

УДК 621.3
ББК 32.85
П37

Платт, Ч.

П37 Энциклопедия электронных компонентов. Том 3. Датчики местоположения, присутствия, ориентации, вибрации, жидкости, газа, света, тепла, звука, электричества: Пер. с англ./ Ч. Платт, Ф. Янссон. — СПб.: БХВ-Петербург, 2017. — 288 с.: ил.

ISBN 978-5-9775-3766-7

В третьем томе энциклопедии приведена основная информация о датчиках различного назначения, определяющих пространственные, механические, электрические, оптические и акустические характеристики, а также характеристики текучих сред. Каждая статья представляет собой законченное описание какого-либо датчика или группы родственных датчиков. Подробно описано назначение, принцип действия, основные параметры, варианты изготовления и области применения датчиков, а также приведены примеры типовых схем их включения. Материал сопровождается фотографиями, схемами и диаграммами.

Для радиолюбителей

УДК 621.3
ББК 32.85

Группа подготовки издания:

Главный редактор	<i>Екатерина Кондукова</i>
Зам. главного редактора	<i>Игорь Шишигин</i>
Зав. редакцией	<i>Екатерина Капалыгина</i>
Перевод с английского	<i>Михаила Райтмана</i>
Редактор	<i>Леонид Кочин</i>
Компьютерная верстка	<i>Людмилы Гауль</i>
Корректор	<i>Зинаида Дмитриева</i>
Оформление обложки	<i>Марины Дамбиевой</i>

© BHV-St.Petersburg, 2017

Authorized Russian translation of the English edition of Make: Encyclopedia of Electronic Components Volume 3, ISBN 978-1-449-33431-4

© 2016 Charles Platt, published by Maker Media, Inc.

This translation is published and sold by permission of O'Reilly Media, Inc., which owns or controls all rights to sell the same.

Авторизованный русский перевод английской редакции книги Make: Encyclopedia of Electronic Components Volume 3, ISBN 978-1-449-33431-4 © 2016 Charles Platt, изданной Maker Media, Inc.

Перевод опубликован и продается с разрешения O'Reilly Media, Inc., собственника всех прав на публикацию и продажу издания.

Подписано в печать 31.01.17.

Формат 84×108^{1/16}. Печать офсетная. Усл. печ. л. 30,24.

Тираж 1000 экз. Заказ №

«БХВ-Петербург», 191036, Санкт-Петербург, Гончарная ул., 20.

Первая Академическая типография «Наука»
199034, Санкт-Петербург, 9 линия, 12/28

ISBN 978-1-449-33431-4 (англ.)
ISBN 978-5-9775-3766-7 (рус.)

© 2016 Charles Platt
© Перевод, оформление, издательство «БХВ-Петербург», 2017

Чарльз Платт



Энциклопедия ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ

ТОМ 1

Резисторы, конденсаторы, катушки индуктивности, переключатели, преобразователи, реле, транзисторы

ТОМ 2

Тиристоры, аналоговые и цифровые микросхемы, светодиоды, ЖК-дисплеи, аудиокомпоненты

ТОМ 3

Датчики местоположения, присутствия, ориентации, вибрации, жидкости, газа, света, тепла, звука, электричества

Подробная: содержит информацию, отобранную из сотен источников

Структурированная: части и главы четко организованы по типу компонентов

Авторитетная: фактические сведения проверены экспертами для гарантии актуальности и точности информации

Методичная: более последовательный источник информации по сравнению с онлайн-ресурсами, техническими описаниями и руководствами производителей

Инструктивная: каждое описание компонента содержит подробную информацию о вариантах его замены, распространенных проблемах и путях их решения

Всеобъемлющая: *первый том* охватывает компоненты по производству, распределению, коммутации, накоплению и преобразованию электрической и электромагнитной энергии, а также полупроводниковые приборы, *во втором томе* рассмотрены интегральные микросхемы, источники света и звука, *третий том* целиком посвящен датчикам



