

СПРАВОЧНИК ПО КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЕ МИКРО- И НАНОЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ

Под редакцией профессора А. Н. Игнатова



«Инфра-Инженерия»

СПРАВОЧНИК ПО КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЕ МИКРО- И НАНОЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ

Под редакцией профессора А. Н. Игнатова

Москва Вологда
«Инфра-Инженерия»
2024

УДК 621.383(075.32)

ББК 32.81

С74

Авторы:

Игнатов А. Н., Гришина И. В., Фадеева Н. Е., Полянская А. В., Савиных В. Л.,
Стрельцов А. И., Брикман А. И., Дерезев И. А., Елистратова И. Б.,
Шевченко В. В., Шубин В. В., Морозов Е. В.

Рецензенты:

к. т. н., заместитель генерального директора по научной работе
АО «Новосибирский завод полупроводниковых приборов Восток» *А. В. Глухов*;
к. т. н., доцент Сибирского государственного университета телекоммуникаций
и информатики (СибГУТИ) *И. И. Резван*

**С74 Справочник по компонентной базе микро- и нанoeлектронной
техники** / [Игнатов А. Н. и др.] ; под ред. проф. А. Н. Игнатова. – Москва ;
Вологда : Инфра-Инженерия, 2024. – 496 с. : ил., табл.
ISBN 978-5-9729-1589-7

Рассматривается компонентная база микро- и нанoeлектронной техники: пассив-
ные и активные приборы, аналоговые и цифровые микросхемы, СБИС и наносхемы,
оптоэлектронные компоненты, аккумуляторы и вторичные источники питания.

Для специалистов, разрабатывающих и эксплуатирующих микро- и нанoeлек-
тронную технику, а также для студентов электро- и радиотехнических профилей ву-
зов.

УДК 621.383(075.32)

ББК 32.81

ISBN 978-5-9729-1589-7

© Издательство «Инфра-Инженерия», 2024

© Оформление. Издательство «Инфра-Инженерия», 2024

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	5
1. Классификация и системы обозначений электронных компонентов	6
1.1. Классификация и система обозначений транзисторов.....	6
1.1.1. Общие сведения и классификация	6
1.1.2. Система обозначений.....	6
1.1.3. Полевые транзисторы	8
1.1.4. Классификация биполярных транзисторов.....	8
1.2. Классификация и система обозначений интегральных микросхем.....	10
1.2.1. Общие сведения	10
1.2.2. Классификация цифровых интегральных схем	16
1.3. Классификация и система обозначений оптоэлектронных компонентов.....	16
1.3.1. Общие сведения	16
1.3.2. Классификация оптоэлектронных приборов.....	17
1.3.3. Система обозначений.....	19
2. Транзисторы	20
2.1. Общие сведения.....	20
2.2. Отечественные и зарубежные производители транзисторов	20
2.2.1. Отечественные производители транзисторов.....	20
2.2.2. Зарубежные производители транзисторов	22
2.3. Полевые транзисторы	24
2.3.1. Введение.....	24
2.3.2. УГО полевых транзисторов	26
2.3.3. Эквивалентные схемы ПТ	27
2.3.4. Дифференциальные параметры полевых транзисторов	28
2.3.5. Параметрическая модель ПТ	31
2.3.6. Базы данных полевых транзисторов	33
2.3.7. Отечественные аналоги зарубежных полевых транзисторов.....	40
2.3.8. Примеры применения полевых транзисторов.....	42
2.4. Биполярные транзисторы	45
2.4.1. Введение.....	45
2.4.2. УГО биполярных транзисторов.....	45
2.4.3. Эквивалентная схема биполярного транзистора	46
2.4.4. Дифференциальные параметры биполярного транзистора	48
2.4.5. Модели биполярных транзисторов	51
2.4.6. Базы данных биполярных транзисторов.....	52
2.4.7. Отечественные аналоги зарубежных биполярных транзисторов	65
2.4.8. Примеры применения биполярных транзисторов.....	66
2.5. Транзисторы и модули для силовой электроники	67
2.5.1. Общие сведения	67
2.5.2. База данных мощных транзисторов и силовых модулей.....	69

