

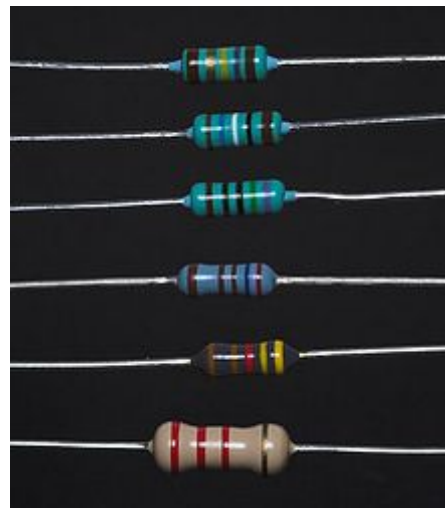
# Резистор

Материал из Википедии — свободной энциклопедии

**Рези́стор** или **сопротивление** (англ. resistor, от лат. resisto — сопротивляюсь) — пассивный элемент электрических цепей, обладающий определённым или переменным значением электрического сопротивления<sup>[1]</sup>, предназначенный для линейного преобразования силы тока в напряжение и напряжения в силу тока, ограничения тока, поглощения электрической энергии и др.<sup>[2]</sup>. Весьма широко используемый компонент практически всех электрических и электронных устройств.

Схема замещения резистора чаще всего имеет вид параллельно соединённых сопротивления и ёмкости. Иногда на высоких частотах последовательно с этой цепью включают индуктивность. В схеме замещения сопротивление — основной параметр резистора, ёмкость и индуктивность — паразитные параметры.

Закон Ома для мгновенных значений тока и напряжения справедлив только в резистивных цепях.



Шесть резисторов разных номиналов и точности, промаркированные с помощью цветовой схемы

## Содержание

### Линейные и нелинейные резисторы

### Основные характеристики и параметры резисторов

### Обозначение резисторов на схемах

### Цепи, состоящие из резисторов

Последовательное соединение резисторов

Параллельное соединение резисторов

Смешанное соединение резисторов

### Мощность резисторов

### Делитель напряжения

### Классификация резисторов

### Резисторы, выпускаемые промышленностью

Маркировка резисторов с проволочными выводами

Маркировка SMD-резисторов

Кодирование 3 или 4 цифрами

Кодирование цифра-цифра-буква (JIS-C-5201)

Кодирование буква-цифра-цифра

### Некоторые дополнительные свойства резисторов

Зависимость сопротивления от температуры

Шум резисторов

См. также

Примечания

Ссылки

Литература

# Линейные и нелинейные резисторы

Все резисторы делятся на линейные и нелинейные.

Сопротивления линейных резисторов не зависят от приложенного напряжения или протекающего тока.

Сопротивления нелинейных резисторов изменяются в зависимости от значения приложенного напряжения или протекающего тока. Например, сопротивление осветительной лампы накаливания при отсутствии тока в 10-15 раз меньше, чем в режиме освещения. В линейных резистивных цепях форма тока совпадает с формой напряжения, вызвавшего этот ток.

## Основные характеристики и параметры резисторов

- Номинальное сопротивление — основной параметр.
- Предельная рассеиваемая мощность.
- Температурный коэффициент сопротивления.
- Допустимое отклонение сопротивления от номинального значения (технологический разброс в процессе изготовления).
- Предельное рабочее напряжение.
- Избыточный шум.
- Максимальная температура окружающей среды для номинальной мощности рассеивания.
- Влагоустойчивость и термостойкость.
- Коэффициент напряжения. Учитывает явление зависимости сопротивления некоторых видов резисторов от приложенного напряжения.


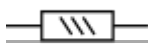
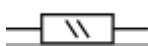
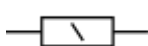
Определяется по формуле:  $K_U = \frac{R_1 - R_2}{R_1} * 100\%$ , где  $R_1$  и  $R_2$  — сопротивления, измеренные при напряжениях, соответствующих 10%-ной и 100%-ной номинальной мощности рассеивания резистора.<sup>[3]</sup>

Некоторые характеристики существенны при проектировании устройств, работающих на высоких и сверхвысоких частотах, это:

- Паразитная ёмкость.
- Паразитная индуктивность.

