

Зейналов Х.М., Штерн М.И.

# РАДИОЛЮБИТЕЛЬСТВО

ОТ АЗОВ ДО СОЗДАНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

---

---

*С QR-ссылками на онлайн-видео, схемами  
и готовыми проектами «под ключ»*

---

---



---

Издательство Наука и Техника  
Санкт-Петербург

УДК 621.314:621.311.6  
ББК 32.816

Зейналов Х.М., Штерн М.И.

РАДИОЛЮБИТЕЛЬСТВО от азов до создания практических устройств.

С QR-ссылками на онлайн-видео, схемами и готовыми проектами «под ключ». — СПб.: Издательство Наука и Техника, 2026. — 544 с., илл., цв. вкл.

*Серия «От азов до создания практических устройств»*

**ISBN 978-5-907592-81-0**

Книга пошагово позволяет радиолюбителю получить первый опыт творчества и почувствовать уверенность в своих силах. Чтобы избежать простого копирования без понимания сути процессов, начало книги посвящено теории, знание которого, как компас, указывает дальнейший путь радиолюбителя. Много внимания уделяется элементной базе. Достаточно подробно рассматриваются основные элементы радиолюбительских конструкций. Приводятся обозначения на принципиальной схеме, свойства, параметры, принцип работы, применение в схемах. Полезными будут схемотехнические решения, которые традиционно применяются радиолюбителями в схемах.

Достаточно подробно рассмотрено применение инструментов, материалов. Раскрыты не только способы применения измерительных приборов радиолюбителями, но и принципы измерения. Множество реальных практических схем для повторения делает книгу еще более интересной для радиолюбителя.

В необходимых местах по тексту книги стоят многочисленные QR-коды, предназначенные для мгновенного перехода к необходимым ресурсам. Приложение «Сканер QR и штрих-кодов», запущенное на смартфоне (планшете), позволяет быстро перейти по необходимой ссылке при наведении гаджета на QR-код по ходу чтения книги.

Особый интерес представляет практический заключительный раздел «Радиолюбительство в опытах и экспериментах», содержащий большую цветную вклейку.

Книга предназначена для широкого круга радиолюбителей, студентов радиотехнических специальностей и начинающих разработчиков.



Все права защищены. Никакая часть данной книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и любыми средствами без письменного разрешения владельцев авторских прав.  
Издательство не несет ответственности за доступность материалов, ссылки на которые вы можете найти в этой книге. На момент подготовки книги к изданию все ссылки на интернет-ресурсы были действующими.

Контактный телефон издательства  
(812) 412-70-26  
Официальный сайт: [www.nit.com.ru](http://www.nit.com.ru)



© Зейналов Х.М., Штерн М.И., 2026  
© Издательство Наука и Техника (оригинал-макет), 2026

ООО «Издательство Наука и Техника».  
192029 г. Санкт-Петербург,  
пр. Обуховской обороны, д. 107, лит. Б, пом. 1-Н  
Подписано в печать . . . . . Формат 70×100 1/16.  
Бумага газетная. Печать офсетная. Объем 34 п. л.  
Тираж 1500 экз. Заказ № . . . . .

# СОДЕРЖАНИЕ

<b>QR-коды — как их использовать в книге</b> .....	<b>12</b>
<b>Предисловие</b> .....	<b>13</b>
<b>Раздел 1. РАДИОЛЮБИТЕЛЮ О ПОСТОЯННОМ ТОКЕ</b> .....	<b>15</b>
<b>Глава 1. Начало электричества</b> .....	<b>16</b>
Электризация .....	16
Электрические материалы .....	18
Проводники .....	19
Изоляторы .....	20
Полупроводники .....	20
<b>Глава 2. Напряжение и постоянный ток</b> .....	<b>22</b>
Основные понятия .....	22
Простая схема, но непростые процессы .....	25
Поговорим о процессах в цепи .....	26
Запустим нашу идеальную схему .....	27
<b>Глава 3. Основные законы для цепей постоянного тока</b> .....	<b>29</b>
Закон Ома. Все просто .....	29
Законы Кирхгофа .....	30
Мощность и работа в электрической цепи .....	33
<b>Глава 4. Несколько полезных эффектов постоянного тока</b> .....	<b>36</b>
Эффект Пельтье .....	36
Термопара .....	37
Фотоэффект .....	38
Пьезоэффект .....	39
<b>Раздел 2. РАДИОЛЮБИТЕЛЮ О МАГНЕТИЗМЕ И ПЕРЕМЕННОМ ТОКЕ</b> .....	<b>41</b>
<b>Глава 5. Игры с магнитом. Магнитное поле</b> .....	<b>42</b>
Основные понятия .....	42
Магнетизм в электрической цепи .....	44
Эффект Холла .....	45
<b>Глава 6. Ток переменный</b> .....	<b>46</b>
Параметры переменного тока .....	46
Эффективное или действующее значение .....	51
Трёхфазный ток .....	52
Гудит и гудит... но трансформатор нужен .....	54
Катушка индуктивности .....	54
Как работает трансформатор .....	55
Баланс мощностей и коэффициент полезного действия .....	57

<b>Раздел 3. ЭЛЕКТРОННЫЕ ПОМОЩНИКИ РАДИОЛЮБИТЕЛЯ</b> .....	<b>59</b>
<b>Глава 7. Начинаем работать с мультиметром</b> .....	<b>60</b>
Самый важный прибор .....	60
Измерение напряжения .....	61
Измерение тока .....	63
Измерение сопротивления .....	64
Исследуем мультиметром нашу первую поделку на коленках .....	65
<b>Глава 8. Обзор мультиметров</b> .....	<b>68</b>
Стрелочный тестер Ц4342 .....	68
Особенности цифровых мультиметров .....	69
Цифровой мультиметр UT890C .....	71
Цифровые мультиметры MT-5211, MT-1710 .....	72
Smart-мультиметр Thsinde 330-Z .....	73
<b>Глава 9. Немного про осциллограф</b> .....	<b>75</b>
Назначение и основные параметры .....	75
Функционал осциллограф «Hantek» DSO8060 .....	76
<b>Глава 10. Источники питания</b> .....	<b>80</b>
Основные элементы .....	80
Выпрямитель однополупериодный .....	82
Двухполупериодный выпрямитель со средней точкой .....	84
Двухполупериодный выпрямитель с диодным мостом .....	86
Параметрический стабилизатор .....	88
Транзисторная схема стабилизации .....	89
Стабилизаторы серии 78xx и их отечественные аналоги серии 142 .....	91
Серия микросхем L79xx .....	93
Блок питания на 12 В и 5 В .....	93
<b>Глава 11. Собираем схему двухполупериодного выпрямителя на двух диодах</b> .....	<b>97</b>
Сборка на коленках .....	97
Анализ переменки на том, что напаяли .....	99
<b>Раздел 4. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ</b> .....	<b>103</b>
<b>Глава 12. Диапазоны радиоволн</b> .....	<b>104</b>
Сказал тихо — услышали далеко .....	104
Классификация .....	104
Передача информации .....	107
<b>Глава 13. Модуляция и демодуляция сигнала</b> .....	<b>108</b>
Модуляция сигнала .....	108
Демодуляция сигнала .....	111
<b>Глава 14. Измерительные приборы и эксперименты с волной</b> .....	<b>113</b>
Генератор и анализатор спектра .....	113
Опыты с радиоволной .....	115

