

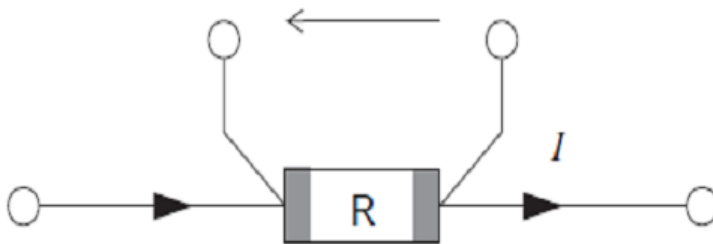
## Классификация резисторов, их конструктивные части

Пассивные компоненты не могут напрямую преобразовывать энергию постоянного тока в переменный и усиливать электрические сигналы.

Резисторы – это биполярные электронные компоненты (с двумя клеммами), на клеммах которых происходит падение напряжения  $U$ , когда через них протекает электрический ток  $I$ .

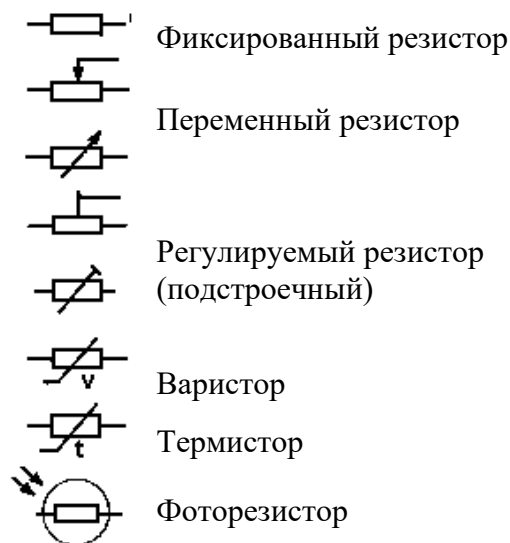
Физическая величина, характеризующая резистор, называется **электрическим сопротивлением** ( $R$ ).

Электрическая энергия, полученная в результате  $W = U \cdot I \cdot t$ , преобразуется с помощью эффекта Джоуля-Ленца в тепловую.



$$R = \frac{U}{I}$$

Графические обозначения резисторов, которые можно встретить в электронной схеме, показаны ниже:



### Классификация резисторов:

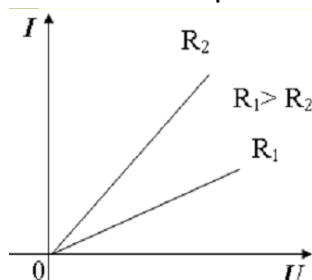
В зависимости от электрической характеристики, то есть зависимости между электрическим напряжением  $U$  на зажимах резистора и протекающим через него электрическим током  $I$ , резисторы делятся на две категории:

- Линейные резисторы;
- Нелинейные резисторы.

Резисторы	Линейные	Фиксированные	Проволочные	
			Объемные	
			Пленочные	агломерированные
				углеродистые (с пленкой пиролитического углерода)
				толстопленочные
				металлопленочные (тонкопленочные)
				металлоксидные
		Переменные	Металлофольговые	
			Проволочные	
			Пленочные	углеродно-пленочные
				толстопленочные
				металлопленочные
				на основе проводящих пластмасс
			Металлофольговые	
	Нелинейные	Термисторы – сопротивление зависит от температуры		
		Варисторы – сопротивление зависит от напряжения		
		Фоторезисторы – сопротивление зависит от светового потока		
		Магниторезисторы – сопротивление зависит от магнитного потока		
		Тензорезисторы – сопротивление зависит от механического напряжения		

**Линейные резисторы** – это те, которые имеют приблизительно линейную зависимость между напряжением и током, их называют просто резисторами.

Значение напряжения пропорционально значению тока.



**Структура резистора.** В самом общем виде фиксированный резистор имеет структуру, показанную на рисунке ниже:

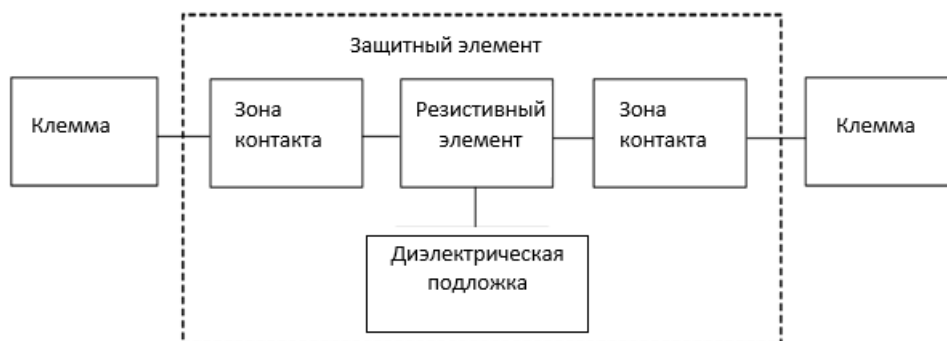


Таблица 1- Характеристики сплавов, используемых для производства проволочных резисторов