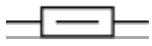

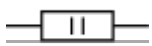
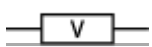
## Обозначение резисторов на схемах

По стандартам России условные графические обозначения резисторов на схемах должны соответствовать ГОСТ 2.728-74. В соответствии с ним, постоянные резисторы обозначаются следующим образом:

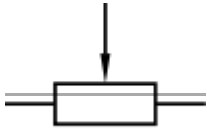
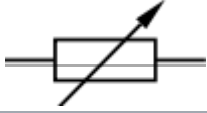
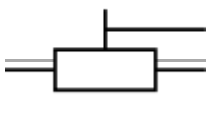
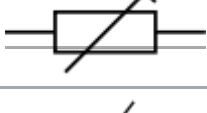
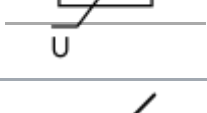
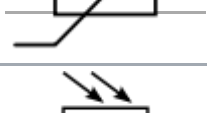

| Обозначение по ГОСТ 2.728-74  | Описание  |
|---|---|
|  | Постоянный резистор без указания номинальной мощности рассеивания |
|  | Постоянный резистор номинальной мощностью рассеивания 0,05 Вт     |
|  | Постоянный резистор номинальной мощностью рассеивания 0,125 Вт    |
|  | Постоянный резистор номинальной мощностью рассеивания 0,25 Вт     |
|   | Постоянный резистор номинальной                                   |



- а) обозначение, принятое в России и в Европе  
б) принятое в США

|   |  |
|---|--|
|   | мощностью рассеивания 0,5 Вт                               |
|  | Постоянный резистор номинальной мощностью рассеивания 1 Вт |
|  | Постоянный резистор номинальной мощностью рассеивания 2 Вт |
|  | Постоянный резистор номинальной мощностью рассеивания 5 Вт |

Переменные, подстроечные и нелинейные резисторы обозначаются следующим образом:

| Обозначение по ГОСТ 2.728-74  | Описание   |
|---|--|
|    | Переменный резистор (реостат).   |
|    | Переменный резистор, включенный как <u>реостат</u> (ползунок соединён с одним из крайних выводов).   |
|   | Подстроечный резистор.   |
|  | Подстроечный резистор, включенный как <u>реостат</u> (ползунок соединён с одним из крайних выводов). |
|  | <u>Варистор</u> (сопротивление зависит от приложенного напряжения).                                  |
|  | <u>Термистор</u> (сопротивление зависит от <u>температуры</u> ).                                     |
|  | <u>Фоторезистор</u> (сопротивление зависит от <u>освещённости</u> ).                                 |

## Цепи, состоящие из резисторов

### Последовательное соединение резисторов

При последовательном соединении резисторов их сопротивления складываются



$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

#### Доказательство

Так как общая разность потенциалов равна сумме её составляющих:  $U = U_1 + U_2 + U_3 + \dots$

А из закона Ома падение напряжения  $U_i$  на каждом сопротивлении  $R_i$  равно:  $U_i = I_i R_i$

при этом из закона сохранения заряда, через все резисторы идёт одинаковый ток  $I$ , поэтому подставляя в формулу для суммы напряжений закон Ома, записываем:  $IR = IR_1 + IR_2 + IR_3 + \dots$

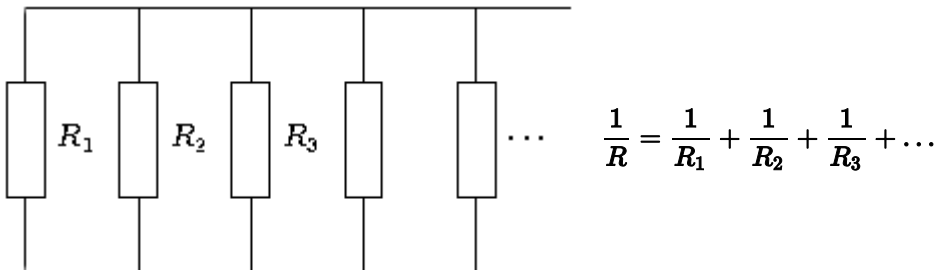
Делим всё на ток  $I$  и получаем:  $R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$

Если  $R_1 = R_2 = R_3 = \dots = R_n$ , то общее сопротивление равно:  $R = nR_1$

При последовательном соединении резисторов их общее сопротивление будет больше наибольшего из сопротивлений.