<b>Глава 15. Антенны</b> .....	<b>119</b>
Антенно-фидерное устройство .....	119
Штыревая антенна .....	120
Антенна-диполь .....	120
Петлевой вибратор .....	121
Антенна типа «волновой канал» .....	122
Логопериодическая антенна .....	122
Параболическая антенна .....	123
Антенная решетка .....	124
Впереди электроника .....	124

## **Раздел 5. ЭЛЕМЕНТЫ, КОТОРЫЕ КОМПОНЕНТЫ, ОНИ ЖЕ РАДИОДЕТАЛИ .....**

**125**

### **Глава 16. Резисторы .....**

**126**

Фундамент электроники .....	126
Резисторы постоянные .....	127
SMD-резисторы постоянные поверхностного монтажа .....	130
Ряды номиналов .....	131
Резистор переменный (потенциометр) .....	132
Терморезистор .....	134
Варистор .....	135
Фоторезистор .....	136
Маркировка резисторов общего назначения .....	136
Маркировка SMD-резисторов .....	138
Применение резисторов в схемах .....	139

### **Глава 17. Конденсаторы .....**

**143**

Знакомство с конденсаторами .....	143
Бумажные и металлобумажные конденсаторы .....	144
Электролитические конденсаторы .....	145
Алюминиевые электролитические конденсаторы .....	146
Танталовые электролитические конденсаторы .....	146
Полимерные и гибридные конденсаторы .....	147
Керамические конденсаторы .....	147
Конденсаторы с воздушным зазором .....	148
Параметры конденсаторов .....	149
Маркировка конденсаторов .....	153
Применение конденсаторов в схемотехнике .....	155
Фильтр питания .....	155
Интегрирующая и дифференцирующая цепочка .....	156

### **Глава 18. Катушки индуктивности .....**

**159**

Назначение и параметры .....	159
Виды катушек индуктивности .....	161
Маркировка катушек индуктивности .....	162
Применение катушки индуктивности .....	163
Обратимость фильтров .....	164

Немного о параметрах фильтров разных порядков . . . . .	166
Колебательный контур . . . . .	166
Катушки индуктивности – другие применения . . . . .	167
<b>Глава 19. Диоды . . . . .</b>	<b>168</b>
Устройство и параметры диода . . . . .	168
Вольтамперная характеристика диода . . . . .	170
Диод выпрямительный, универсальный, импульсный . . . . .	170
Стабилитрон и стабистор . . . . .	171
Диод Шоттки . . . . .	172
Ограничитель напряжения супрессор . . . . .	173
Фотодиод . . . . .	174
Светодиод . . . . .	175
Динистор . . . . .	175
Тиристор . . . . .	177
Симистор . . . . .	178
Туннельный диод . . . . .	178
Магнитодиод . . . . .	179
Маркировка диодов . . . . .	180
Применение диодов . . . . .	183
<b>Глава 20. Транзистор биполярный . . . . .</b>	<b>187</b>
О структурах аристократа электроники . . . . .	187
Схемы включения биполярных транзисторов . . . . .	188
Вольтамперная характеристика транзистора . . . . .	189
Усилитель по схеме с ОЭ . . . . .	190
Принципы усиления на характеристиках транзистора . . . . .	192
h-параметры биполярного транзистора . . . . .	194
Классы усиления транзистора . . . . .	195
Схема усилителя с общим коллектором . . . . .	199
<b>Глава 21. Транзисторы полевые . . . . .</b>	<b>202</b>
Принципиальное отличие . . . . .	202
Полевой транзистор с управляемым р-п-переходом (JFET) . . . . .	202
Полевой транзистор с изолированным затвором и встроенным каналом . . . . .	206
Полевой транзистор с изолированным затвором и индуцированным каналом . . . . .	208
IGBT транзистор . . . . .	209
<b>Глава 22. Цветовая и кодовая маркировка     полупроводниковых приборов . . . . .</b>	<b>211</b>
Классификация и маркировка отечественных транзисторов . . . . .	211
Маркировка зарубежных полупроводниковых приборов . . . . .	214
<b>Глава 23. Реле, оптроны, оптопары . . . . .</b>	<b>216</b>
Общие принципы построения реле . . . . .	216
Реле электромагнитное . . . . .	216
Другие реле . . . . .	219
Оптоны (оптопары) . . . . .	221

<b>Глава 24. Акустические приборы</b> .....	<b>224</b>
Звук в сигнал и обратно .....	224
Разновидности микрофонов .....	224
Разновидности микрофонов .....	226
Звуковоспроизводящие приборы .....	227
<b>Глава 25. Вспомогательные элементы схемы</b> .....	<b>230</b>
Второстепенные, но незаменимые .....	231
Электронные вакуумные диоды .....	231
Электронные вакуумные триоды .....	232
Электронные вакуумные тетроды и пентоды .....	233
Электронно-лучевая трубка .....	234
<b>Раздел 6. ИНТЕГРАЛЬНЫЕ МИКРОСХЕМЫ</b> .....	<b>235</b>
<b>Глава 26. Маркировка и графические обозначения микросхем</b> .....	<b>236</b>
Обзор интегральных микросхем .....	236
Маркировка интегральных микросхем .....	237
Условные графические обозначения аналоговых микросхем .....	239
Условные графические обозначения цифровых микросхем .....	240
<b>Глава 27. Аналоговые микросхемы</b> .....	<b>242</b>
Обзор на примерах .....	242
Операционные усилители .....	245
Применение операционных усилителей .....	247
<b>Глава 28. Цифровые микросхемы</b> .....	<b>251</b>
Знакомство с цифрой .....	251
Элементы цифровой логики .....	253
Комбинационные приборы цифровой электроники .....	255
Триггеры .....	256
Регистры .....	260
Счетчики .....	262
Шифраторы и дешифраторы .....	264
Мультиплексор и демультимплексор .....	265
Сумматор и компаратор .....	266
Микроконтроллерная система .....	267
Давайте практику! .....	268
<b>Раздел 7. РАБОТАЕМ РУКАМИ: ИНСТРУМЕНТЫ, МАТЕРИАЛЫ</b> .....	<b>269</b>
<b>Глава 29. Об электробезопасности. Без нее никак</b> .....	<b>270</b>
Обязательные условия .....	270
Как он бьет, этот ток .....	272
Первая помощь .....	273