Идеальная для преподавателей, инженеров, студентов и любителей всех возрастов энциклопедия предоставит надежную и проверенную информацию, когда потребуется вспомнить сведения о каком-либо электронном компоненте или впервые начать работать с ним. Начинающие быстро усвоят основные понятия, а более опытные пользователи найдут подробности, необходимые для своих проектов.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Об авторах.....	XXIII
Предисловие	XXV
Цель книги.....	XXV
Структура книги.....	XXVI
Проблемы классификации датчиков	XXVI
Содержание томов энциклопедии.....	XXVII
Том 1	XXVII
Том 2	XXVII
Том 3	XXVIII
Методология книги	XXIX
Справочник — в сравнении с учебником	XXIX
Теория и практика	XXIX
Выходной сигнал датчика.....	XXIX
Глоссарий.....	XXX
Выделение терминов в тексте.....	XXX
Синтаксис математических формул.....	XXX
Условные обозначения на схемах	XXX
Единицы измерения и фон на фотографиях.....	XXXI
Доступность компонентов.....	XXXI
Ошибки и опечатки	XXXII
Мы информируем вас	XXXII
Вы информируете нас	XXXII
Вы спрашиваете нас.....	XXXII
Публичные ресурсы.....	XXXII
Библиотека Safari® Books Online	XXXIII
Благодарности.....	XXXIII
Электронный архив.....	XXXIV

> ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

>> МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ

Статья 1. Датчик GPS	1
Описание.....	1
Условное обозначение на схемах.....	1
Сегменты системы GPS	1

Принцип действия.....	2
Варианты изготовления.....	2
Параметры GPS-датчиков.....	3
Использование.....	4
Выходной сигнал с частотой 1 Гц.....	4
Что может пойти не так?.....	5
Электростатический разряд.....	5
Некачественное заземление.....	5
Непропаённое соединение.....	5
Ограниченная доступность.....	5
Невозможность обнаружения спутников.....	5
Превышение максимальной скорости или высоты.....	5

Статья 2. Магнитометр.....7

Описание.....	7
Условное обозначение.....	7
Гиростабилизатор.....	8
Варианты применения.....	8
Устройство и принцип действия.....	8
Магнитные поля.....	8
Земные оси.....	9
Индукционный магнитометр.....	10
Эффект Холла и магниторезистивный эффект.....	11
Варианты изготовления.....	11
Использование.....	11
Что может пойти не так?.....	12
Искажения.....	12
Неправильный монтаж.....	12

> ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

>> НАЛИЧИЕ ОБЪЕКТА

Статья 3. Датчик присутствия объекта13

Описание.....	14
Обозначение на схемах.....	14
Типы датчиков.....	14
Оптическое обнаружение.....	15
Оптические датчики, работающие на просвет.....	16
Световозвращающие оптические датчики.....	17
Магнитные датчики.....	19
Герконовый переключатель.....	19
Разновидности герконовых переключателей.....	20

Параметры герконового переключателя	21
Как использовать геркон	21
Датчик Холла	22
Как работает датчик Холла	22
Разновидности датчиков Холла.....	23
Другие варианты применения.....	23
Параметры датчиков Холла.....	23
Подключение датчика Холла	24
Конфигурация датчиков присутствия объекта	24
Линейное перемещение	24
Детектирование за счет прерывания	25
Угловое перемещение	25
Сравнение датчиков присутствия.....	25
Преимущества оптических датчиков присутствия	25
Недостатки оптических датчиков присутствия.....	25
Преимущества герконов.....	25
Недостатки герконов.....	26
Преимущества датчиков Холла	26
Недостатки датчиков Холла	26
Что может пойти не так?.....	26
Проблемы оптических датчиков.....	26
Проблемы герконовых переключателей.....	27

Статья 4. Пассивный инфракрасный датчик 29

Описание.....	29
Обозначение на схемах.....	29
Варианты применения.....	30
Устройство и принцип действия	30
Пироэлектрический детектор.....	30
Чувствительные элементы.....	30
Линзы.....	32
Варианты изготовления	34
Что может пойти не так?.....	35
Чувствительность к температуре	35
Уязвимость окошка датчика.....	35
Воздействие влаги.....	35

> ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

>> РАССТОЯНИЕ

Статья 5. Датчик приближения 37

Описание.....	38
Обозначение на схемах.....	38
Варианты применения.....	38

Разновидности датчиков приближения	38
Ультразвуковой датчик.....	38
Инфракрасный датчик	39
Сравнительные преимущества различных датчиков	39
Образцы ультразвуковых датчиков.....	39
Датчики других производителей.....	40
Отдельные пьезоизлучатели	41
Образцы инфракрасных датчиков	41
Тенденции развития инфракрасных датчиков	42
Емкостный датчик приближения.....	43
Варианты применения.....	44
Устройство емкостного датчика.....	44
Источники ошибок	44
Параметры емкостных датчиков	45
Что может пойти не так при использовании оптических и ультразвуковых датчиков приближения.....	45
Объект расположен слишком близко	45
Взаимные помехи.....	45
Неподходящие поверхности	45
Влияние окружающей среды.....	45
Ухудшение рабочих характеристик светодиодов.....	46