## Параллельное соединение резисторов

При параллельном соединении резисторов складываются величины, обратные сопротивлению (то есть общая проводимость  $\frac{1}{R}$  складывается из проводимостей каждого резистора  $\frac{1}{R_i}$ )



Если цепь можно разбить на вложенные подблоки, последовательно или параллельно включённые между собой, то сначала считают сопротивление каждого подблока, потом заменяют каждый подблок его эквивалентным сопротивлением, таким образом находится общее (искусное) сопротивление.

### Доказательство

Так как заряд при разветвлении тока сохраняется, то:  $I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$

Из закона Ома ток  $I_i$  через каждый резистор равен:  $I_i = \frac{U_i}{R_i}$ , но разность потенциалов на всех резисторах будет одинакова, поэтому перепишем уравнение суммы токов:  $\frac{U}{R} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3} + \dots$

Делим всё на  $U$  и получаем общую проводимость  $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$ , и общее сопротивление

$$R = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots}$$

Для двух параллельно соединённых резисторов их общее сопротивление равно:  $R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$ .

Если  $R_1 = R_2 = R_3 = \dots = R_n$ , то общее сопротивление равно:  $R = \frac{R_1}{n}$

При параллельном соединении резисторов их общее сопротивление будет меньше наименьшего из сопротивлений.

## Смешанное соединение резисторов

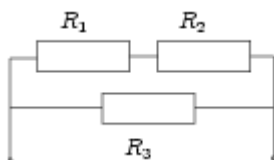


Схема состоит из двух параллельно включённых блоков, один из них состоит из последовательно включённых резисторов  $R_1$  и  $R_2$ , общим сопротивлением  $R_1 + R_2$ , другой из резистора  $R_3$ , общая проводимость будет равна  $\frac{1}{R} = \frac{1}{(R_1 + R_2)} + \frac{1}{R_3}$ , то есть общее сопротивление  $R = \frac{R_3(R_1 + R_2)}{R_1 + R_2 + R_3}$ .

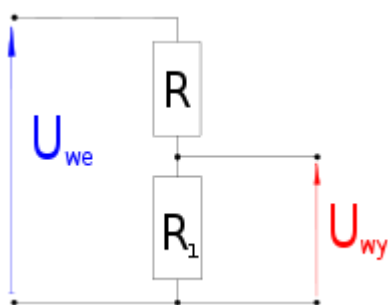
Для расчёта таких цепей из резисторов, которые нельзя разбить на блоки, последовательно или параллельно соединённые между собой, применяют правила Кирхгофа. Иногда для упрощения расчётов бывает полезно использовать преобразование треугольник-звезда и применять принципы симметрии.

## Мощность резисторов

Как при параллельном, так и при последовательном соединении резисторов итоговая мощность будет равна сумме мощностей соединяемых резисторов.

$$P_R = P_{R1} + P_{R2} + \dots + P_{Rn}$$

## Делитель напряжения



Делитель напряжения.

$$U_{WY} = U_{WE} \frac{R_1}{(R + R_1)}$$

Если  $R=9R_1$ , то  $U_{WY}=0,1U_{WE}$ , то есть произойдёт деление входного напряжения в 10 раз.

## Классификация резисторов

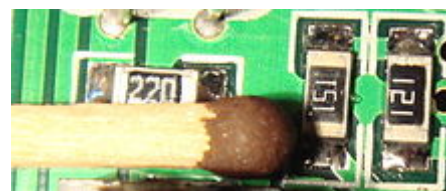
Резисторы являются элементами электронной аппаратуры и могут применяться как дискретные компоненты или как составные части интегральных микросхем. Дискретные резисторы классифицируются по назначению, виду ВАХ, по способу защиты и по способу монтажа, характеру изменения сопротивления, технологии изготовления<sup>[4]</sup>.