2.6. Частотные свойства транзисторов.....	75
2.7. Шумовые свойства транзисторов	78
3. Аналоговые интегральные микросхемы.....	82
3.1. Общие сведения.....	82
3.2. Интегральные операционные усилители.....	82
3.2.1. Общие сведения, классификация и поколения ИОУ	82
3.2.2. Отечественные фирмы разработчики ИОУ	85
3.2.3. Зарубежные фирмы разработчики ИОУ	87
3.2.4. Параметрическая модель ОУ	88
3.2.5. База данных интегральных операционных усилителей	90
3.2.6. Примеры устройств на ОУ	97
3.3. Регуляторы	99
3.3.1. Классификация электронных регуляторов.....	99
3.3.2. Способы электронной регулировки коэффициента передачи.....	102
3.4. Электронные ключи и мультиплексоры.....	104
3.4.1. Общие сведения	104
3.4.2. Классификация электронных компонентов систем коммутации	105
3.4.3. Типы и модели аналоговых ключей.....	106
3.4.4. Мнемосхемы перспективных компонентов для коммутационных систем	110
3.4.5. Параметрическая модель интегральных схем ключей и мультиплексоров	114
3.4.6. База данных.....	115
3.5. Фильтры	120
3.5.1. Классификация микроэлектронных фильтров.....	120
3.5.2. Активные RC-фильтры нижних и верхних частот	124
3.5.3. Активные полосовые и режекторные фильтры	125
3.5.4. Фильтры для высокочастотных электронных систем.....	132
3.6. Генераторы.....	135
3.6.1. Общие сведения и классификация	135
3.6.2. Генераторы на основе интегральных операционных усилителей ...	140
3.6.3. Импульсные генераторы	143
3.6.4. Генераторы для ВЧ и СВЧ электронных систем	147
3.7. Таймеры.....	149
3.7.1. Определения интегрального таймера	149
3.7.2. Общие сведения	149
3.7.3. Параметрическая модель.....	150
4. Компоненты цифровой электронной техники	152
4.1. Общие сведения.....	152
4.2. Фирмы разработчики	155
4.2.1. Отечественные фирмы-разработчики	155
4.2.2. Зарубежные фирмы-разработчики	157
4.3. Параметрическая модель	159
4.4. Базы данных ЦИМС.....	160
4.4.1. База данных отечественных ТТЛШ	160

4.4.2. База данных зарубежных ТТЛШ	160
4.4.3. База данных отечественных КМДП	161
4.4.4. База данных зарубежных КМДП	162
4.5. ИМС семейства 5514	163
4.6. Сравнение параметров ЦИМС различных семейств	165
4.7. Триггеры	166
4.8. Комбинационные устройства	171
4.9. Последовательностные устройства	175
4.10. Рекомендации по импортозамещению	181
5. СБИС и наносхемы	184
5.1. Введение	184
5.1.1. Нанотехнологии и наноэлектроника	185
5.1.2. Перспективы отечественного производства нанокомпонентов	186
5.2. Микропроцессоры	187
5.2.1. Общие сведения	187
5.2.2. Классификация микропроцессоров	188
5.2.3. Общая логическая структура микропроцессоров	190
5.2.4. Отечественные и зарубежные производители	194
5.2.5. Параметрическая модель МП	196
5.2.6. Рейтинговое представление производительности	198
5.2.7. База данных отечественных МП	198
5.2.8. Универсальные МП производства Intel	203
5.2.9. Универсальные МП производства AMD	205
5.2.10. Базы данных универсальных МП	208
5.2.11. Примеры применений	212
5.3. Микроконтроллеры	213
5.3.1. Общие сведения и классификация	213
5.3.2. Классификация и УГО	216
5.3.3. Параметрическая модель микроконтроллеров	218
5.3.4. База данных отечественных микроконтроллеров	220
5.3.5. Базы данных зарубежных микроконтроллеров	223
5.3.6. Примеры применения микроконтроллеров	230
5.4. ПЛИС	231
5.4.1. Общие сведения и классификация	231
5.4.1.1. Этапы проектирования	232
5.4.1.2. Применение	232
5.4.1.3. Типы ПЛИС	233
5.4.2. Отечественные и зарубежные производители	234
5.4.3. Параметрические модели	234
5.4.4. База данных	235
5.5. Базовый матричный кристалл	238
5.5.1. Общие сведения и классификация	238
5.5.2. Параметрические модели	238
5.5.3. База данных	247
5.5.3.1. База данных отечественных БМК	247

