122
10.4. Передаточная характеристика операционного усилителя	124
10.5. Частотные свойства операционного усилителя	125
10.6. Влияние различных факторов на выходное напряжение операционного усилителя	129
10.7. Классификация операционных усилителей	131
11. Интегральные микросхемы	133
11.1. Общие понятия и определения микроэлектроники	133
11.2. Большие интегральные микросхемы	137
11.3. Сравнение различных типов ИМС	141
12. Физико-технологические принципы изготовления ИМС	144
12.1. Изоляция элементов ИМС	144

12.2. Особенности и классификация процессов изготовления полупроводниковых биполярных ИМС	146
12.2.1. Стандартная технология	147
12.2.2. КИД-технология	155
12.2.3. БИД-технология	155
12.3. Особенности, этапы и классификация процессов изготовления гибридных ИМС	157
12.3.1. Особенности и классификация процессов изготовления гибридных ИМС	157
12.3.2. Основные этапы изготовления плат	159
13. Программируемые логические матрицы. Программируемая матричная логика. Базовые матричные кристаллы	161
13.1. Основные сведения, классификация, области применения	161
13.2. Программируемые логические матрицы	163
13.3. Программируемая матричная логика	168
13.3.1. Схемы с программируемым выходным буфером	169
13.3.2. Схемы с двунаправленными выводами	170
13.3.3. Схемы с памятью	171
13.3.4. ПМЛ с разделяемыми конъюнкторами	172
13.4. Базовые матричные кристаллы (вентильные матрицы с масочным программированием)	173
13.4.1. Классификация БМК	176
13.4.2. Параметры БМК	180
13.5. Программируемые вентильные матрицы	181
13.6. Программируемые коммутируемые матричные блоки ...	196
14. Перспективные направления развития микроэлектроники	185
14.1. Основные направления развития функциональной микроэлектроники	185
14.2. Оптоэлектроника и фотоника	191
14.2.1. Оптроны	192
14.2.2. Фотоизлучатели	193
14.2.3. Фотоприемники	195
14.2.4. Световоды	196
14.2.5. Интегральная оптика	197
14.2.5. Оптоэлектронные ИМС	198
Литература	201