По назначению:

- резисторы общего назначения;
- резисторы специального назначения:
  - высокоомные (сопротивления от десятка МОм до единиц ТОм, рабочие напряжения 100—400 В);
  - высоковольтные (рабочие напряжения — десятки кВ);
  - высокочастотные (имеют малые собственные индуктивности и ёмкости, рабочие частоты до сотен МГц);
  - прецизионные и сверхпрецизионные (повышенная точность, допуск 0,001 — 1 %).

По характеру изменения сопротивления:

- постоянные резисторы;
- переменные регулируемые резисторы;



Три резистора разных номиналов для поверхностного монтажа (SMD), припаянные на печатную плату.

- переменные подстроечные резисторы.



Постоянные резисторы (для навесного монтажа).



Переменный резистор.



Подстроечные резисторы.



Прецизионный многооборотный подстроечный резистор.

По способу защиты:

- изолированные;
- неизолированные;
- вакуумные;
- герметизированные.

По способу монтажа:

- для печатного монтажа;
- для навесного монтажа;
- для микросхем и микромодулей.

По виду вольт-амперной характеристики:

- линейные резисторы;
- нелинейные резисторы:
  - варисторы — сопротивление зависит от приложенного напряжения;
  - терморезисторы — сопротивление зависит от температуры;
  - фоторезисторы — сопротивление зависит от освещённости;
  - тензорезисторы — сопротивление зависит от деформации резистора;
  - магниторезисторы — сопротивление зависит от величины магнитного поля.
  - мемристоры (разрабатываются) — сопротивление зависит от протекавшего через него заряда (интеграла тока за время работы).

По технологии изготовления:

- Проволочные резисторы. Наматываются из проволоки с высоким удельным сопротивлением на какой-либо каркас. Обычно имеют значительную паразитную индуктивность. Для снижения паразитной индуктивности почти всегда выполняются с бифилярной намоткой. Высокоомные малогабаритные проволочные резисторы иногда изготавливают из микропровода. Иные типы резисторов называются непроволочными резисторами.
- Металлоплёночные и композитные резисторы. Резистивный элемент представляет собой тонкую плёнку металлического сплава или композитного материала с высоким удельным сопротивлением, низким коэффициентом термического сопротивления, обычно нанесённую на цилиндрический керамический сердечник. Концы сердечника снабжены напрессованными металлическими юпачками с проволочными выводами для монтажа. Иногда, для повышения сопротивления, в плёнке выполняется винтовая канавка для формирования спиральной конфигурации проводящего слоя. Сейчас это наиболее распространённый тип резисторов для монтажа в отверстия печатных плат.



Проволочный резистор с отводом.



Плёночный угольный резистор (часть защитного покрытия удалена для демонстрации токопроводящего слоя).

По такому же принципу выполнены резисторы в составе гибридной интегральной микросхемы: в виде металлических или композитных плёнок, нанесённых на обычно керамическую подложку методом напыления в вакууме или трафаретной печати.

- **Металлофольговые резисторы.** В качестве резистивного материала используется тонкая металлическая лента.
- **Углеродистые резисторы.** Изготавливаются в виде плёночных и объёмных. Плёнки или резистивные тела представляют собой пиролитический графит с органическими или неорганическими веществами.
- **Интегральный резистор.** Резистивный элемент — слаболегированный полупроводник, формируемый в кристалле микросхемы в виде обычно зигзагообразного канала, изолированного от других цепей микросхемы р-п переходом. Такие резисторы имеют большую нелинейность вольт-амперной характеристики. В основном используются в составе интегральных монокристаллических микросхем, где применить другие типы резисторов принципиально невозможно.

## Резисторы, выпускаемые промышленностью

Выпускаемые промышленностью резисторы одного и того же номинала имеют разброс сопротивлений. Значение возможного разброса определяется точностью резистора. Выпускают резисторы с точностью 20 %, 10 %, 5 %, и т. д. вплоть до 0,01 %<sup>[5]</sup>. Номиналы резисторов не произвольны: их значения выбираются из специальных номинальных рядов, наиболее часто из номинальных рядов E6 (20 %), E12 (10 %) или E24 (для резисторов с точностью до 5 %), для более точных резисторов используются более точные ряды (например E48).