<b>Глава 30. Паяльное оборудование.....</b>	<b>274</b>
Назначение и свойства.....	274
Паяльник одиночный.....	275
Паяльные станции.....	278
Индукционный паяльник.....	280
<b>Глава 31. Компоненты пайки.....</b>	<b>282</b>
Основные требования к процессу пайки.....	282
Припой.....	283
Флюсы.....	285
<b>Глава 32. Материалы для монтажа электрических схем.....</b>	<b>288</b>
Понятие конструкции.....	288
Макетные платы.....	290
Печатные платы.....	291
Провода и кабели.....	293
<b>Глава 33. Материалы и реактивы для создания печатной платы.....</b>	<b>297</b>
Реактивы для травления печатной платы.....	297
Фоторезисты.....	298
Лаки.....	299
Термопаста и клей.....	300
Смазочные средства.....	301
Смывки.....	301
<b>Глава 34. Инструменты, приборы и оборудование радиолюбителя ..</b>	<b>302</b>
Правильный выбор инструментов.....	302
Необходимость и возможности приборов.....	304
<b>Глава 35. Работаем паяльником.....</b>	<b>306</b>
Нам нужны умелые руки.....	306
Подготовка паяльника.....	306
Пайка деталей.....	308
Соединение проводов.....	308
Пайка элементов.....	310
Работа с BGA компонентами.....	311
<b>Глава 36. Работа с ручным инструментом.....</b>	<b>313</b>
Электронщик – слесарь по умолчанию.....	313
Работа отверткой.....	313
Работа плоскогубцами и кусачками.....	314
Работа с режущими инструментами.....	314
<b>Глава 37. Изготовление печатной платы.....</b>	<b>315</b>
Финальная сборка.....	315
Проектирование печатной платы.....	315
Программы проектирования печатного монтажа.....	317
О лазерно-утюжной технологии.....	319

## **Раздел 8. ПРАКТИЧЕСКИЕ РАДИОЛЮБИТЕЛЬСКИЕ КОНСТРУКЦИИ .. 321**

Глава 38. Последние советы перед свободным плаванием .....	322
Глава 39. Реле и его заменители .....	323
Глава 40. Лабораторный блок питания со стабилизацией по току и напряжению .....	326
Глава 41. Логический пробник .....	328
Глава 42. Пробник для проверки стабилитронов .....	330
Глава 43. Регулятор скорости двигателя на ШИМ .....	332
Глава 44. Драйвер шагового двигателя .....	334
Глава 45. Ограничитель вращения на 360 градусов .....	336
Глава 46. Терморегулятор для паяльника .....	338
Глава 47. Фотоловушка .....	341
Глава 48. Сумеречный выключатель .....	344
Глава 49. Диммер на симисторе .....	347
Глава 50. Диммер с дистанционным управлением от любого инфракрасного пульта .....	348
Глава 51. Микрофонный усилитель .....	351
Глава 52. Автомат аварийного отключения .....	353
Глава 53. Усилители мощности звуковой частоты .....	356
Глава 54. Регуляторы тембра, громкости, баланса .....	358
Глава 55. Электронный эквивалент нагрузки .....	361
Глава 56. Приемник прямого преобразования .....	363
Глава 57. Автоматическое зарядное устройство автомобильного аккумулятора .....	365
Глава 58. Озонатор воздуха .....	368
Глава 59. Двухканальный усилитель мощности с сабвуфером на TDA2030 .....	370
Глава 60. Активный НЧ фильтр для сабвуфера .....	373
Глава 61. Бегущие огни на десять каналов .....	374
Глава 62. Электронный регулятор громкости .....	376
Глава 63. Цветомузыкальная установка .....	378
Глава 64. Тема к размышлению .....	380

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....** **384**

**СПИСОК РЕСУРСОВ ИНТЕРНЕТ .....** **384**

**Практикумы. РАДИОЛЮБИТЕЛЬСТВО  
В ОПЫТАХ И ЭКСПЕРИМЕНТАХ ..... 385**

**Практикум 1. Практикум по работе с пассивными компонентами. . . . 386**

Учимся определять величину сопротивления постоянного резистора . . . . .	386
Учимся определять класс точности постоянных резисторов . . . . .	388
Учимся читать цветовую маркировку на корпусе постоянных резисторов . . .	389
Шпаргалка для определения цветовой маркировки постоянных резисторов. . . .	391
Учимся определять цифровую маркировку на корпуса SMD компонентов. . . .	393
Определяем мощность постоянных резисторов по габаритным размерам и маркировке. . . . .	394
Определяем характеристики постоянных резисторов на принципиальных схемах. . . . .	397
Определяем мощность постоянных резисторов на принципиальных схемах. . . . .	398
Формирование резистора нужного номинала. . . . .	399
Транзистор как два диода . . . . .	403

**Практикум 2. Изучаем транзисторные схемы  
в ходе экспериментов ..... 403**

Германиевые транзисторы малой мощности . . . . .	405
Кремниевые транзисторы малой и средней мощности. . . . .	406
Как маркируются биполярные транзисторы . . . . .	408
Что понадобится для опытов. . . . .	409
Опыт первый. Действительно ли транзистор состоит из двух диодов? . . . . .	409
Опыт второй. Как работает транзистор в режиме переключения . . . . .	411
Опыт третий. Работа биполярного транзистора. Режим усиления . . . . .	415
Разнообразие схем включения. . . . .	419
Включение транзистора с общим эмиттером (ОЭ) . . . . .	419
Включение транзистора с общим коллектором (ОК) . . . . .	420
Включение транзистора с общей базой (ОБ) . . . . .	422
Как происходит усиление по напряжению и току. . . . .	423
Работаем со статической характеристикой транзистора. . . . .	423
Проверка транзистора структуры p-n-p . . . . .	425
Проверка транзистора структуры n-p-n . . . . .	427
Выявление неисправного транзистора . . . . .	427
Определение вывода базы . . . . .	427
Определение выводов коллектора и эмиттера . . . . .	428
Стандартный набор функций. . . . .	430

**Практикум 3. Учимся пользоваться мультиметром. . . . . 430**

Измеряем постоянное напряжение . . . . .	431
Производим измерение напряжения неизвестной величины . . . . .	432
Измеряем переменное напряжение . . . . .	433
Измерение сопротивления . . . . .	434
Производим измерение постоянного тока . . . . .	437
Режим «Звуковой генератор» . . . . .	438
Как проверить батарейку. . . . .	438

