

Об авторах	XXV
Как пользоваться этой книгой?	XXVII
Содержание томов	XXVII
Общая организация книги	XXIX
Справочник — в сравнении с учебником	XXIX
Теория и практика	XXIX
Структура	XXIX
Поиск компонента	XXIX
Добавления и исключения	XXX
Выделение текста	XXX
Договоренности об условных обозначениях на схемах	XXX
Фон на фотографиях	XXXI
Доступность компонентов	XXXI
Ошибки и опечатки	XXXII
Библиотека Safari Books Online	XXXII
Как с нами связаться?	XXXII
Электронный архив	XXXIII
Благодарности	XXXIII

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРИБОРЫ ТИРИСТОРЫ

1

Статья 1. Триодный тиристор

1

Описание	1
Устройство	2
Особенности переключения	2
Внутренняя структура	4
Напряжение пробоя и напряжение включения	4
Демонстрация работы триодного тиристора	5
Применение в цепях переменного тока	6
Варианты	6
Параметры	6
Часто используемые сокращения	6
Использование	7
Регулирование фазы	8
Защита от перенапряжений	10
Что может пойти не так?	11
Неожиданное включение, вызванное нагревом	11
Неожиданное включение, вызванное выбросом напряжения	11
Смещение номиналов для переменного и постоянного токов	11
Максимальная сила тока и угол отсечки	11
Ошибка при интерпретации обозначений	11

Статья 2. Динистор

13

Описание	13
Варианты условных обозначений	14
Устройство	14
Переключение переменного тока	16
Варианты	16
Параметры	16
Что может пойти не так?	17
Неожиданное включение, вызванное нагревом	17
Эффекты низких температур	17
Разброс параметров	17
Статья 3. Симистор	19
Описание	19
Варианты условных обозначений	20
Устройство	21
Состояния симистора	22
Пороговый ток, ток фиксации и ток удержания	23
Тестирование симистора	23
Напряжение включения	25
Переключение переменного тока	26
Запуск симистора с помощью динистора	27
Другие варианты запуска симистора	28
Накопление заряда	28
Варианты	29
Параметры	29
Что может пойти не так?	30
Неожиданное включение, вызванное нагревом	30
Эффекты низких температур	30
Неправильный тип нагрузки	30
Неверное определение контактов	30
Накопление заряда	30
ИНТЕГРАЛЬНЫЕ МИКРОСХЕМЫ	31
АНАЛОГОВЫЕ	
Статья 4. Твердотельное реле	31
Описание	31
Преимущества твердотельных реле перед электромагнитными	32
Недостатки твердотельных реле по сравнению с электромагнитными	32
Устройство	33
Варианты	34
Реле перехода через нулевое значение	34
Нормально замкнутый и нормально разомкнутый режимы	34
Корпус	34

Твердотельный аналоговый переключатель	35
Параметры	36
Использование	36
Что может пойти не так?	37
Перегрев, вызванный перегрузкой	37
Перегрев, вызванный плохим контактом	37
Перегрев, вызванный непрерывной работой	37
Перегрев, вызванный плотным монтажом компонентов	37
Перегрев сдвоенных реле	37
Перегорание из-за подачи напряжения обратной полярности	37
Несрабатывание при низком напряжении на выходе	37
Невозможность измерить выходное переменное напряжение	38
Реле включается, но не выключается	38
Параллельно соединенные реле не работают	38
Устройство на выходе не работает на полную мощность	38
Твердотельные реле и безопасное разъединение	38
Статья 5. Оптрон	39
Описание	39
Устройство	40
Варианты	41
Внутренние датчики	41
Основные типы оптронов	42
Параметры	43
Использование	43
Что может пойти не так?	44
Срок службы	44
Перегорание светодиода	44
Выход из строя фотоприемника	44
Статья 6. Компаратор	45
Описание	45
Гистерезис	46
Устройство	46
Различия между компаратором и операционным усилителем	48
Варианты	49
Параметры	49
Использование	51
Логическая схема «И»	53
Бистабильный мультивибратор	53
Релаксационный генератор	53
Преобразователь уровня	54
Двухпороговый компаратор	54
Другие варианты применения	55