Характеристика	Манганин	Константан
Удельное сопротивление (Ом * мм <sup>2</sup> / м)	0,42	0,5
Температурный коэффициент (10 <sup>-5</sup> / °C)	15	20
Максимальная температура использования (°C)	100	535
Электродвижущая сила в контакте с медью (мкВ / °C)	2	43
Прочность на растяжение (Н / мм <sup>2</sup> )	400...550	400...500
Плотность (г / см <sup>3</sup> )	8,4	8,9

**Резистивный элемент** проволочных резисторов состоит из металлических проводников (проводов), характеризующихся: наибольшим удельным сопротивлением, наименьшей электродвижущей силой в контакте с медью, минимально возможным температурным коэффициентом удельного сопротивления и наибольшей температурой плавления (особенно для мощных резисторов).

### **Изолирующая подложка**

Конструктивно изолирующие подложки, используемые в производстве резисторов, могут быть: цилиндрическими, трубчатыми или параллелепипедными.

Материалы, используемые для изолирующих подложек, должны обладать следующими характеристиками:

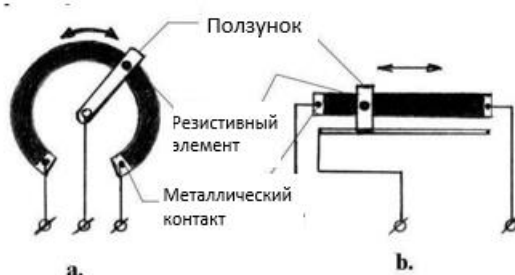
- высокая механическая и электрическая прочность;
- хорошая теплопроводность;
- негигроскопичность;
- устойчивость к воздействию химических и термических факторов;
- магнитная проницаемость, электрическая проницаемость, насколько возможно сниженные диэлектрические и магнитные потери.



**Клеммы**, которыми снабжен любой резистор, изготавливаются из металлических материалов с хорошей электропроводностью. Они крепятся к концам корпуса резистора и используются для его подключения в электронных или электрических узлах. Предпочтительные диаметры клемм составляют 0,4; 0,5; 0,6; 0,8 и 1 мм.

Для обеспечения надлежащей защиты резисторов от действия факторов окружающей среды материал, которым они защищены, должен обладать следующими свойствами:

- устойчивость к механическим воздействиям;
- максимально возможное электрическое сопротивление;
- негигроскопичность;
- хорошая теплопроводность;
- электрическая проницаемость, магнитная проницаемость и насколько возможно сниженные диэлектрические и магнитные потери.

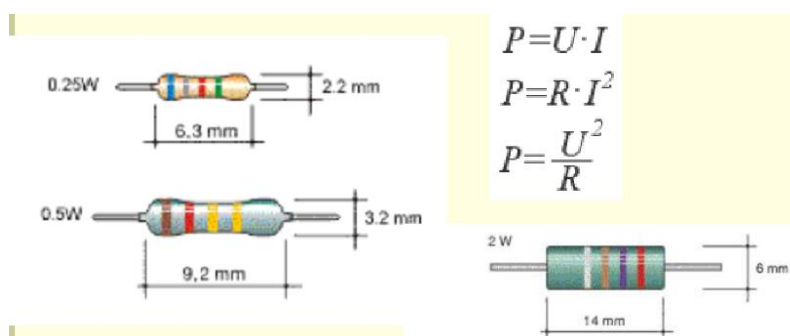
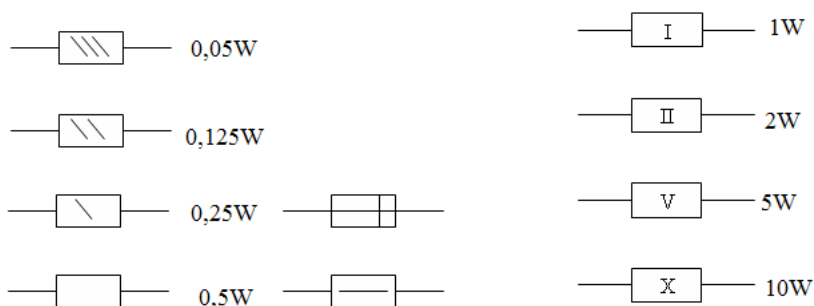