Минимальный набор инструментов.....	441
Приобретаем припой и флюс.....	441
<b>Практикум 4. Учимся правильно и надежно паять.....</b>	<b>441</b>
Подготавливаем жало паяльника для пайки.....	443
Устройство нагревательного элемента паяльника.....	443
Самодельная подставка для паяльника.....	444
Первое включение нового паяльника.....	444
Окончательная подготовка жала паяльника. Облуживание.....	445
Подготовка провода для пайки.....	445
Если нанесли припой не туда, куда хотели.....	447
Производим спайку проводов между собой.....	447
<b>Практикум 5. Рисуем и читаем принципиальные схемы.....</b>	<b>449</b>
От фотографии к схеме.....	449
Виды электрических схем.....	452
Условные графические обозначения радиоэлементов.....	454
Структурная схема.....	454
Принципиальная электрическая схема.....	456
Схема соединений (монтажная схема).....	458
Соединение и пересечение проводов.....	460
Жгуты.....	463
Экранированный провод на схемах.....	463
Коаксиальный кабель на схеме.....	465
Основные обозначения и линии.....	466
Структура обозначений элементов в схемах.....	467
Однобуквенные коды видов элементов.....	467
Двухбуквенные коды.....	468
Буквенные коды функций элементов.....	469
Перечень условных обозначений элементов в схемах.....	469
<b>Практикум 6. Подбираем аналоги электронных компонентов.....</b>	<b>483</b>
Диоды и стабилитроны.....	483
Тиристоры и симисторы.....	487
Оптроны и оптореле.....	490
Фотоприемные полупроводниковые приборы.....	491
Биполярные транзисторы.....	492
Полевые транзисторы.....	493
Микросхемы ТТЛ.....	494
Операционные усилители.....	498
Микросхемы АЦП и ЦАП.....	499
Микросхемы перемножителей.....	500
Микросхемы коммутаторов и ключей.....	501
Микросхемы фильтров и линий задержки.....	502
Микросхемы для вторичных источников электропитания.....	502
Микросхемы для формирователей видеосигналов.....	503
Микропроцессоры.....	504
<b>Практикум 7. Учимся расшифровывать     цветовую маркировку электронных компонентов.....</b>	<b>512</b>

# QR-КОДЫ – КАК ИХ ИСПОЛЬЗОВАТЬ В КНИГЕ

Для работы с интерактивным материалом в книге широко используется технология QR-кодов, которая превращает эту книгу в удобный ИНТЕРАКТИВНЫЙ ПРОДУКТ.

**QR-код (quick response code)** – это двухмерный матричный штрих-код (или бар-код), предоставляющий информацию для ее быстрого распознавания с помощью камеры на мобильном устройстве. Аббревиатура **QR** происходит от английской фразы **QUICK RESPONSE**, что можно перевести как **БЫСТРЫЙ ОТКЛИК**.

Стандартные программы-сканеры, входящие в исходный набор ПО смартфона, часто не очень удобны в работе по следующим причинам: работают недостаточно быстро, могут не распознать код при низком качестве изображения, обычно автоматически не переходят на изображение в интернете, требуя дополнительного нажатия ссылки на экране.



*Для работы с QR-кодами Издательство рекомендует установить на смартфон (планшет) СПЕЦИАЛЬНОЕ более КАЧЕСТВЕННОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ: «Сканер QR- и штрих-кодов (русский)» TeaCapps, отсканировав мобильным устройством под управлением ANDROID 6.0 и выше этот QR-код.*



Вы тоже можете установить это Приложение на смартфон и вручную, найдя это приложение в GooglePlay или AppStore.

**Приложение «Сканер QR и штрих-кодов (русский)»** представляет собой современный сканер QR- и штрих-кодов со всеми необходимыми пользователю функциями. Поддерживается чтение всех распространенных форматов штрих-кодов: QR-код, примененный в данной книге, а также Data Matrix, Aztec, UPC, EAN, Code 39 и многие другие, которые могут пригодиться в дальнейшем.

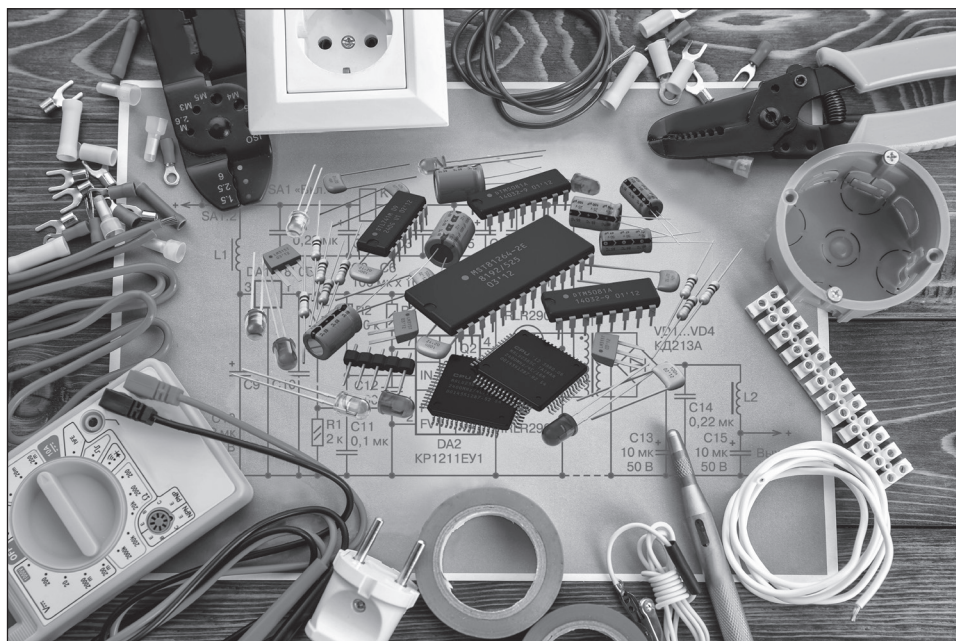
После установки на смартфон, запустите Приложение и настройте его, перейдя в раздел «НАСТРОЙКИ» (иконка в верхнем правом углу экрана). Поставьте «птичку» напротив пункта «ОТКРЫВАТЬ ВЕБ-САЙТЫ АВТОМАТИЧЕСКИ». При такой настройке сайты при сканировании QR-кодов в книге будут открываться немедленно после сканирования.

РАЗДЕЛ

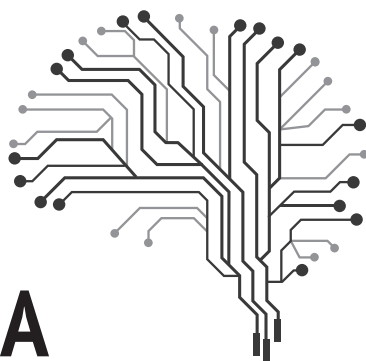
# 1

## РАДИОЛЮБИТЕЛЮ О ПОСТОЯННОМ ТОКЕ

*Без науки, без теории не получится электронщика. Это очевидно. Здесь мы не будем глубоко вдаваться в подробности. Не будем грузиться сложными формулами. Для начала достаточно иметь представление о причине явления и его связи с тем, что мы паять собираемся. Если паяльник затянёт, то интерес к теории будет возникать чаще и чаще. Пока поговорим о физике постоянного тока.*



# НАЧАЛО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА



## || Электризация

Еще в древности люди знали, что если потереть янтарь шерстяной тканью, то он станет притягивать легкие предметы. Вы легко можете убедиться в этом сами. Янтаря под руками, конечно, нет, но есть обычная шариковая ручка. Оторвите кусочек бумаги с уголка тетради размером примерно  $5 \times 5$  мм. Попробуйте поднести ручку к бумаге. Ничего не происходит? Правильно. И бумага, и ручка имеют нейтральный заряд. Теперь потрите ручку об волосы на голове (только без фанатизма, чтобы не рисовать на голове). Попробуйте еще раз поднести ручку к кусочку бумаги. Теперь бумага прилипла к ручке, и можно спокойно его поднимать (рис. 1.1).