Что может пойти не так?	55
Самовозбуждение	55
Неверное подключение входных контактов	55
Неподходящий тип микросхемы	55
Отсутствие нагрузочного резистора	56
Проблемы КМОП-структур	56
Неправильный выходной сигнал	56
Перепутанные напряжения	56
Зависимость гистерезиса от нагрева	56
Статья 7. Операционный усилитель	57
Описание	57
Устройство	58
Дифференциальный вход	59
Отрицательная обратная связь	60
Операционные усилители и компараторы	60
Варианты	61
Параметры	61
Использование	62
Управление коэффициентом усиления	62
Расчет величины усиления	62
Усиление постоянного напряжения смещения	63
Фильтр нижних частот	64
Фильтр верхних частот	64
Релаксационный генератор	65
Однополярный источник питания	65
Корректировка смещения нуля	66
Что может пойти не так?	66
Проблемы с источником питания	66
Неправильное подключение неиспользуемых ОУ	67
Самовозбуждение	67
Перепутанные входы	67
Статья 8. Цифровой потенциометр	69
Описание	69
Преимущества	70
Устройство	70
Варианты	72
Энергозависимая и энергонезависимая память	72
Характеристика	73
Передача данных	73
Протокол SPI	73
Протокол I2C	74
Протокол Up/Down	75

Другие системы управления	76
Подключения и режимы	76
Параметры	76
Использование	77
Достижение более высокой точности	78
Что может пойти не так?	78
Помехи и искаженный входной сигнал	78
Неправильный тип микросхемы	79
Несинхронная работа микросхемы и контроллера	79
Нелинейные эффекты	79
Слишком высокая скорость передачи данных	79
Статья 9. Таймер	81
Описание	81
Моностабильный режим	81
Автоколебательный режим	82
Устройство	82
Варианты	82
Таймер 555	82
Работа таймера 555 в ждущем режиме	83
Работа таймера 555 в автоколебательном режиме	85
Таймер 556	86
Таймер 558	86
КМОП-таймер 555	87
Таймер 5555	87
Таймер 7555	88
Таймер 7556	88
Таймер 4047В	88
Сдвоенные моностабильные таймеры	88
Параметры	90
Таймер 555	90
Измерение времени в ждущем режиме	90
Измерение времени в автоколебательном режиме	91
Сдвоенные моностабильные таймеры	91
Использование	93
Ждущий режим таймера 555	93
Автоколебательный режим таймера 555 и паузы на выходе	94 95
Таймер 555. Автогенератор со скважностью 50%: часть 1	95
Таймер 555. Автогенератор со скважностью 50%: часть 2	96
Использование управляющего вывода таймера 555	96
Имитация триггера с помощью таймера 555	97
Гистерезис таймера 555	98

Таймер 555 и разделительные конденсаторы	98
Таймер 555: подключение динамика	99
Однократный режим	100
Генератор звука «Вы проиграли»	100
Что может пойти не так?	101
Неисправный таймер	101
Замена биполярного варианта на КМОП-микросхему	101
Бесконечный импульс	101
Возможные причины неправильной работы микросхемы	102
Влияние на работу других компонентов	102
Неправильная работа выходных устройств	102
Неисправимое повреждение, вызванное индуктивной нагрузкой	102
ИНТЕГРАЛЬНЫЕ МИКРОСХЕМЫ ЦИФРОВЫЕ	103
Статья 10. Логический элемент	103
Описание	103
Историческая справка	103
Устройство	104
Инверсия	104
Элементы с одним входом	105
Элементы с более чем двумя входами	105
Булева нотация	106
Арифметические операции	106
Прочие операции	107
Варианты	108
Маркировка	109
Семейства	110
Функциональная совместимость микросхем разных семейств	111
Количество элементов в микросхеме	112
Один элемент: два входа	112
Один элемент: три входа	113
Один элемент: настраиваемая функция	113
Два элемента: два входа	114
Серия 74xx в 14-штырьковом корпусе	114
с четырьмя двухвходовыми элементами	114
с тремя трехвходовыми элементами	115
с двумя четырехвходовыми элементами	116
с одним 8-входовым элементом	116
Инверторы серии 74xx	117
Дополнительные варианты	118
Цоколевка микросхем оригинального семейства 4000	119
Инверторы серии 4000	121
Использование	121

