

| | |
|---|--------|
| 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 |
| Метастабильность | 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 |