

## Полное содержание

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
<b>ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ.</b>	
<b>МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ</b>	1
<b>Статья 1. Датчик GPS</b>	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
Непропаянное соединение	5
Ограниченная доступность	5
Невозможность обнаружения спутников	5
Превышение максимальной скорости или высоты	5
<b>Статья 2. Магнитометр</b>	<b>7</b>
Описание	7
Условное обозначение	7
Гиросtabilизатор	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
<b>ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ. НАЛИЧИЕ ОБЪЕКТА</b>	<b>13</b>
<b>Статья 3. Датчик присутствия объекта</b>	<b>13</b>
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
<b>Статья 4. Пассивный инфракрасный датчик</b>	<b>29</b>
Описание	29
Обозначение на схемах	29
Варианты применения	30
Устройство и принцип действия	30
Пирозлектрический 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
<b>ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ. РАССТОЯНИЕ</b>	<b>37</b>
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
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
<b>Статья 6. Датчик линейного положения</b>	47
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
<b>ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ. ОРИЕНТАЦИЯ</b>	53
<b>Статья 7. Датчик углового положения</b>	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
<b>Статья 8. Датчик наклона</b>	<b>65</b>
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
<b>Статья 9. Гироскоп</b>	<b>75</b>
Описание	75
Обозначение на схемах	75
Гиростабилизатор	75
Варианты применения	76
Устройство и принцип действия	76
Вибрационный гироскоп	76
Варианты изготовления	78
Гиростабилизаторы	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
<b>Статья 10. Акселерометр</b>	81
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
<b>МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ. КОЛЕБАНИЯ</b>	87
<b>Статья 11. Датчик вибрации</b>	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
<b>МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ. СИЛА</b>	93
<b>Статья 12. Датчик усилия</b>	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
<b>МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВВОД ДАНЫХ ЧЕЛОВЕКОМ</b>	103
<b>Статья 13. Сенсорный датчик касания</b>	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
<b>Статья 14. Сенсорный экран</b>	109
Описание	109
Обозначение на схемах	109
Варианты конструкции	109

Резистивное считывание	109
Емкостное считывание	110
Экраны, предлагаемые в качестве компонентов	111
<b>ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕКУЧИХ СРЕД. ЖИДКОСТЬ</b>	113
<b>Статья 15. Датчик уровня жидкости</b>	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
<b>Статья 16. Датчик скорости потока жидкости</b>	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
<b>ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕКУЧИХ СРЕД. ГАЗ/ЖИДКОСТЬ</b>	127
<b>Статья 17. Датчик давления газа/жидкости</b>	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
<b>ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕКУЧИХ СРЕД. ГАЗ</b>	133
<b>Статья 18. Датчик концентрации газа</b>	133
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
<b>Статья 19. Датчик скорости потока газа</b>	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

<b>ХАРАКТЕРИСТИКИ ИЗЛУЧЕНИЯ. СВЕТ</b>	147
<b>Статья 20. Фоторезистор</b>	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
<b>Статья 21. Фотодиод</b>	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
<b>Статья 22. Фототранзистор</b>	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
<b>ХАРАКТЕРИСТИКИ ИЗЛУЧЕНИЯ. ТЕРМО</b>	165
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
коэффициентом (NTC)	173
Термистор с положительным температурным коэффициентом (PTC)	173
Термопара	173
Резистивный температурный датчик	173
Полупроводниковый датчик температуры	174

<b>Статья 24. Термистор с положительным температурным коэффициентом</b>	175
Описание	175
Обозначение на схемах	176
Обзор РТС-термисторов	176
РТС-термисторы для измерения температуры	176
Отличие от резистивного датчика температуры	177
Нелинейные РТС-термисторы	178
Защита от перегрева	178
Защита от чрезмерного тока	178
Ограничение броска тока с помощью РТС-термистора	179
Сильноточные РТС-термисторы	180
РТС-термистор для балласта в осветительных приборах	181
РТС-термистор в качестве нагревательного элемента	181
Что может пойти не так?	181
Самонагрев	181
Нагрев других компонентов	181
<b>Статья 25. Термопара</b>	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
<b>Статья 26. Резистивный датчик температуры</b>	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
<b>Статья 27. Полупроводниковый датчик температуры</b>	197
Описание	197
температуры	198
Обозначение на схемах	198
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
<b>Статья 28. Инфракрасный датчик температуры</b>	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
Стекланные преграды	215
Несколько источников тепла	215
Перепады температур	215
<b>ХАРАКТЕРИСТИКИ ИЗЛУЧЕНИЯ. ЗВУК</b>	217
<b>Статья 29. Микрофон</b>	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
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
<b>ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ. ТОК</b>	225
<b>Статья 30. Датчик тока</b>	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

<b>ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ. НАПРЯЖЕНИЕ</b>	231
<b>Статья 31. Датчик напряжения</b>	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