Выбор семейства	121
Применение	121
Что может пойти не так?	122
Статическое электричество	122
«Плавающие» выводы	123
Несовместимость семейств	123
Перегрузка выходов	123
Снижение уровня напряжения на выходе	123
Несоблюдение полярности и неправильное напряжение	123
Изогнутые штырьковые выводы	123
Искаженный входной сигнал	123
Аналоговый сигнал на входе	124
Статья 11. Триггер	125
Описание	125
Устройство	126
RS-триггер на основе элемента И-НЕ	126
RS-триггер на основе элемента ИЛИ-НЕ	129
Запрещенные состояния	130
JK-триггер	131
Двухтактный триггер	133
D-триггеры	134
Подведем некоторые итоги	135
Варианты	136
Варианты корпуса	136
Параметры	137
Использование	138
Что может пойти не так?	138
Недостоверная документация	138
Ошибка запуска	139
Метаустойчивость	139
Другие проблемы	139
Статья 12. Сдвиговый регистр	141
Назначение	141
Представление на схемах	142
Устройство	143
Аббревиатуры и сокращения	143
Параллельные выходы и входы	144
Варианты	145
Последовательный вход, последовательный выход	145
Последовательный вход, параллельный выход	145
Параллельный вход, последовательный выход	145
Параллельный вход, параллельный выход	145

Универсальный сдвиговый регистр	146
Параметры	146
Питание	147
Выход с тремя состояниями	147
Использование	148
Соединение входов	149
Предварительная загрузка сдвигового регистра	149
Опрос клавиатуры	149
Арифметические операции	149
Буферизация	150
Что может пойти не так?	150
Ошибочная классификация	150
Неправильно подобранное время установки	151
Неподключенный вход	151
Проблемы с тристабильными микросхемами	151
«Плавающая» выходная шина	151
Статья 13. Счетчик	153
Описание	153
Условное обозначение	154
Устройство	154
Коэффициент пересчета и остаток от деления	155
Обозначения выводов	155
Варианты	156
Асинхронный и синхронный счетчики	157
Кольцевой, двоичный и двоично-десятичный счетчики	157
Источник тактовых импульсов	159
Запуск по фронту или спаду	159
Несколько ступеней	159
Одинарный и сдвоенный счетчики	159
Состояния выходов счетчика	160
Убывающие значения на выходе	160
Программируемые счетчики	160
Примеры	160
Параметры	161
Что может пойти не так?	161
Запрещенная комбинация	161
Импульсные помехи	161
Помехи	162
Статья 14. Шифратор	163
Описание	163
Условное обозначение	164
Похожие компоненты	164

Устройство	165
Варианты	166
Параметры	166
Использование	167
Каскадное соединение шифраторов	167
Что может пойти не так?	168
Статья 15. Дешифратор	169
Описание	169
Входные устройства	170
Подключение светодиодного индикатора	171
Условное обозначение	171
Похожие компоненты	172
Устройство	172
Варианты	173
Параметры	173
Использование	173
Что может пойти не так?	174
Переходные процессы	174
Неточная классификация	174
Активный высокий или активный низкий сигнал	174
Статья 16. Мультиплексор	175
Описание	175
Дифференциальный мультиплексор	176
Похожие компоненты	177
Устройство	177
Условное обозначение	179
Идентификация выводов	179
Варианты	180
Параметры	181
Использование	182
Иные способы применения	182
Что может пойти не так?	183
Нагрузочные резисторы	183
Разрыв до включения	183
Искажение сигнала	183
Пределы коммутации КМОП-компонентов	183
Переходные процессы	183
ИСТОЧНИКИ СВЕТА, ИНДИКАТОРЫ ИЛИ ДИСПЛЕИ ОТРАЖАЮЩИЕ	185
Статья 17. ЖК-индикатор	185
Описание	185