Резисторы



Трёхмерная модель сопротивления 0,25 Вт

Резисторы, выпускаемые промышленностью, характеризуются также определённым значением максимальной рассеиваемой мощности (выпускаются резисторы мощностью 0,125 Вт, 0,25 Вт, 0,5 Вт, 1 Вт, 2 Вт, 5 Вт) (согласно ГОСТ 24013-80 и ГОСТ 10318-80 советской радиотехнической промышленностью выпускались резисторы следующих номиналов мощностей, в Ваттах: 0,01, 0,025, 0,05, 0,062, 0,125, 0,5, 1, 2, 3, 4, 5, 8, 10, 16, 25, 40, 63, 100, 160, 250, 500) <sup>[6]</sup>

### Маркировка резисторов с проволочными

#### выводами

Резисторы, в особенности малой мощности — мелкие детали, резистор мощностью 0,125 Вт имеет длину несколько миллиметров и диаметр порядка миллиметра. Прочитать на такой детали номинал с десятичной запятой трудно, поэтому при указании номинала вместо десятичной точки пишут букву, соответствующую единицам измерения (К — для килоомов; М — для мегаомов; Е, R или без указания единиц — для единиц Ом). Кроме того, любой номинал отображается максимум тремя символами. Например, 4К7 обозначает резистор сопротивлением 4,7 кОм, 1R0 — 1 Ом, М12 — 120 кОм (0,12 МОм) и т. д. Однако в таком виде наносить номиналы на маленькие резисторы сложно, и для них применяют маркировку цветными полосами.

Для резисторов с точностью 20 % используют маркировку с тремя полосками, для резисторов с точностью 10 % и 5 % — маркировку с четырьмя полосками, для более точных резисторов — с пятью или шестью полосками. Первые две полоски всегда означают первые два знака номинала. Если полосок 3 или 4, третья полоска означает десятичный множитель, то есть степень десятки, которая умножается на число, состоящее из двух цифр, указанное первыми двумя полосками. Если полосок 4, последняя указывает точность резистора. Если полосок 5, третья означает третий знак сопротивления, четвёртая —

десятичный множитель, пятая — точность. Шестая полоска, если она есть, указывает температурный коэффициент сопротивления (ТКС). Если эта полоска в 1,5 раза шире остальных, то она указывает надёжность резистора (% отказов на 1000 часов работы).

Следует отметить, что иногда встречаются резисторы с 5 полосами, но стандартной (5 или 10 %) точностью. В этом случае первые две полосы задают первые знаки номинала, третья — множитель, четвёртая — точность, а пятая — температурный коэффициент.

### Цветовая кодировка резисторов

| Цвет        | как число | как десятичный множитель                | как точность в % | как ТКС в ppm/°C | как % отказов |
|-------------|-----------|---|------------------|------------------|---------------|
| серебристый | —         | $1 \cdot 10^{-2} = \text{«0,01»}$       | 10               | —                | —             |
| золотой     | —         | $1 \cdot 10^{-1} = \text{«0,1»}$        | 5                | —                | —             |
| чёрный      | 0         | $1 \cdot 10^0 = 1$                      | —                | —                | —             |
| коричневый  | 1         | $1 \cdot 10^1 = \text{«10»}$            | 1                | 100              | 1 %           |
| красный     | 2         | $1 \cdot 10^2 = \text{«100»}$           | 2                | 50               | 0,1 %         |
| оранжевый   | 3         | $1 \cdot 10^3 = \text{«1000»}$          | —                | 15               | 0,01 %        |
| жёлтый      | 4         | $1 \cdot 10^4 = \text{«10 000»}$        | —                | 25               | 0,001 %       |
| зелёный     | 5         | $1 \cdot 10^5 = \text{«100 000»}$       | 0,5              | —                | —             |
| синий       | 6         | $1 \cdot 10^6 = \text{«1 000 000»}$     | 0,25             | 10               | —             |
| фиолетовый  | 7         | $1 \cdot 10^7 = \text{«10 000 000»}$    | 0,1              | 5                | —             |
| серый       | 8         | $1 \cdot 10^8 = \text{«100 000 000»}$   | 0,05             | —                | —             |
| белый       | 9         | $1 \cdot 10^9 = \text{«1 000 000 000»}$ | —                | 1                | —             |
| отсутствует | —         | —                                       | 20 %             | —                | —             |

#### Пример

Допустим, на резисторе имеются четыре полосы: коричневая, чёрная, красная и золотая. Первые две полосы дают 1 0, третья 100, четвёртая даёт точность 5 %, итого — резистор сопротивлением  $10 \cdot 100 \text{ Ом} = 1 \text{ кОм}$ , с точностью  $\pm 5 \%$ .