5.5.3.2. База данных зарубежных БМК.....	251
5.5.4. Примеры применений.....	253
6. Оптоэлектронные компоненты электронной техники.....	254
6.1. Общие сведения.....	254
6.2. Отечественные и зарубежные производители	255
6.2.1. Отечественные производители.....	255
6.2.2. Зарубежные производители	259
6.3. Классификация	263
6.4. Светодиоды.....	265
6.4.1. Общие сведения	265
6.4.2. Классификация и УГО.....	265
6.4.3. Модели	270
6.4.4. Базы данных светодиодов	275
6.4.5. Примеры применений.....	281
6.5. Лазеры	282
6.5.1. Общие сведения	282
6.5.2. Классификация и УГО.....	282
6.5.3. Модели	283
6.5.4. База данных полупроводниковых лазеров	285
6.5.5. Примеры применений.....	290
6.6. Оптоны	292
6.6.1. Классификация и УГО.....	292
6.6.2. Модели	294
6.6.3. База данных оптонов	295
6.6.4. Примеры применений.....	296
6.7. Световоды	297
6.7.1. Общие сведения	297
6.7.2. Классификация и УГО.....	298
6.7.3. Модели	299
6.7.4. База данных отечественных световодов.....	300
6.7.5. База данных зарубежных световодов.....	301
6.7.6. Примеры применений.....	302
6.8. Волстроны.....	304
6.8.1. Общие сведения	304
6.8.2. Классификация и УГО.....	306
6.8.3. Модели	307
6.8.4. База данных отечественных волстронов	309
6.8.5. База данных зарубежных волстронов	310
6.8.6. Примеры применений.....	316
6.9. Фотоприемники.....	317
6.9.1. Общие сведения	317
6.9.2. Классификация и УГО.....	318
6.9.3. Чувствительность фотоприемников.....	320
6.9.4. Электрические и временные параметры.....	321
6.9.5. Шумовые параметры фотоприемников	322

6.9.6.	Параметры фотоприемника как элемента оптопары.....	324
6.9.7.	Глаз как фотоприемник с уникальными свойствами	325
6.9.8.	Характеристики фотоприемников.....	329
6.9.9.	Фотодиоды на основе р-п-перехода	327
6.9.10.	Фотодиоды с р-і-п-структурой	329
6.9.11.	Фотодиоды Шоттки	331
6.9.12.	Фотодиоды с гетероструктурой.....	334
6.9.13.	Лавинные фотодиоды	335
6.9.14.	Биполярные фототранзисторы.....	337
6.9.15.	Полевые фототранзисторы.....	340
6.9.16.	Фотоприемники ультрафиолетового излучения	344
6.9.17.	Фототиристоры.....	346
6.9.18.	Фоторезисторы	347
6.9.19.	Модели	352
6.9.20.	База данных отечественных фотодиодов	355
6.9.21.	База данных зарубежных компонентов	358
6.9.22.	Примеры применений.....	361
7.	Датчики и преобразователи	362
7.1.	Датчики и сенсоры	362
7.1.1.	Общие сведения	362
7.1.2.	Анализ достижений фирм разработчиков	362
7.1.3.	Классификация датчиков	365
7.1.4.	Параметрические модели	366
7.1.5.	Базы данных отечественных и зарубежных датчиков	370
7.1.6.	Примеры устройств с компонентами датчиков	378
7.2.	Цифро-аналоговые преобразователи	379
7.2.1.	Общие сведения	379
7.2.2.	Классификация	379
7.2.3.	Основные характеристики	380
7.2.4.	Параметрические модели	382
7.2.5.	База данных отечественных и зарубежных ЦАП	384
7.2.6.	Пример устройств с компонентами ЦАП.....	386
7.3.	Аналого-цифровые преобразователи	386
7.3.1.	Общие сведения	386
7.3.2.	Классификация АЦП	387
7.3.3.	Основные характеристики	388
7.3.4.	Анализ достижений фирм разработчиков	391
7.3.5.	Параметрические модели	392
7.3.6.	База данных отечественных и зарубежных АЦП	393
7.3.7.	Примеры устройств с компонентами АЦП	397
8.	Аккумуляторы и вторичные источники питания	398
8.1.	Общие сведения.....	398
8.2.	Бытовые аккумуляторы или гальванические элементы.....	398
8.2.1.	Введение.....	398
8.2.2.1.	Отечественные фирмы разработчиков батареек	399