Устройство	186
Варианты	187
Активный и пассивный ЖК-дисплеи	187
Типы жидких кристаллов	188
Семисегментные индикаторы	188
Дополнительные сегменты	190
Матричные индикаторы	191
Цвет	193
Варианты задней подсветки	194
Бистабильные дисплеи	194
Использование	195
Числовые индикаторные модули	195
Алфавитно-цифровые индикаторные модули	196
Что может пойти не так?	197
Чувствительность к температуре	197
Неправильное мультиплексирование	198
Повреждение постоянным током	198
Неверный протокол обмена	198
Ошибки при подключении	198
ИСТОЧНИКИ СВЕТА, ИНДИКАТОРЫ ИЛИ ДИСПЛЕИ ОДИНОЧНЫЕ ИСТОЧНИКИ	199
Статья 18. Лампа накаливания	199
Описание	199
Историческая справка	200
Устройство	201
Спектр	201
Другие источники света	202
Потребление мощности	203
Варианты	204
Миниатюрные лампы	204
Индикаторные лампы для панельного монтажа	205
Галогенные и кварцево-галогенные лампы	205
Лампы для духовок	206
Варианты цоколя	206
Параметры	207
Световой поток	207
Освещенность	207
Сила света	208
Средняя сферическая сила света в свечах	208
Светоотдача	208
КПД	208
Использование	209

Некоторые преимущества ламп накаливания	209
Отклонение от рабочих характеристик	210
Что может пойти не так?	211
Высокая температура окружающей среды	211
Опасность возгорания	211
Бросок тока	211
Проблемы при замене	211
Статья 19. Неоновая лампа	213
Описание	213
Устройство	214
Конструкция	214
Ионизация	214
Отрицательное сопротивление	215
Использование	216
Ограниченная светоотдача	217
КПД	218
Устойчивость к внешним условиям	218
Проверка источника питания	218
Ожидаемый срок службы	219
Варианты	219
Газоразрядные индикаторы	219
Что может пойти не так?	220
Свечение от наводок	220
Невключение при слабом внешнем освещении	220
Ранний выход из строя при работе на постоянном токе	220
Ранний выход из строя вследствие скачков напряжения	220
Замена	220
Статья 20. Люминесцентная лампа	221
Описание	221
Устройство	222
Балласт и стартер	223
Мерцание	224
Варианты	224
Люминесцентные лампы с холодным катодом	224
Размеры	225
Сравнение	225
Параметры	226
Световой поток	226
Спектр	226
Что может пойти не так?	226
Ненадежное включение	226
Мерцание незадолго до окончания срока службы	226

Невозможность регулировки интенсивности света	227
Выгорание электродов	227
Опасность ультрафиолетового излучения	227
Статья 21. Лазер	229
Описание	229
Устройство	230
Лазерный диод	230
Когерентный свет	232
Варианты	233
СО2-лазер	233
Волоконный лазер	233
Кристаллический лазер	233
Параметры	233
Использование	234
Варианты применения	234
Что может пойти не так?	235
Риск получения травмы	235
Недостаточный отвод тепла	235
Неподходящий источник питания	235
Неправильная полярность	235
Статья 22. Светодиодный индикатор	237
Описание	238
Условные обозначения	238
Типичное применение	239
Устройство	239
Многоцветные светодиоды и смешение цветов	240
Варианты	240
Размер и форма	240
Сила света	240
Светоотдача	241
Рассеяние	241
Длина волны и цветовая температура	242
Встроенный резистор	243
Многоцветный светодиод	244
Инфракрасный светодиод	244
Ультрафиолетовый светодиод	244
Параметры	244
Прямой ток	244
Слаботочные светодиоды	245
Прямое напряжение	245
Индекс цветопередачи	246
Ожидаемый срок службы	246

Световая отдача и нагрев	246
Угол обзора	246
Использование	247
Полярность	247
Номинал последовательного резистора	247
Светодиоды, соединенные параллельно	248
Последовательное соединение нескольких светодиодов	248
Сравнение с другими источниками света	248
Другие варианты применения	248
Что может пойти не так?	249
Чрезмерное прямое напряжение	249
Повышенный ток и нагрев	249
Путаница при хранении	249
Полярность	249
Встроенные резисторы	249
Статья 23. Светодиод для освещения	251
Описание	252
Тенденции стоимости и эффективности	253
Условные обозначения	253
Устройство	253
Визуальные различия	254
Попарное сравнение цветов	256
Теплоотвод	257
Светоотдача	257
Регулировка силы света	257
Ультрафиолетовое излучение	257
Вариации цвета	258
Варианты	258
Сравнение	259
Параметры	260
Что может пойти не так?	261
Неправильное напряжение	261
Перегрев	261
Проблемы при замене люминесцентных ламп светодиодными	261
Вводящая в заблуждение цветопередача	262
ИСТОЧНИКИ СВЕТА, ИНДИКАТОРЫ ИЛИ ДИСПЛЕИ НЕСКОЛЬКО ИСТОЧНИКОВ ИЛИ ПАНЕЛЬ	263
Статья 24. Светодиодный дисплей	263
Описание	264
Устройство	264