Запомнить цветную кодировку резисторов нетрудно: после чёрной 0 и коричневой 1 идёт последовательность цветов радуги. Так как маркировка была придумана в англоязычных странах, голубой и синий цвета не различаются.

Также для облегчения запоминания можно воспользоваться мнемоническим правилом: «Часто Каждый Красный Охотник Желает Знать, Сколько Фазанов Село в Болоте».

Для облегчения различные разработчики программного обеспечения создают программы, которые определяют сопротивление резистора.

Поскольку резистор — симметричная деталь, может возникнуть вопрос: «Начиная с какой стороны читать полоски?» Для четырёхполосной маркировки обычных резисторов с точностью 5 и 10 % вопрос решается просто: золотая или серебряная полоска всегда стоит в конце. Для трёхполосочного кода первая полоска стоит ближе к краю резистора, чем последняя. Для других вариантов важно, чтобы получалось значение сопротивления из номинального ряда, если не получается, нужно читать наоборот (для резисторов МЛТ-0,125 производства СССР с 4 полосками первой является полоска, нанесённая ближе к краю; обычно она находится на металлическом стаканчике вывода, а остальные три — на более узком керамическом теле резистора). В резисторах Panasonic с пятью полосами резистор располагается так, чтобы отдельно стоящая полоска была справа, при этом первые 2 полосы определяют первые два знака, третья полоса — степень множителя, четвёртая полоса — допуск, пятая полоса — область применения резистора. Особый случай использования цветовой маркировки резисторов —



перемычки нулевого сопротивления. Они обозначаются одной чёрной (0) полоской по центру (использование таких резистороподобных перемычек вместо дешёвых кусков проволоки объясняется желанием производителей сократить расходы на перенастройку сборочных автоматов).

## Маркировка SMD-резисторов

«Резисторы» нулевого сопротивления (перемычки на плате) кодируются одной цифрой «0» или тремя («000»). Иногда нули имеют прямоугольную форму.

### Кодирование 3 или 4 цифрами

- $\overline{ABC}$  обозначает  $\overline{AB} \cdot 10^C$  Ом

например 102 — это  $10 \cdot 10^2$  Ом = 1 кОм

- $\overline{ABCD}$  обозначает  $\overline{ABC} \cdot 10^D$  Ом, точность 1 % (ряд E96)

например 1002 — это  $100 \cdot 10^2$  Ом = 10 кОм

1кОм=1000Ом

### Кодирование цифра-цифра-буква (JIS-C-5201)

Ряд E96, точность 1 %.

Мантисса m значения сопротивления кодируется 2 цифрами (см. таблицу), степень при 10 кодируется буквой.

Примеры: 09R = 12,1 Ом; 80E = 6,65 МОм; ве 1 %.

- S или Y =  $10^{-2}$
- R или X =  $10^{-1}$
- A =  $10^0 = 1$
- B =  $10^1$
- C =  $10^2$
- D =  $10^3$
- E =  $10^4$
- F =  $10^5$