## Типы резисторов, используемых в электрических и электронных цепях.

### SMD-резисторы

Технология **SMD** в настоящее время преимущественно используется в электронике, благодаря своим преимуществам перед технологией размещения компонентов:

- Упрощение технологического процесса изготовления электронных модулей;
- Позволяет упростить автоматизацию;
- Более компактный размер компонентов;
- Уменьшенное количество паразитных элементов, поэтому высокая рабочая частота;
- Более простое и точное размещение на печатной плате;
- Более простое и точное соединение;
- Лучшая механическая стабильность;
- Лучшее рассеивание тепла.



### Переменные резисторы (Потенциометр).

Потенциометры – это резисторы, электрическое сопротивление которых может изменяться непрерывно или ступенчато между определенными предельными значениями путем механического перемещения подвижного контакта по поверхности резистивного элемента.

#### Параметры резисторов:

Номинальное сопротивление  $R_n$  – это значение, которое достигается технологическим процессом производства. Номинальное значение резисторов четко обозначается или маркируется цветным кодом.

Единицей измерения сопротивления в Международной системе [СИ] является Ом [ $\Omega$ ] или обычные кратные единицы: килоОм [ $1 \text{ кОм} = 10^3 \text{ Ом}$ ], мегаОм [ $1 \text{ МОм} = 10^6 \text{ Ом}$ ].

Допуск  $t$ , выраженный в процентах, является максимально допустимым отклонением фактического значения  $R$  сопротивления:

$$t = \pm \frac{|R - R_n|}{R_n} \cdot 100 [\%]$$

Номинальная мощность  $P_n$ , [Вт], представляет собой максимальную мощность, которая может быть рассеяна на резисторе при температуре  $T_1 = 70^\circ\text{C}$ .

Номинальные мощности резисторов следующие:

0,063; 0,125; 0,25; 0,5; 1; 2; 3; 4; 6; 12; 16; 25; 40; 50; 100 Вт.

$$\alpha_R = \frac{1}{R} \cdot \frac{\Delta R}{\Delta T}$$

Температурный коэффициент резистора  $\alpha_r$ :

Температурный коэффициент выражается:

$$F_{zg} = \frac{U_{zg}}{U} [\mu V / V]$$

Коэффициент шума  $F_{zg}$ :

Электродвижущая сила шумов  $U_{zg}$  [мкВ] обусловлена хаотическим движением и тепловым движением электронов при прохождении тока через резистор.  $U$  – напряжение на клеммах резистора.

### Маркировка резисторов цветовым кодом и буквами:

Маркировка резисторов может быть выполнена тремя способами:

Четко (прямая маркировка – буквенно-цифровым кодом);

В цветовом коде;

В числовом коде;

Этот код состоит из одной или нескольких цифр и одной буквы. Буква может располагаться после группы цифр (в этом случае значение сопротивления является целым числом) или между цифрами (в этом случае она действует как десятичная точка, и значение сопротивления является десятичным числом).

Буква может иметь следующее значение:

R (опционально) – значение сопротивления выражается в Омах;

K – значение сопротивления выражается в килоОмах;

M – значение сопротивления выражается в мегаОмах.

Если после числа на резисторе нет буквы из указанных выше, значение сопротивления выражается в Омах.

**Таблица 2 – Четкая маркировка**

Коэффициент умножения	Буква	Допуск [%]	
1	R	$\pm 0,1$	B
$10^3$	K	$\pm 0,25$	C
$10^6$	M	$\pm 0,5$	D
$10^9$	G	$\pm 1$	F
$10^{12}$	T	$\pm 2$	G
		$\pm 5$	J
		$\pm 10$	K
		$\pm 20$	M



### Номинальные значения

Надпись	0,1	1	8,2	82	510	1k	3k3	33k	820k	1M	1M8	10M
R <sub>n</sub> [Ом]	0,1	1	8,2	82	510	1000	3300	33000	820000	10 <sup>6</sup>	1,8 • 10 <sup>6</sup>	10 <sup>7</sup>

### Допуск

Допуск [%]	±0,005	±0,001	±0,02	±0,05	±0,1	±0,25	±0,5	±1	±2	±2,5	±5	±10	±20
Буквенный код	E	L	P	W	B	C	D	F	G	H	J	K	M