Варианты	264
Сравнение с жидкокристаллическими дисплеями	264
Семисегментные дисплеи	265
Несколько цифр	266
Дополнительные сегменты	266
Матричные дисплеи	268
Матрицы из пикселей	268
Шкальный индикатор	268
Одиночная световая полоска	269
Параметры	269
Применение	269
Семисегментный дисплей: основные понятия	269
Управляющие микросхемы и мультиплексирование	270
Микросхема управления 16-сегментным дисплеем	272
Матричные светодиодные дисплейные модули	272
Матрицы пикселей	272
Микросхема управления шкальным индикатором	273
Шестнадцатеричная точечная матрица на одну цифру	274
Что может пойти не так?	275
Общий анод в сравнении с общим катодом	275
Неправильный номинал токоограничительного резистора	275
Сложности при мультиплексировании	275
Статья 25. Вакуумно-люминесцентный дисплей	277
Описание	277
Устройство	278
Анод, катод и сетка	278
Использование	278
Современные применения	279
Варианты	280
Цвет	280
Наборы символов и пиктограммы	280
Сравнение	280
Что может пойти не так?	281
Выцветание	281
Статья 26. Электролюминесцентные устройства	283
Описание	283
Устройство	284
Люминофоры	284
Происхождение термина	284
Варианты	284
Панели	284
Гибкие светящиеся ленты	286

Световой шнур	286
Органический светодиод	287
ИСТОЧНИКИ ЗВУКА ЗУММЕРЫ	289
Статья 27. Звуковой преобразователь	289
Описание	290
Устройство	290
Варианты	290
Электромагнитный преобразователь	290
Пьезоэлектрический преобразователь	290
Ультразвуковой преобразователь	291
Конструкция	291
Параметры	291
Диапазон частот	291
Давление звука	292
Взвешенные параметры звука	293
Невзвешенные параметры звука	293
Положение при измерении	294
Ограничения	294
Напряжение	295
Ток	295
Использование	295
Подходящая интенсивность звука	295
Управление громкостью	295
Питание переменного тока	295
Автоколебательный пьезопреобразователь	295
Что может пойти не так?	296
Перенапряжение	296
Утечка	296
Проблемы при монтаже компонента	296
Влажность	296
Неверная идентификация компонента	296
Подключение к микроконтроллеру	296
Статья 28. Звуковой извещатель	297
Описание	297
Устройство	297
Частота звука	298
Историческая справка	298
Варианты	299
Звуковые сигналы	299
Конструкция	299
Параметры	299
Напряжение	300

Ток	300
Частота	300
Продолжительность работы	300
Использование	300
Подходящая интенсивность звука	300
Управление громкостью	301
Электрическое подключение	301
Что может пойти не так?	301
ИСТОЧНИКИ ЗВУКА ВОСПРОИЗВОДЯЩИЕ УСТРОЙСТВА	303
Статья 29. Наушники	303
Описание	303
Устройство	304
Основные сведения о звуке	304
Варианты	305
Движущаяся обмотка	305
Другие типы	306
Механическая конструкция	306
Параметры	308
Звуковое давление	308
Частотная характеристика	308
Искажения	309
Импеданс	309
Что может пойти не так?	309
Перегрузка	309
Нарушение слуха	309
Неправильный импеданс	310
Неправильное электрическое подключение	310
Статья 30. Динамик	311
Описание	312
Устройство	312
Конструкция	312
Улучшение воспроизведения высоких и низких частот	314
Отверстия в корпусе	314
Резонанс	315
Миниатюрные динамики	315
Варианты	315
Электростатический динамик	315
Динамики с усилителем	316
Беспроводные динамики	316
Инновационные конструкции	316

Параметры	316
Что может пойти не так?	317
Повреждение	317
Магнитное поле	317
Вибрация	317
Приложение. Описание электронного архива к книге	319
Предметный указатель	321