Статья 6. Датчик линейного положения47

Описание.....	47
Варианты применения.....	47
Обозначение на схемах.....	48
Устройство и принцип действия	48
Линейный потенциометр	48
Магнитные линейные энкодеры	49
Оптические линейные энкодеры.....	50
Варианты применения линейных энкодеров	51
Линейно-регулируемые дифференциальные трансформаторы	51
Что может пойти не так?.....	52
Механический износ	52
Ограниченный срок службы светодиода.....	52

> ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

>> ОРИЕНТАЦИЯ

Статья 7. Датчик углового положения 53

Описание.....	53
Варианты применения.....	53
Условное обозначение на схемах.....	54
Потенциометры	54
Поворотный потенциометр с дуговой дорожкой.....	54

Концевые ограничители	55
Многооборотный потенциометр.....	55
Магнитный датчик углового положения	55
Микросхемы для определения углового положения	56
Поворотные энкодеры	56
Оптические поворотные энкодеры.....	57
Образцы поворотных энкодеров	58
Устройство компьютерной мыши.....	59
Скорость вращения	60
Датчики абсолютного углового положения	60
Код Грея	60
Магнитные поворотные энкодеры	61
Использование поворотных энкодеров	62
Что может пойти не так?.....	63
Неправильное подключение.....	63
Неподходящая программа обработки	63
Неоднозначность терминологии.....	63

Статья 8. Датчик наклона

Описание.....	66
Условное обозначение на схемах.....	66
Устройство и принцип действия	66
Упрощенная конструкция датчика наклона	67
Варианты применения.....	68
Варианты изготовления	68
Ртутные переключатели	68
Маятниковый переключатель.....	69
Датчик с намагниченным шариком	69
Детекторы наклона	69
Двухосевые детекторы наклона.....	70
Параметры датчиков наклона.....	71
Использование датчиков наклона	72
Что может пойти не так?.....	72
Эрозия контактов	72
Помехи в неустановившемся режиме	72
Угроза для окружающей среды	72
Необходимость наличия силы тяжести	73
Требовательность к устойчивости	73

Статья 9. Гироскоп

Описание.....	75
Обозначение на схемах.....	75
Гиростабилизатор	75
Варианты применения.....	76

Устройство и принцип действия	76
Вибрационный гироскоп.....	76
Варианты изготовления	78
Гиросtabilизаторы.....	78
Параметры гироскопа.....	79
Особенности использования многофункциональных датчиков	79
Что может пойти не так?.....	80
Температурный дрейф.....	80
Механическое напряжение.....	80
Внешняя вибрация	80
Место размещения.....	80

Статья 10. Акселерометр81

Описание.....	81
Гиросtabilизатор	81
Обозначение на схемах.....	82
Варианты применения.....	82
Устройство и принцип действия	82
Сила тяжести и свободное падение	83
Вращение акселерометра	84
Расчет ускорения	84
Варианты изготовления	84
Параметры акселерометров.....	86
Что может пойти не так?.....	86
Механическое напряжение.....	86
Другие проблемы.....	86

> МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

>> КОЛЕБАНИЯ

Статья 11. Датчик вибрации..... 87

Описание.....	87
Обозначение на схемах.....	87
Варианты конструкции	88
Штырь с пружиной	88
Пьезоэлектрическая пластинка	89
Пьезоэлектрические микросхемы.....	89
Конструкция типа «мышеловки».....	89
Магнитный переключатель	90
Ртутный переключатель	90
Параметры датчиков вибрации	90
Первичные переменные.....	90
Динамические характеристики.....	91

Особенности использования датчиков вибрации	91
Что может пойти не так?	92
Большая длина кабеля	92
Помехи	92
Неправильное заземление	92
Усталостное разрушение	92

> МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

>> СИЛА

Статья 12. Датчик усилия 93

Описание	94
Варианты применения	94
Условное обозначение на схемах	94
Устройство и принцип действия	94
Измеритель деформации	95
Схема с мостом Уитстона	95
Уменьшение погрешности моста Уитстона	97
Усиление сигнала в измерителе деформации	97
Другие модули для измерения деформации	97
Датчики усилия на основе пластиковой пленки	98
Датчики деформационной силы	98
Самодельные резистивные датчики	98
Использование датчиков усилия	99
Резистивные датчики усилия с пластиковой пленкой	99
Параметры датчиков усилия	100
Сенсорные датчики усилия на основе пленки	100
Характеристики датчиков усилия на основе пленки	101
Измерители деформации	101
Что может пойти не так?	101
Повреждение при пайке	101
Неправильно приложенная нагрузка	101
Повреждение при проникновении влаги	102
Чувствительность к температуре	102
Чрезмерно длинные выводы	102

> МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

>> ВВОД ДАННЫХ ЧЕЛОВЕКОМ

Статья 13. Сенсорный датчик касания 103

Описание	104
Варианты применения	104
Обозначение на схемах	104
Устройство и принцип действия	104

Использование сенсорных датчиков.....	105
Где взять сенсорные панели	106
Одиночный сенсорный датчик	106
Сенсорные диски и линейки.....	106
Особенности конструкции сенсорных датчиков	107
Что может пойти не так?.....	108
Нечувствительность к перчаткам.....	108
Невозможность использования стилуса.....	108
Электропроводящий краситель.....	108

Статья 14. Сенсорный экран 109

Описание.....	109
Обозначение на схемах.....	109
Варианты конструкции	109
Резистивное считывание.....	109
Емкостное считывание	110
Экраны, предлагаемые в качестве компонентов	111

> ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕКУЧИХ СРЕД

>> жидкость

Статья 15. Датчик уровня жидкости 113

Описание.....	113
Обозначение на схемах.....	113
Варианты применения.....	114
Устройство и принцип действия	114
Поплавковый датчик с двоичным выходом.....	114
Поплавковый датчик с аналоговым выходным сигналом.....	115
Поплавковый датчик с инкрементным выходным сигналом.....	116
Вытеснительные датчики уровня	116
Ультразвуковые датчики уровня.....	117
Измерение веса резервуара	117
Определение давления.....	117
Что может пойти не так?.....	118
Турбулентность	118
Влияние наклона	119

Статья 16. Датчик скорости потока жидкости 121

Описание.....	121
Обозначения на схемах.....	122
Датчики с лопастным колесом.....	122
Турбинные датчики	123
Ограничения лопастных колес и турбин	123

Датчик с нагретой массой	124
Реле расхода со скользящей муфтой	124
Реле расхода с подвижным поршнем.....	124
Ультразвуковой датчик скорости жидкости	125
Магнитный датчик скорости жидкости.....	125
Датчик скорости потока жидкости на основе перепада давления	126
Что может пойти не так?.....	126
Влияние загрязнений и коррозии материалов.....	126

> ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕКУЧИХ СРЕД

>> ГАЗ/ЖИДКОСТЬ

Статья 17. Датчик давления газа/жидкости.....127

Описание.....	127
Обозначения на схемах.....	127
Варианты применения.....	128
Особенности конструкции	128
Единицы измерения давления	128
Устройство и принцип действия	128
Виды чувствительных элементов	129
Измерение относительного давления	129
Варианты изготовления	130
Давление окружающего воздуха.....	130
Измерение высоты над уровнем моря	131
Датчики давления газа	131
Что может пойти не так?.....	132
Уязвимость к загрязнениям, влаге и химически активным материалам.....	132
Чувствительность к свету.....	132

> ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕКУЧИХ СРЕД

>> ГАЗ

Статья 18. Датчик концентрации газа133

Описание.....	133
Обозначение на схемах	134
Полупроводниковые датчики газа.....	134
Датчики кислорода	135
Датчики влажности	136
Датчик точки росы.....	136
Датчики абсолютной влажности.....	137
Датчики относительной влажности.....	137
Выходной сигнал датчика влажности.....	138

Аналоговый датчик влажности.....	138
Особенности монтажа датчиков влажности.....	139
Цифровой датчик влажности.....	139
Что может пойти не так?.....	140
Повреждение датчика.....	140
Необходимость периодической калибровки.....	140
Неправильная пайка.....	140

Статья 19. Датчик скорости потока газа..... 141

Описание.....	141
Варианты применения.....	141
Обозначение на схемах.....	142
Устройство и принцип действия.....	142
Анемометр.....	142
Датчики массового расхода газа.....	143
Варианты применения датчиков массового расхода.....	144
Единицы измерения массового расхода.....	144
Измерение больших объемов.....	145
Вид выходного сигнала.....	145
Что может пойти не так?.....	145