Таким образом, мы наглядно убедились в факте электризации. То есть произошел перенос заряженных частиц с одного тела на другое. В результате нейтральное тело получило заряды противоположной полярности. А теперь разберем этот длинный, не совсем понятный монолог.

Все тела состоят из атомов. А что собой представляет атом? Это ядро с положительными протонами и нейтральными нейтронами (далее нейтроны мы не будем учитывать). Вокруг ядра вертятся электроны — отрицательные заряды. В обычном состоянии, когда на атом не воздействуют внешние силы, число протонов и электронов равное. Конкретное количество их отличается у разных химических элементов. В сущности, количество протонов и определяет все свойства элемента. Почему не говорится об электронах? Да потому, что электроны могут относительно

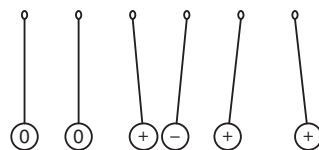


*Рис. 1.1. Эффект электризации*

легко переходить от одного атома к другому. Это не сильно сказывается на свойствах вещества, но может немного изменить их. В нашем случае при трении ручки по волосам часть электронов от волос переходит к ручке. В результате, отрицательно заряженная ручка притягивает кусочек бумаги... Стоп! Но ведь бумагу не трели и никак не заряжали. Она нейтральная. Совершенно верно. Однако по отношению к отрицательно заряженной ручке она положительна. И этого достаточно.

Внесем ясность с протонами. Протоны очень сильно связаны друг с другом. Эта связь и образует ядро атома. Посмотрим таблицу Менделеева. Порядковый номер элемента указывает на число протонов в ядре и количество электронов вокруг ядра. Как можно заметить, добавив или удалив только один протон, можно получить совершенно другое вещество. Древние алхимики пытались получить золото из других веществ. Ничего не получилось. Распад ядра — термоядерный взрыв. Нужно растратить очень много энергии, чтобы вырвать протон из ядра. Но есть элементы, которые распадаются самостоятельно, медленно, но верно. Это радиоактивные элементы. К примеру, уран ( $U_{92}$ ) при распаде теряет 10 протонов и превращается в свинец ( $Pb_{82}$ ). Это было отступление. Учите химию друзья. Там много интересного, а мы вернемся к нашим зарядам.

О взаимодействии зарядов. Что мы знаем? Есть заряд положительный, а есть и отрицательный. Заряд создает вокруг себя электрическое поле. Заряженные частицы и тела взаимодействуют друг с другом посредством электрического поля. При этом одноименные заряды отталкиваются, разноименные притягиваются (**рис. 1.2**).



*Рис. 1.2. Взаимодействие зарядов*

Сила взаимодействия будет зависеть от количества заряда, которое измеряется в Кулонах (Кл), а обозначают заряд в формулах —  $q$  или  $Q$ .

<p><b>ONLINE ВИДЕО</b></p> 	 <p><i>Электризация тел</i></p>	 <p><i>Электростатика</i></p>
 <p><i>Электризация тел</i></p>	 <p><i>Строение атома</i></p>	 <p><i>Строение атома</i></p>

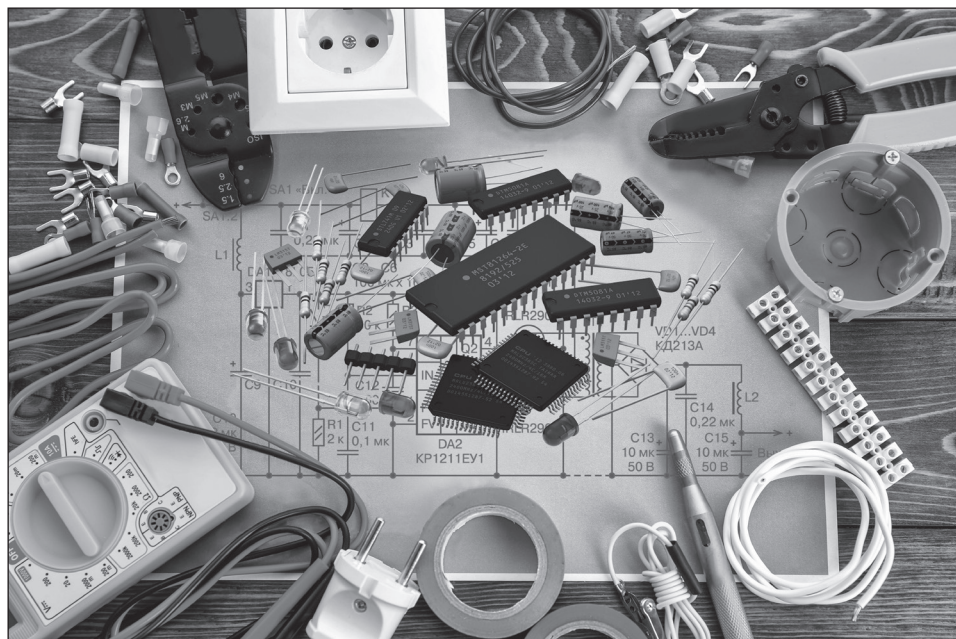
## Электрические материалы

Мы знаем про заряды. Заряды могут быть разного знака и количества, что определяет энергию взаимодействия зарядов. То есть каждый источник зарядов обладает своей потенциальной энергией. Этой энергии хватает, чтобы выполнить определенную работу. Нам нужно использовать эту разность потенциалов. Можно искорку получить, а можно и молнию. Можно лампочку зажечь или электромотор раскрутить. Для всего этого нужно соорудить цепь. Вопрос в том, из чего, на чем, с помощью чего?