### Пример 1

**С**5-37-0,125-10kΩ ±5% ОЖО.467.057.СТ

↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓

1 2 3 4 5 6 7

1 **элемент** – указывает группу резисторов

**С** – фиксированный резистор

**СП** – переменный резистор

2 **элемент** – указывает тип материала, из которого изготовлен резистивный элемент

1. резистор с углеродной пленкой

2. металлооксидный пленочный резистор

3. композиционный пленочный резистор

4. объемный композиционный резистор

5. проволочный резистор

6. металлопленочный резистор

3 **элемент** – указывает номер заказа на разработку

4 **элемент** – указывает номинальную рассеиваемую мощность

5 **элемент** – номинальное сопротивление

### Пример 2

**МЛТ**-0,25-2,7kΩ ±5% ОЖО.467.027СТ

↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓

1 2 3 4 5 6 7

1 **Элемент** – указывает тип материала, из которого изготовлен резистивный элемент

**У** – с углеродной пленкой

**М** – с металлической пленкой

**П** – проволочные

**К** – композиционные

2 **Элемент** – указывает способ защиты резистора

**Л** – лакирование

**Г** – герметизация

**Э** – эмаль

**И** – изоляция

**В** – вакуум

3 **Элемент** – указывает назначение в соответствии с особенностями

**Т** – термостабильные

**П** – прецизионные

**У** – повышенной точности

**В** – высокого напряжения

**М** – малогабаритные

**Н** – измерительные

4 **элемент** – указывает номинальную рассеиваемую мощность

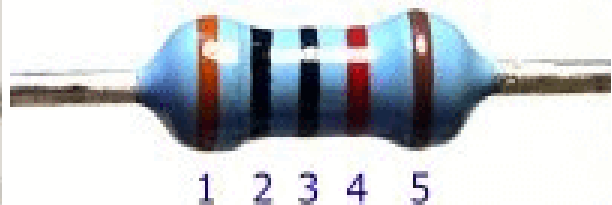
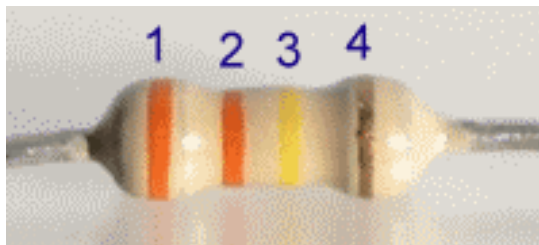
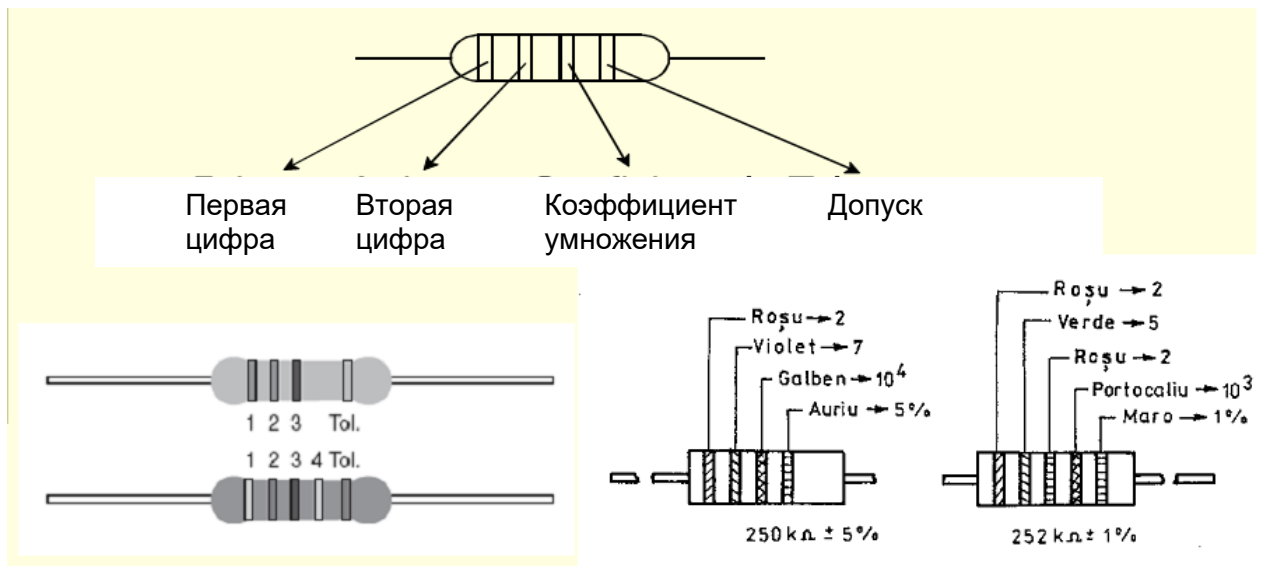
5 **элемент** – номинальное сопротивление