8.2.2.2. Зарубежные фирмы разработчиков батареек.....	401
8.2.3. Классификация элементов питания номинальным напряжением 1,2–1,6 В.....	403
8.2.3.1. Цилиндрические элементы	404
8.2.3.2. Миниатюрные элементы.....	407
8.2.3.3. Серебряно-цинковые элементы.....	407
8.2.3.4. Воздушно-цинковые элементы	411
8.2.4. Классификация элементов питания номинальным напряжением 3–3,7 В.....	411
8.2.4.1. Цилиндрические элементы	411
8.2.5. Классификация элементов питания других литиевых элементов	416
8.2.6. Параметрическая модель батареек.....	420
8.2.7. База данных отечественных батареек.....	420
8.2.8. База данных зарубежных батареек.....	421
8.3. Батареи для сотовых телефонов, радиотелефонов, коммуникаторов и смартфонов	424
8.3.1. Введение.....	424
8.3.2. Рекомендации по импортозамещению сотовых батарей коммуникаторов и смартфонов	424
8.3.3. Классификация аккумуляторов для мобильных устройств.....	426
8.3.4. Параметрическая модель батарей для мобильных телефонов радиотелефонов устройств.....	430
8.3.5. База данных зарубежных батарей для мобильных телефонов радиотелефонов устройств.....	431
8.4. Батареи для ноутбуков и планшетов.....	435
8.4.1. Введение.....	435
8.4.2. Рекомендации по импортозамещению аккумуляторов аккумуляторных батарей для ноутбуков и планшетов	435
8.4.3. Классификация аккумуляторов для ноутбуков и планшетов.....	438
8.4.4. Параметрическая модель батарей для ноутбуков и планшетов.....	441
8.4.5. База данных зарубежных батарей для ноутбуков и планшетов.....	442
8.5. Вторичные источники питания.....	448
8.5.1. Введение.....	448
8.5.2.1. Отечественные разработчики вторичный источник электропитания	448
8.5.2.2. Зарубежные разработчики вторичный источник электропитания	449
8.5.2. Классификация вторичных источников питания	449
8.5.3. Параметрическая модель вторичных источников питания	451
8.5.4. База данных отечественных зарубежных вторичных источников питания.....	452
8.6. Батареи для источников бесперебойного питания (ИБП)	453
8.6.1. Введение.....	453

8.6.2. Отечественные фирмы разработчиков аккумуляторов бесперебойного источника питания.....	453
8.6.3. Классификация аккумуляторов источников бесперебойного питания	455
8.6.4. Характеристики аккумуляторов источников бесперебойного питания.....	459
8.6.5. Параметрическая модель аккумуляторов источников бесперебойного питания	463
8.6.6. База данных отечественных зарубежных аккумуляторов источников бесперебойного питания.....	464
9. Автоматизированный поиск перспективных компонентов и синтез МЭА методом наращивания функций.....	465
9.1. Общие сведения.....	465
9.2. Критерии автоматизированного поиска перспективных компонентов электронной техники	465
9.3. Алгоритм автоматизированного поиска перспективных компонентов электронной техники	468
9.4. Пример применения автоматизированного поиска перспективных компонентов электронной техники	469
9.5. Синтез МЭА методом наращивания функций	470
Перечень сокращений и обозначений	473
Источники информации по разделам	479