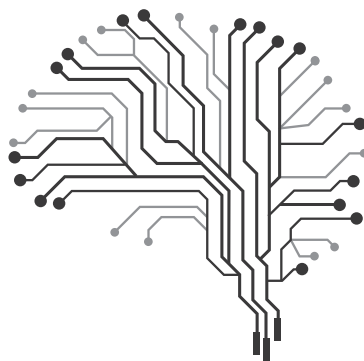
Сами электронные компоненты состоят из различных материалов. Часто размеры и вес вспомогательных материалов в несколько раз превосходят размеры и вес собственно рабочего элемента. Кристалл любой микросхемы в десятки раз меньше по размерам, чем сам корпус. Размер микросхемы диктуется размерами и расположением ножек, которые должны удовлетворять требованиям по механической и электрической прочности, а также должны быть удобны для технологического процесса. Таким образом, в одной только микросхеме мы сталкиваемся с выбором нескольких различных по характеру материалов. Сам кри-

# РАДИОЛЮБИТЕЛЬСТВО В ОПЫТАХ И ЭКСПЕРИМЕНТАХ

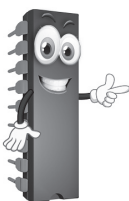
*Радиолюбительство в опытах и экспериментах – это техническое хобби, которое включает в себя конструирование, сборку, модификацию и использование полезных схем. Радиолюбители проводят различные эксперименты с электронными компонентами, изучают на опытах принципы работы электронных схем, разрабатывают собственные конструкции. Приложение поможет этому увлечению.*



# ПРАКТИКУМ ПО РАБОТЕ С ПАССИВНЫМИ КОМПОНЕНТАМИ



## Учимся определять величину сопротивления постоянного резистора



### ОПРЕДЕЛЕНИЕ.

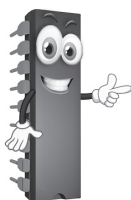
***Сопротивление** – это величина, которая определяет способность резистора препятствовать протеканию тока в электрической цепи: чем больше сопротивление резистора, тем большее сопротивление он оказывает току, и наоборот, чем меньше сопротивление резистора, тем меньше сопротивление он оказывает току.*

Используя эти качества, резисторы применяют для регулирования тока на определенном участке электрической цепи.

Сопротивление измеряется в омах (Ом), килоомах (кОм) и мегаомах (МОм):  $1 \text{ кОм} = 1000 \text{ Ом}$ ;  $1 \text{ МОм} = 1000 \text{ кОм} = 1000000 \text{ Ом}$ .

Промышленностью выпускаются резисторы различных номиналов в диапазоне сопротивлений от 0,01 Ом до 1 ГОм. Числовые значения сопротивлений установлены стандартом, поэтому при изготовлении резисторов величину сопротивления выбирают из специальной таблицы предпочтительных чисел:

1,0; 1,1; 1,2; 1,5; 2,0; 2,2; 2,7; 3,0; 3,3; 3,9;  
4,3; 4,7; 5,6; 6,2; 6,8; 7,5; 8,2; 9,1.



**ПРИМЕЧАНИЕ.**

*Нужное числовое значение сопротивления получают путем деления или умножения этих чисел на 10.*

Номинальное значение сопротивления указывается на корпусе резистора в виде кода с использованием буквенно-цифровой, цифровой или цветовой маркировки (рис. П1.1).

При использовании буквенно-цифровой маркировки единицу измерения ом обозначают буквами «Е» и «R», единицу измерения килоом — буквой «К», а единицу измерения мегаом — буквой «М».

**Резисторы с сопротивлениями от 1 до 99 Ом** маркируют буквами «Е» и «R». В отдельных случаях на корпусе может указываться только полная величина сопротивления без буквы. На зарубежных резисторах после числового значения ставят значок ома «Ω»: 3R — 3 Ом; 10E — 10 Ом; 47R — 47 Ом; 47Ω — 47 Ом; 56 — 56 Ом (рис. П1.2).

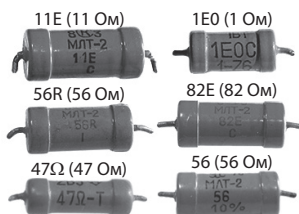
**Резисторы с сопротивлениями от 100 до 999 Ом** выражают в долях килоома и обозначают буквой «К». Причем букву, обозначающую единицу измерения, ставят на месте нуля или запятой. В некоторых случаях может указываться полная величина сопротивления с буквой «R» на конце, или только одно числовое значение величины без буквы: K12 = 0,12 кОм = 120 Ом; K33 = 0,33 кОм = 330 Ом; K68 = 0,68 кОм = 680 Ом; 360R — 360 Ом (рис. П1.3).

**Резисторы с сопротивлениями от 1 до 99 кОм** выражают в килоомах и обозначают буквой «К»: 2K0 — 2 кОм; 10K — 10 кОм; 47K — 47 кОм; 82K — 82 кОм (рис. П1.4).

**Резисторы с сопротивлениями от 100 до 999 кОм** выражают в долях мегаома и обозначают буквой «М». Букву ставят на месте нуля или запятой: M18 = 0,18 МОм = 180 кОм;



**Рис. П1.1.** Виды маркировки резисторов



**Рис. П1.2.** Обозначение номинала сопротивления до 100 Ом



**Рис. П1.3.** Обозначение номинала сопротивления до 1 кОм



**Рис. П1.4.** Обозначение номинала резистора до 100 кОм

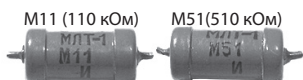


Рис. П1.5. Обозначение номинала резистора до 1 МОм



Рис. П1.6. Обозначение номинала резистора более 1 МОм



Рис. П1.7. Маркировка номинала сопротивления с дробными числами

М47 = 0,47 МОм = 470 кОм; М91 = 0,91 МОм = 910 кОм (рис. П1.5).

Резисторы с сопротивлениями от 1 до 99 МОм выражают в мегаомах и обозначают буквой «М»: 1М — 1 МОм; 10М — 10 МОм; 33М — 33 МОм (рис. П1.6).

Резисторы с сопротивлениями, выраженными целым числом с дробью, то буквы Е, R, K и M, обозначающие единицу измерения, ставят на месте запятой, разделяя целую и дробную части: R22 — 0,22 Ом; 1E5 — 1,5 Ом; 3R3 — 3,3 Ом; 1K2 — 1,2 кОм; 6K8 — 6,8 кОм; 3M3 — 3,3 МОм (рис. П1.7).

## Учимся определять класс точности постоянных резисторов

Важным параметром резистора является **допускаемое отклонение** фактического сопротивления от номинального значения и определяется допуском (классом точности). Допускаемое отклонение выражается в процентах и указывается на корпусе резистора в виде буквенного кода, состоящего из одной буквы.

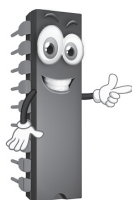
Каждой букве присвоено определенное числовое значение допуска, пределы которого определены ГОСТ 9964-71. Допускаемые отклонения номиналов сопротивления резисторов приведены в **табл. П1.1**.