> ХАРАКТЕРИСТИКИ ИЗЛУЧЕНИЯ

>> СВЕТ

Статья 20. Фоторезистор..... 147

Описание.....	147
Обозначение на схемах.....	147
Устройство и принцип действия.....	148
Конструкция.....	148
Варианты изготовления.....	148
Фоторезистор в составе оптрона.....	148
Параметры фоторезистора.....	149
Сравнение с фототранзистором.....	149
Использование фоторезисторов.....	150
Подключение фоторезистора.....	150
Что может пойти не так?.....	151
Превышение предельных параметров.....	151
Перегрузка по напряжению.....	151
Отсутствие маркировки.....	151

Статья 21. Фотодиод..... 153

Описание.....	153
Обозначение на схемах.....	153
Варианты применения.....	153

Устройство и принцип действия	153
Варианты изготовления	154
PIN-фотодиоды	154
Лавинные фотодиоды	154
Корпус	154
Диапазон длин волн.....	154
Фотодиодные матрицы	155
Виды выходного сигнала	155
Специализированные компоненты.....	155
Параметры фотодиодов.....	156
Использование фотодиода.....	157
Что может пойти не так?.....	158

Статья 22. Фототранзистор.....159

Описание.....	159
Обозначения на схемах.....	159
Варианты применения.....	160
Устройство и принцип действия	160
Варианты изготовления	160
Подключение базы	160
Фотодарлингтон	161
Полевой фототранзистор.....	161
Параметры фототранзистора	161
Сравнение с другими фотодатчиками.....	162
Подбор параметров.....	162
Использование фототранзистора	162
Расчет выходного сигнала.....	163
Что может пойти не так?.....	164
Неправильное определение типа компонента.....	164
Выходной сигнал выходит за пределы рабочего диапазона.....	164

> ХАРАКТЕРИСТИКИ ИЗЛУЧЕНИЯ

>> ТЕПЛО

Статья 23. Термистор с отрицательным температурным коэффициентом.....165

Описание.....	165
Обозначения на схемах.....	166
Варианты применения.....	166
Устройство термистора с отрицательным температурным коэффициентом	166
Преобразование выходного сигнала для определения температуры...	167
Подбор резистора в схеме делителя	168

Включение термистора в схему моста Уитстона.....	168
Определение температуры.....	169
Ограничение пускового тока с помощью термистора	169
Повторное включение	170
Параметры термистора.....	170
Обозначения и сокращения.....	170
Опорная температура.....	171
Опорное сопротивление	171
Коэффициент рассеивания мощности	171
Температурный коэффициент.....	171
Постоянная времени нагрева	171
Допуск	172
Температурный диапазон	172
Ток переключения	172
Ограничение по мощности	172
Взаимозаменяемость	172
Что может пойти не так?.....	172
Самонагрев	172
Рассеивание тепла	172
Влияние внешней температуры.....	172
Сравнение датчиков температуры	172
Термистор с отрицательным температурным коэффициентом (NTC)	173
Термистор с положительным температурным коэффициентом (PTC).....	173
Термопара.....	173
Резистивный температурный датчик.....	173
Полупроводниковый датчик температуры.....	174

Статья 24. Термистор с положительным температурным коэффициентом 175

Описание.....	175
Обозначение на схемах.....	176
Обзор PTC-термисторов	176
PTC-термисторы для измерения температуры	176
Отличие от резистивного датчика температуры	177
Нелинейные PTC-термисторы	178
Защита от перегрева.....	178
Защита от чрезмерного тока.....	178
Ограничение броска тока с помощью PTC-термистора.....	179
Сильноточные PTC-термисторы	180
PTC-термистор для балласта в осветительных приборах	181
PTC-термистор в качестве нагревательного элемента.....	181

Что может пойти не так?.....	181
Самонагрев	181
Нагрев других компонентов	181
Статья 25. Термопара	183
Описание.....	183
Обозначение на схемах.....	184
Варианты применения термопар	184
Устройство и принцип действия	185
Подробнее о термопарах	186
Использование термопар	186
Типы термопар	187
Коэффициент Зеебека.....	187
Микросхемы для работы с термопарами	188
Термобатарея.....	189
Что может пойти не так?.....	190
Полярность	190
Электрические помехи.....	190
Усталость металла и окисление.....	190
Неправильный тип термопары.....	190
Тепловое повреждение при создании термопары	190
Статья 26. Резистивный датчик температуры	191
Описание.....	191
Свойства резистивного датчика температуры.....	192
Обозначение на схемах.....	192
Варианты применения.....	192
Устройство и принцип действия	193
Варианты изготовления	193
Электрическое подключение	194
RTD-зонд.....	194
Обработка сигнала RTD-датчика.....	195
Что может пойти не так?.....	195
Самонагрев	195
Влияние нагрева на изоляцию проводов	195
Неподходящий чувствительный элемент	195
Статья 27. Полупроводниковый датчик температуры....	197
Описание.....	197
Варианты применения полупроводникового датчика	
температуры.....	198
Обозначение на схемах	198
Достоинства и недостатки полупроводникового датчика	
температуры.....	199