6 **элемент** – допуск

7 элемент – **СТАС**

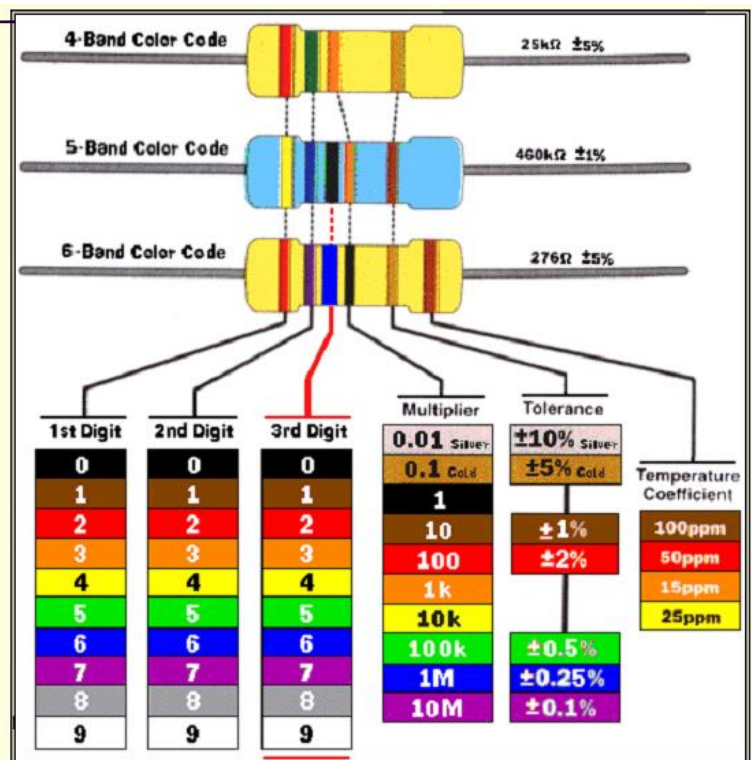


## Маркировка резисторов цветовым кодом



Маркировка 2- или 3-значными числами

Температурный коэффициент маркируется только на значимых прецизионных резисторах



## Цветовой код для резисторов с 3 и 4 цветными полосами.

culoarea	banda 1	banda 2	banda 3	banda 4	banda 5
Negru	0	0	0	$\times 1$	
Maro	1	1	1	$\times 10$	1%
Rosu	2	2	2	$\times 100$	2%
Portocaliu	3	3	3	$\times 1,000$	
Galben	4	4	4	$\times 10,000$	
Verde	5	5	5	$\times 100,000$	0.50%
Albastru	6	6	6	$\times 10^6$	0.25%
Violet	7	7	7	$\times 10^7$	0.10%
Gri	8	8	8	$\times 10^8$	0.05%
Alb	9	9	9	$\times 10^9$	
Auriu				$\times 0.1$	5%
Argintiu				$\times 0.01$	10%

## Косвенная маркировка – с помощью числового кода SMD

Этот код используется для маркировки малогабаритных резисторов и SMD-резисторов (Surface Mount Device).

SMD-резисторы представляют собой очень маленькие резисторы прямоугольной формы, которые можно припаять непосредственно к поверхности цепи (у них нет контактов, клемм).



SMD-резисторы отмечены числовым кодом, состоящим из 3 или 4 цифр, причем последняя цифра всегда является коэффициентом умножения.

Примеры:

- a.  $681 = 68 \cdot 10^1 = 680 \, \Omega$
- b.  $392 = 39 \cdot 10^2 = 3900 \, \Omega = 3,9 \, \text{K}\Omega$
- c.  $563 = 56 \cdot 10^3 = 56000 \, \Omega = 56 \, \text{K}\Omega$
- d.  $105 = 10 \cdot 10^5 = 1000000 \, \Omega = 1 \, \text{M}\Omega$
- e.  $390 = 39 \cdot 10^0 = 39 \, \Omega$
- f.  $1850 = 185 \cdot 10^0 = 185 \, \Omega$
- g.  $4252 = 425 \cdot 10^2 = 42500 \, \Omega = 42,5 \, \text{K}\Omega$

Некоторые SMD-резисторы имеют следующий числовой код: 000 или 0000, значение 0 Ом, т. е. перемычка. Обычно они используются в качестве предохранителей.