Допускаемые отклонения номиналов сопротивления резисторов

Таблица П1.1

Допуск (допускаемые отклонения номиналов резисторов), %							
±20	±10	±5	±2	±1	±0,5	±0,2	±0,1
Буквенный код допуска отечественных резисторов							
В	С	И	Л	Р	Д	У	Ж
Буквенный код допуска зарубежных резисторов							
М	К	J	G	F	D	C	B

Наиболее распространенные резисторы выпускаются с допуском 5%, 10% и 20%. Прецизионные резисторы, применяемые в измерительной аппаратуре, имеют допуски 0,1%, 0,2%, 0,5%, 1%, 2%.



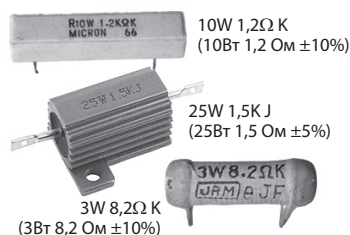
**ПРИМЕР.**

У резистора с номинальным сопротивлением 10 кОм и допуском 10% фактическое сопротивление может быть в пределах от 9 до 11 кОм  $\pm 10\%$ .

На корпусе резистора допуск указывается после номинального сопротивления и может состоять из буквенного кода или цифрового значения в процентах. Маркировка допуска на советских резисторах представлена на **рис. П1.8**. Маркировка допуска на зарубежных резисторах представлена на **рис. П1.9**.



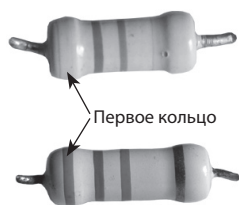
**Рис. П1.8.** Маркировка допуска на Советских резисторах



**Рис. П1.9.** Маркировка допуска на зарубежных резисторах

У резисторов с цветовой маркировкой допуск указывается последним цветным кольцом: серебристый цвет — 10%, золотистый — 5%, красный — 2%, коричневый — 1%, зеленый — 0,5%, голубой — 0,25%, фиолетовый — 0,1%. При отсутствии кольца допуска резистор имеет допуск 20%.

**Учимся читать цветовую маркировку на корпусе постоянных резисторов**




**Рис. П1.10.** Цветовая маркировка — первая полоса

Цветовая маркировка обозначается четырьмя или пятью цветными кольцами и начинается слева направо. Каждому цвету соответствует свое числовое значение. Кольца сдвинуты к одному из выводов резистора и первым считается кольцо, расположенное у самого края. Если размеры резистора не позволяют разместить маркировку ближе к одному из выводов, то ширина первого кольца делается примерно в два раза больше других (**рис. П1.10**).

Отчет сопротивления резистора ведут слева направо. Резисторы с величиной допуска  $\pm 20\%$  (о допуске сказано выше) маркируются

четырьмя кольцами: первые два обозначают численную величину сопротивления в омах, третье кольцо является множителем, а четвертое — обозначает допуск или класс точности резистора. Четвертое кольцо наносится с видимым разрывом от остальных и располагается у противоположного вывода резистора.

Резисторы с величиной допуска 0,1...10% маркируются пятью цветовыми кольцами: первые три — численная величина сопротивления в омах, четвертое — множитель и пятое кольцо — допуск. Для определения величины сопротивления пользуются специальной таблицей (рис. П1.11).



	1 кольцо	2 кольцо	3 кольцо	Множитель	Допуск
Черный	0	0	0	1	–
Коричневый	1	1	1	10	1%
Красный	2	2	2	100	25
Оранжевый	3	3	3	1000	–
Желтый	4	4	4	10000	–
Зеленый	5	5	5	100000	0,5%
Голубой	6	6	6	1000000	0,25%
Фиолетовый	7	7	7	10000000	0,1%
Серый	8	8	8	0,1% золото	5% золото
Белый	9	9	9	0,01% сереб.	10% сереб.

Рис. П1.11. Таблица цветовой маркировки резисторов

Резистор маркирован **четырьмя кольцами**:

- красное — (2)
- фиолетовое — (7)
- красное — (100)
- серебристое — (10%)

Значит:  $27 \text{ Ом} \times 100 = 2700 \text{ Ом} = 2,7 \text{ кОм}$  с допуском  $\pm 10\%$ .

Резистор маркирован **пятью кольцами**:

- красное — (2)
- фиолетовое (7)

# Цветовая маркировка

## Резисторы

Чтобы запомнить цветную кодировку резисторов и других электронных компонентов, надо обратить внимание на то, что после **черной полосы (0)** и **коричневой полосы (1)** идет **последовательность ЦВЕТОВ РАДУГИ**. Толубой и синий цвета в маркировке не различаются, так как цветовая маркировка резисторов изначально была разработана в англоязычных странах, где эти цвета проносятся одинаково. Маркировка наносится цветными кольцами. Она определяется в соответствии с требованиями **Публикации 62 МЭК (Международной электротехнической комиссии)**. **ПЕРВОЕ КОЛЬЦО** расположено ближе к краю или более широко. Таким образом, маркировочные кольца должны быть сдвинуты к одному из выводов или штрина кольца первого знака должна быть в два раза больше других, что на практике не всегда выдерживается. Читается маркировочные знаки слева направо.

**Резисторы с малой величиной допуска (0,1 – 10%)** маркируются **ПЯТЬЮ** цветовыми кольцами: **первые три кольца** – численная величина сопротивления в омах; **четвертое кольцо** – множитель; **пятое кольцо** – допуск.

Иногда встречаются резисторы с **пятью полосами**, но стандартной (5 или 10 %) точностью. В этом случае первые две полосы задают первые знаки номинала, третья – множитель, четвертая – точность, а пятая – температурный коэффициент.

**Резисторы с величиной допуска ±70%** маркируются **ЧЕТЫРЬЯ** цветовыми кольцами: **первые три кольца** – численная величина сопротивления в омах; **четвертое кольцо** – множитель.

Незначительный ноль в третьем разряде и величина допуска не маркируются. Поэтому такие резисторы маркируются **ТРЕМЯ** цветовыми кольцами: **первые два кольца** – численная величина сопротивления в омах; **третье кольцо** – множитель. Иногда применяется **ШЕСТЬ** полос маркировки. Шестая полоса указывает **температурный коэффициент сопротивления (ТКС)**. Если эта полоска в 1,5 раза шире остальных, то она указывает надежность резистора, т. е. процент отказов на 1000 часов работы.

Особый случай использования цветовой маркировки резисторов – **перемычки и нулевого сопротивления**. Они обозначаются **одной черной (0) полоской** по центру.