Устройство и принцип действия	199
КМОП-датчики	199
Преимущество использования нескольких транзисторов	199
Схема Брокау	200
Варианты изготовления	201
Датчики с аналоговым выходным напряжением	201
Датчики с аналоговым выходным током	203
Датчики с цифровым выходным сигналом	204
Датчики температуры на основе КМОП	206
Что может пойти не так?	207
Различные температурные шкалы	207
Помехи в кабельной проводке	207
Время задержки	207
Время обработки сигнала	207

Статья 28. Инфракрасный датчик температуры 209

Описание	209
Варианты применения бесконтактных датчиков температуры	210
Обозначение на схемах	210
Устройство и принцип действия	211
Термоэлемент	212
Измерение температуры	212
Варианты изготовления	213
Датчики для поверхностного монтажа	214
Матрицы из датчиков	214
Параметры инфракрасных термодатчиков	214
Диапазон температур	214
Поле зрения	215
Что может пойти не так?	215
Неподходящее поле зрения	215
Отражающие объекты	215
Стеклянные преграды	215
Несколько источников тепла	215
Перепады температур	215

> ХАРАКТЕРИСТИКИ ИЗЛУЧЕНИЯ

>> ЗВУК

Статья 29. Микрофон.....217

Описание	217
Обозначение на схемах	217
Устройство и принцип действия	218
Угольный микрофон	218
Микрофон с подвижной катушкой	218

Конденсаторный микрофон.....	219
Электретный микрофон.....	219
Микрофон с использованием микроэлектромеханических систем.....	220
Пьезоэлектрический микрофон.....	220
Параметры микрофонов.....	220
Чувствительность.....	220
Диаграмма направленности.....	221
Частотная характеристика.....	221
Импеданс.....	222
Суммарный коэффициент гармонических искажений.....	222
Отношение сигнал/шум.....	223
Что может пойти не так?.....	223
Наводки в кабеле.....	223
Помехи от источника питания.....	223

> ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

>> ТОК

Статья 30. Датчик тока..... 225

Описание.....	225
Варианты применения.....	225
Амперметр.....	225
Обозначение на схемах.....	226
Подключение амперметра.....	226
Расчет тока через измерение напряжения.....	227
Резисторы для измерения тока.....	227
Измерение напряжения.....	229
Измерение тока с помощью эффекта Холла.....	229
Что может пойти не так?.....	230
Неподходящий тип тока.....	230
Магнитные помехи.....	230
Неправильное электрическое подключение амперметра.....	230
Ток, выходящий за рабочий диапазон.....	230

> ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

>> НАПРЯЖЕНИЕ

Статья 31. Датчик напряжения..... 231

Описание.....	231
Варианты применения.....	231
Щитовой вольтметр.....	231
Обозначение на схемах.....	232
Подключение вольтметра.....	232

Особенности использования вольтметра	233
Неточность, вызванная наличием нагрузки.....	233
Гистограммный индикатор	234
Что может пойти не так?.....	235
Неподходящий тип тока.....	235
Высокий импеданс цепи	235
Напряжение, выходящее за рабочий диапазон	235
Вольтметр с заземленным входом	235

Приложение 1. Выходной сигнал датчика 237

Аналоговый выходной сигнал.....	238
1. Аналоговый выход: напряжение	238
2. Аналоговый выход: сопротивление.....	240
3. Аналоговый выход: открытый коллектор	240
4. Аналоговый выход: ток	241
5. Двоичный выход: высокое/низкое состояние	242
6. Двоичный выход: ШИМ-сигнал	242
7. Двоичный выход: изменяющаяся частота.....	243
8. Цифровой выход: протокол I2C	243
9. Цифровой выход: протокол SPI.....	243

Глоссарий..... 245

Предметный указатель..... 249

ОБ АВТОРАХ

Чарльз Платт — автор книг *Make: Electronics* и *Make: More Electronics*. В прошлом был ведущим автором в журнале *Wired*, а сейчас сотрудничает с журналом *Make*; где ведет колонку об электронике.