| код | m   | код | m   | код | m   | код | m   | код | m   | код | m   |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 01  | 100 | 17  | 147 | 33  | 215 | 49  | 316 | 65  | 464 | 81  | 681 |
| 02  | 102 | 18  | 150 | 34  | 221 | 50  | 324 | 66  | 475 | 82  | 698 |
| 03  | 105 | 19  | 154 | 35  | 226 | 51  | 332 | 67  | 487 | 83  | 715 |
| 04  | 107 | 20  | 158 | 36  | 232 | 52  | 340 | 68  | 499 | 84  | 732 |
| 05  | 110 | 21  | 162 | 37  | 237 | 53  | 348 | 69  | 511 | 85  | 750 |
| 06  | 113 | 22  | 165 | 38  | 243 | 54  | 357 | 70  | 523 | 86  | 768 |
| 07  | 115 | 23  | 169 | 39  | 249 | 55  | 365 | 71  | 536 | 87  | 787 |
| 08  | 118 | 24  | 174 | 40  | 255 | 56  | 374 | 72  | 549 | 88  | 806 |
| 09  | 121 | 25  | 178 | 41  | 261 | 57  | 383 | 73  | 562 | 89  | 825 |
| 10  | 124 | 26  | 182 | 42  | 267 | 58  | 392 | 74  | 576 | 90  | 845 |
| 11  | 127 | 27  | 187 | 43  | 274 | 59  | 402 | 75  | 590 | 91  | 866 |
| 12  | 130 | 28  | 191 | 44  | 280 | 60  | 412 | 76  | 604 | 92  | 887 |
| 13  | 133 | 29  | 196 | 45  | 287 | 61  | 422 | 77  | 619 | 93  | 909 |
| 14  | 137 | 30  | 200 | 46  | 294 | 62  | 432 | 78  | 634 | 94  | 931 |
| 15  | 140 | 31  | 205 | 47  | 301 | 63  | 442 | 79  | 649 | 95  | 953 |
| 16  | 143 | 32  | 210 | 48  | 309 | 64  | 453 | 80  | 665 | 96  | 976 |

### Кодирование буква-цифра-цифра

Ряды E24 и E12, точность 2 %, 5 % и 10 %. (Вид E48 не используется).

Степень при 10 кодируется буквой (так же, как для 1%-х сопротивлений, см. список выше), мантисса m значения сопротивления и точность кодируются 2 цифрами (см. таблицу).

Примеры:

- 2 %, 1,00 Ом = S01
- 5 %, 1,00 Ом = S25
- 5 %, 510 Ом = A42
- 10 %, 1,00 Ом = S49
- 10 %, 820 кОм = D60

| 2 % |     | 5 % |     | 10 % |     |
|-----|-----|-----|-----|------|-----|
| код | m   | код | m   | код  | m   |
| 01  | 100 | 25  | 100 | 49   | 100 |
| 02  | 110 | 26  | 110 | 50   | 120 |
| 03  | 120 | 27  | 120 | 51   | 150 |
| 04  | 130 | 28  | 130 | 52   | 180 |
| 05  | 150 | 29  | 150 | 53   | 220 |
| 06  | 160 | 30  | 160 | 54   | 270 |
| 07  | 180 | 31  | 180 | 55   | 330 |
| 08  | 200 | 32  | 200 | 56   | 390 |
| 09  | 220 | 33  | 220 | 57   | 470 |
| 10  | 240 | 34  | 240 | 58   | 560 |
| 11  | 270 | 35  | 270 | 59   | 680 |
| 12  | 300 | 36  | 300 | 60   | 820 |
| 13  | 330 | 37  | 330 |      |     |
| 14  | 360 | 38  | 360 |      |     |
| 15  | 390 | 39  | 390 |      |     |
| 16  | 430 | 40  | 430 |      |     |
| 17  | 470 | 41  | 470 |      |     |
| 18  | 510 | 42  | 510 |      |     |
| 19  | 560 | 43  | 560 |      |     |
| 20  | 620 | 44  | 620 |      |     |
| 21  | 680 | 45  | 680 |      |     |
| 22  | 750 | 46  | 750 |      |     |
| 23  | 820 | 47  | 820 |      |     |
| 24  | 910 | 48  | 910 |      |     |

## Некоторые дополнительные свойства резисторов

### Зависимость сопротивления от температуры

Сопротивление металлических и проволочных резисторов немного зависит от температуры. При этом зависимость от температуры практически линейная  $R = R_0(1 + \alpha(t - t_0))$ , так как коэффициенты 2 и 4 порядка достаточно малы и при обычных измерениях ими можно пренебречь. Коэффициент  $\alpha$  называют температурным коэффициентом сопротивления. Такая зависимость сопротивления от температуры позволяет использовать резисторы в качестве термометров. Сопротивление полупроводниковых резисторов может зависеть от температуры сильнее, возможно, даже экспоненциально по закону Аррениуса, однако в практическом диапазоне температур и эту экспоненциальную зависимость можно заменить линейной.