**Мощность резистора** определяется ориентировочно по его размерам.

Цветовая маркировка резисторов по ГОСТ 28883-90

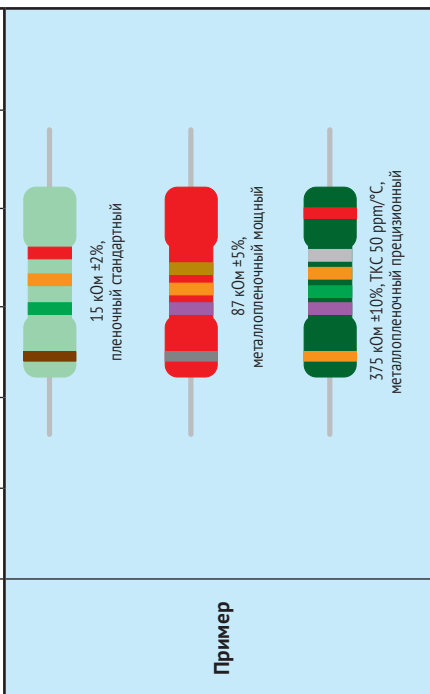
Цвет полосы (точки)	Номинал, Ом			Множитель	Допуск, %
	1-й элемент	2-й элемент	3-й элемент		
Золотистый				0,1	±5
Серебристый				0,01	±10
Черный	0	0	0	1	
Коричневый	1	1	1	10	±1
Красный	2	2	2	10 <sup>2</sup>	±2
Оранжевый	3	3	3	10 <sup>3</sup>	
Желтый	4	4	4	10 <sup>4</sup>	
Зеленый	5	5	5	10 <sup>5</sup>	±0,5
Голубой	6	6	6	10 <sup>6</sup>	±0,25
Фиолетовый	7	7	7	10 <sup>7</sup>	±0,1
Серый	8	8	8	10 <sup>8</sup>	±0,05
Белый	9	9	9		

**Пример**

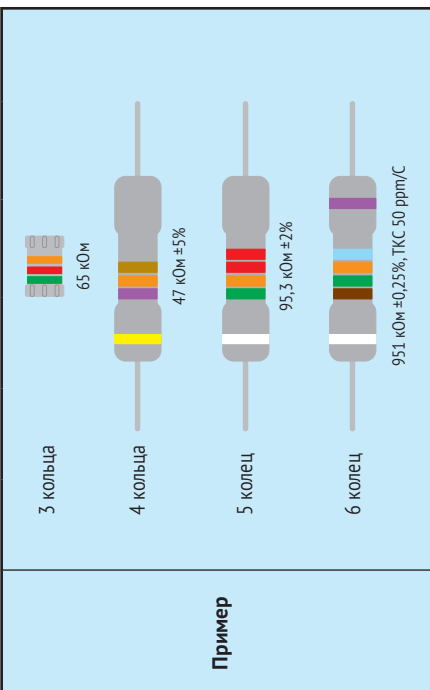
Цветовая маркировка резисторов фирмы PHILIPS

Цвет полосы (точки)	Номинал, Ом			Множитель	Допуск, %	ТКС, ppm/°C
	1-й элемент	2-й элемент	3-й элемент			
Серебристый				0,01	±10	
Золотистый				0,1	±5	
Черный	0	0	0	1	±20	
Коричневый	1	1	1	10	±1	100
Красный	2	2	2	10 <sup>2</sup>	±2	50
Оранжевый	3	3	3	10 <sup>3</sup>		15
Желтый	4	4	4	10 <sup>4</sup>		25
Зеленый	5	5	5	10 <sup>5</sup>	±0,5	
Голубой	6	6	6	10 <sup>6</sup>	±0,25	
Фиолетовый	7	7	7	10 <sup>7</sup>	±0,1	
Серый	8	8	8	10 <sup>8</sup>		
Белый	9	9	9			



Цветовая маркировка зарубежных резисторов

Цвет полосы (точки)	Номинал, Ом			Множитель	Допуск, %	ТКС, ppm/°C
	1-й элемент	2-й элемент	3-й элемент			
Серебристый				0,01	±10	
Золотистый				0,1	±5	
Черный	0	0	0	1	±20	
Коричневый	1	1	1	10	±1	100
Красный	2	2	2	10 <sup>2</sup>	±2	50
Оранжевый	3	3	3	10 <sup>3</sup>		15
Желтый	4	4	4	10 <sup>4</sup>		25
Зеленый	5	5	5	10 <sup>5</sup>	±0,5	
Голубой	6	6	6	10 <sup>6</sup>	±0,25	10
Фиолетовый	7	7	7	10 <sup>7</sup>	±0,1	5
Серый	8	8	8	10 <sup>8</sup>	±0,05	
Белый	9	9	9	10 <sup>9</sup>		1



Цветовая маркировка фирмы «Corning Glass Work» (CGW)				
Цвет полосы (точки)	Номинал, Ом		Множитель	Допуск, %
	1-й элемент	2-й элемент		
Золотистый			0,1	±5
Серебристый			0,01	±10
Черный		0	1	
Коричневый	1	1	10	±1
Красный	2	2	10 <sup>2</sup>	±2
Оранжевый	3	3	10 <sup>3</sup>	
Желтый	4	4	10 <sup>4</sup>	
Зеленый	5	5	10 <sup>5</sup>	±0,5
Голубой	6	6	10 <sup>6</sup>	±0,25
Фиолетовый	7	7	10 <sup>7</sup>	±0,1
Серый	8	8	10 <sup>8</sup>	
Белый	9	9		

Пример	
	450 Ом ±0,1%
	91 кОм ±2%
	Проволочный отстойный резистор по военному стандарту, 16 кОм

**Примечание.** Широкое кольцо белого цвета слева означает проволочный резистор. Узкое кольцо белого цвета слева означает резистор, выполненный по военному стандарту. Голубое кольцо слева совместно с белым кольцом справа означает отстойный резистор.

Цвет корпуса	Тип резистора (пример)
	CR16, CR25, CR37, CR52, CR68
	SFR16, SFR25, SFR30
	NFR25, NFR30
	AC04, AC05, AC07, AC10, AC15, AC20, AC101, AC102, AC103, MR16, MR25, MR30, MR52, MR24E(C), MR34E(C), MR54E(C), MR74E(Q)
	MPR24, MPR34
	VR25, VR37, VR68
	PR37, PR52
	WRO167E, WRO842E, WRO875E, WRO865E

**Расшифровка типа (класса) резистора:**  
 AC, ACL (Cemented Wirewound Nonisolated) – мощные керамические проволочные.  
 CR (Carbon Resistor) – углеродистые пленочные.  
 EH (Power Wirewound Isolated) – мощные, опорные проволочные.  
 MPR (Metal film precision Resistor) – металлопленочные прецизионные.  
 MR (Metal film Resistor) – металлопленочные.  
 NPR (Fussible) – предохранительные металлопленочные.  
 PR (Power metal film Resistor) – мощные металлопленочные.  
 RC (C hip Resistor) – бескорпусные (кристаллы).  
 SFR (Standart film Resistor) – стандартные пленочные.  
 VR (High-ohmic Voltage Resistor) – высоковольтные.  
 WR (Enamelled Wirewound Isolated Resistor) – мощные эмалированные пленочные.