Фредрик Янссон — физик из Финляндии, он получил степень доктора философии (PhD) в университете Åbo Akademi University. В настоящее время живет в Нидерландах, где в научной группе Амстердамского университета проводит исследования по робототехнике и имитации поведения морских животных. Фредрику всегда нравилось разбирать на запчасти вышедшую из строя бытовую технику. Он также имеет радиолобительский позывной OH1HSN. Фредрик проверил справочные сведения в предыдущей книге Чарльза Платта — *Make: More Electronics*.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Третий, последний том «Энциклопедии электронных компонентов» посвящен исключительно датчикам.

Существенные изменения, происшедшие в сфере датчиков начиная с 80-х годов прошлого века, вызваны двумя причинами. Во-первых, такие устройства, как антиблокировочные тормозные системы, подушки безопасности и регуляторы выхлопа стимулировали разработку недорогих датчиков для применения в автомобилях. Многие из таких датчиков представляют собой микроэлектромеханические системы (МЭМС), изготовленные по интегральной технологии на основе кремния.

Во-вторых, с 2007 года МЭМС-датчики стали все шире применять в смартфонах. Современный смартфон может содержать с десяток датчиков разного типа, причем их размеры и стоимость уменьшились до такой степени, какую невозможно было представить 20 лет назад.

Теперь МЭМС-датчики так же дешевы, как и обычные полупроводниковые компоненты вроде стабилизатора напряжения или логической микросхемы, и их легко сочетать с микроконтроллерами. В данной энциклопедии мы отвели существенное место этому сегменту рынка в надежде на то, что выбранные нами конкретные марки датчиков останутся популярными и доступными, по крайней мере, в течение следующего десятилетия.

Кроме того, мы не обошли вниманием и старые проверенные временем компоненты.

Цель книги

Хотя многие сведения, приведенные в настоящем томе энциклопедии, можно отыскать в технической документации, в учебниках, на Web-сайтах и в источниках, поддерживаемых производителями, мы полагаем, что есть реальная необходимость в надежном справочнике, где собраны вместе все разрозненные данные, которые проверены и должным образом упорядочены, причем иногда упомянуты такие подробности, которые трудно найти где-либо еще.

Эта книга может оказаться полезной также потому, что в ней предпринята попытка классификации очень разнородных компонентов. Так, например, отличается ли *датчик присутствия объекта* от *датчика приближения*? Одни производители считают их одинаковыми, другие же относят к разным группам датчиков. Понимание различий, а также принципов, положенных в основу работы компонентов, может оказаться важным, когда вы решаете, какой датчик выбрать.

Терминология датчиков может также вводить в заблуждение. Приведем еще один пример. Чем отличаются *отражающий прерыватель*, *отражающий датчик присутствия объекта*, *отражающий оптический датчик*, *отражающий фотопрерыватель* и *датчик*? Все эти термины встречаются в различных технических описаниях и обозначают компоненты, которые являются *световозвращающими датчиками*. Понимание разнообразных вариантов терминологии может стать существенным, когда вы всего лишь пытаетесь отыскать что-либо в каталоге продукции.

Структура книги

Данный том, как и предыдущие два, организован по предметному принципу. Так, например, если вы желаете измерить температуру, то обратитесь к статьям о термисторе и о термопаре, которые расположены рядом в разделе, посвященном измерению тепла. Это позволит сравнить возможности устройств и выбрать компонент, который подойдет вам лучше всего.

Сверху на первой странице каждой статьи указан предметный путь для каждого датчика. Например, для датчика скорости потока газа путь будет таким:

Характеристики текучих сред > газ > датчик скорости потока газа

Заметьте, что понятие «текущая среда» охватывает как газы, так и жидкости.

Проблемы классификации датчиков

К сожалению, некоторые датчики нелегко классифицировать. Встречаются четыре типа проблем.

1. Что именно обнаруживает датчик?

Микросхема датчика GPS является радиоприемником, принимающим сигналы от спутников. Означает ли это, что ее следует отнести к категории датчиков радиоизлучения? Нет, поскольку ее назначение — определение вашего местоположения. Поэтому она отнесена к датчикам положения. Отсюда следует первое основное правило: датчики классифицируются по их основному назначению. Вторичное назначение можно отыскать в предметном указателе.

2. Сколько сенсоров содержится в датчике?

Многие микросхемы для поверхностного монтажа выполняют несколько измерительных функций. Так, например, датчик-гиросtabilизатор

может содержать три гироскопа, три акселерометра и три магнитометра. К какой же категории следует отнести подобный датчик?