Лабораторный резистор

## Шум резисторов

При температуре выше абсолютного нуля даже идеальный резистор является источником шума. Это следует из фундаментальной флуктуационно-диссипационной теоремы (в применении к электрическим цепям это утверждение известно также как теорема Найквиста). При частоте, существенно меньшей чем  $k\frac{T}{h}$  (где  $k$  — постоянная Больцмана,  $T$  — абсолютная температура резистора в градусах Кельвина,  $h$  — постоянная Планка) спектр теплового шума равномерный («белый шум»), спектральная плотность шума (преобразование Фурье от коррелятора напряжений шума)  $|U|_{\omega}^2 = 4RkT$ , где  $U_{\omega}^2 = \int dt \langle U(t)U(0) \rangle e^{i\omega t}$ . Видно, что чем больше сопротивление, тем больше эффективное напряжение шума, также, эффективное напряжение шума пропорционально корню из температуры.

Даже при абсолютном нуле температур у резисторов, составленных из квантовых точечных контактов, будет иметься шум, обусловленный Ферми-статистикой. Устраним путём последовательного и параллельного включения нескольких контактов.

Уровень шума реальных резисторов выше. В шуме реальных резисторов также всегда присутствует компонент, интенсивность которого пропорциональна обратной частоте, то есть 1/f шум или «розовый шум». Этот шум возникает из-за множества причин, одна из главных — перезарядка ионов примесей, на которых локализованы электроны.

Шумы резисторов возникают за счет прохождения в них тока. В переменных резисторах имеются так называемые «механические» шумы, возникающие при работе подвижных контактов.

## См. также

---

- Номинал
- Электрическое сопротивление
- Потенциометр (резистор)
- Реостат



## Примечания

---

- ↑ Отсюда возникает разговорное наименование резистора — *сопротивление*.
- ↑ ГОСТ Р 52002-2003
- ↑ *В. Г. Гусев, Ю. М. Гусев* Электроника — М.: Высшая школа, 1991. — С. 12. —ISBN 5-06-000681-6
- ↑ Аксенов А. И., Нефёдов А. В. Элементы схем бытовой радиоаппаратуры. Конденсаторы. Резисторы. — С. 126
- ↑ ITC-Electronics — Прецизионные резисторы SMR1DZ и SMR3DZ(<http://www.itc-electronics.com/news1538.html>)
- ↑ А. А. Божуняев, Н. М. Борисов, Р. Г. Варламов и др. Справочная книга радиолюбителя-конструктора.-М. Радио и связь 1990—624 с.:ISBN 5-256-00658-4

## Ссылки

---

- ГОСТ 10318-80 «Резисторы переменные. Основные параметры» 
- ГОСТ 21414-75 «Резисторы. Термины и определения» 
- Классификация резисторов по используемым материалам и технологии изготовления
- Плёночные резисторы
- Примеры расчета цепи с резистором, общее описание, применение закона Ома
- Программа для определения номинала резистора по цветовой маркировке
- Расшифровка маркировок резисторов поверхностного монтажа
- Резисторы пусковых и пускорегулирующих реостатов
- Резисторы: виды, устройство, маркировка и параметры резисторов
- Характеристики резисторов. Выбор по параметрам
- Цветовая маркировка резисторов, конденсаторов и индуктивностей
- Цветовое кодирование резисторов и подбор номиналов из стандартного ряда

# Литература

---

- Резисторы (справочник) / под ред. И. И. Четверткова — М.: Энергоиздат, 1991
  - Аксенов А. И., Нефедов А. В. Элементы схем бытовой радиоаппаратуры. Конденсаторы. Резисторы: Справочник. — М.: Радио и связь, 1995. — 272 с. — (Массовая радиобиблиотека; Вып. 1203).
  - Справочник по элементам радиоэлектронных устройств / под ред. В. Н. Дулина, М. С. Жука — М.: Энергия, 1978
- 

Источник — [«https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=Резистор&oldid=91244350»](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=Резистор&oldid=91244350)

---

Эта страница последний раз была отредактирована 1 марта 2018 в 09:41.

Текст доступен по [лицензии Creative Commons Attribution-ShareAlike](#); в отдельных случаях могут действовать дополнительные условия.

Wikipedia® — зарегистрированный товарный знак некоммерческой организации [Wikimedia Foundation, Inc.](#)

[Свяжитесь с нами](#)