В результате гиросtabilизатор упоминается в нескольких статьях данной энциклопедии, поскольку он выполняет несколько функций, но нет отдельного раздела, посвященного гиросtabilизатору, т. к. каждая статья в энциклопедии описывает какую-либо одну функцию датчика.

Естественно, названия микросхем с несколькими датчиками включены в предметный указатель.

3. Сколько различных входных сигналов может обнаруживать датчик?

Какой-либо чувствительный элемент может использоваться в датчиках разных типов. Самый известный пример — датчик Холла, который можно найти в магнитометрах, датчиках присутствия объекта, датчиках скорости, тока и во множестве других. В современных автомобилях датчики Холла можно встретить практически всюду, начиная с системы зажигания и заканчивая механизмом блокировки багажника. Если в вашем компьютере есть жесткий диск с вращающимися пластинами, то он, вероятно, содержит датчик Холла, предназначенный для слежения за скоростью вращения. Даже в обычной компьютерной клавиатуре каждое нажатие клавиши обнаруживается с помощью датчика Холла.

Если принять все это во внимание, то как тогда классифицировать датчик Холла? И в каком разделе описать принцип его работы?

Было принято такое решение: когда компоненты различного типа содержат один и тот же чувствительный элемент, в статьях о каждом из этих компонентов приведена перекрестная ссылка на общий раздел, в котором данный чувствительный элемент описывается подробно. Такой раздел выбран исходя из функционального назначения. Так, датчики Холла рассмотрены в статье о датчиках **присутствия объекта**, поскольку

это их основная функция. И хотя датчик Холла работает за счет детектирования магнитного поля, такое его применение не самое распространенное.

4. Слишком много датчиков!

В онлайн-справочнике «Википедия» приведено более сотни типов датчиков (bit.ly/1WJ9P12), но даже этот перечень, вероятно, неполный. В результате нам пришлось прибегнуть к отбору. Некоторые решения могут показаться произвольными, но все они были приняты на основе практических соображений. Мы руководствовались следующими тремя принципами, когда определяли, что включить в книгу, а что нет.

1. Компонент ли это? Нас больше интересуют компоненты для монтажа на плате, а не готовые изделия, которые содержат датчики. Например, термопара часто помещается внутрь стальной трубки-щупа, а провода подключаются к специальному измерительному прибору, который отображает температуру. И хотя в книге приведена фотография такого щупа, нам важно в первую очередь объяснить устройство самой термопары.
2. Какова стоимость компонента? Промышленный ультразвуковой датчик, который отслеживает изделия на заводском конвейере, размещен внутри герметично закрытого блока и снабжен защищенным от влаги кабелем — все это прекрасно, но не очень доступно по цене. В данной энциклопедии описаны небольшие компоненты, которые монтируются на плате и стоят в десять раз дешевле.
3. Скольким людям мог бы понадобиться компонент? Наличие датчиков каждого типа проверялось на сайтах поставщиков этих компонентов. Если какой-либо датчик отсутствовал на складе или была упомянута лишь пара вариантов, мы делали вывод, что вследствие ограниченного спроса такой компонент не следует включать в эту книгу. Например, датчик ускорения Феррариса

реагирует на вихревые токи во вращающемся вале электродвигателя, что позволяет измерить вибрацию вала. Это действительно весьма интересное устройство, но вряд ли многие захотят его приобрести.

Содержание томов энциклопедии

Объяснив структуру этой книги и принципы, на основе которых были добавлены или исключены различные компоненты, приведем теперь обзор содержимого всех трех томов энциклопедии.

Том 1

Электрическая и электромагнитная энергия и полупроводниковые приборы.

Категория *электрическая энергия* содержит источники электроэнергии и методы ее распределения, накопления, коммутации и преобразования; категория *электромагнитная энергия* содержит устройства, которые создают усилие в линейном направлении, а также устройства, создающие вращательное движение; категория *полупроводниковые приборы* содержит основные типы диодов и транзисторов.

Состав первого тома приведен в табл. 1.

Том 2

Тиристоры (триодные тиристоры, динисторы и симисторы), интегральные микросхемы, источники света, индикаторы и дисплеи, источники звука.

Категория *полупроводниковые приборы* включает рассмотрение тиристоров; категория *интегральные микросхемы* разделена на аналоговые и цифровые компоненты; категория *источники света, индикаторы и дисплеи* охватывает отражательные дисплеи, одиночные источники света, а также дисплеи, испускающие свет; *источники звука*