

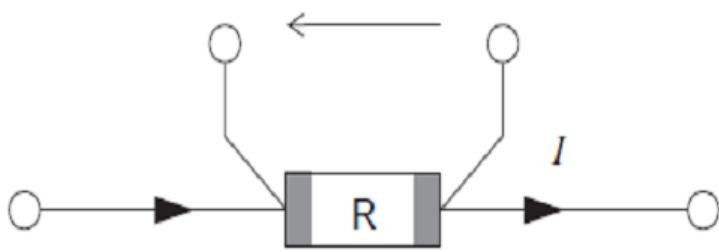
Классификация резисторов, их конструктивные части

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 .

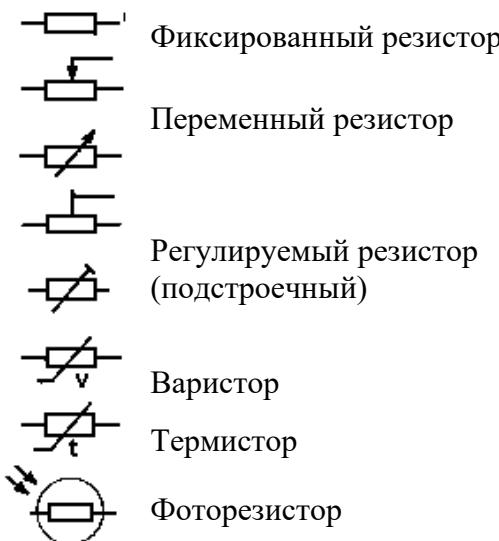
Физическая величина, характеризующая резистор, называется **электрическим сопротивлением (R)**.

Электрическая энергия, полученная в результате $W = U * I * t$, 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:

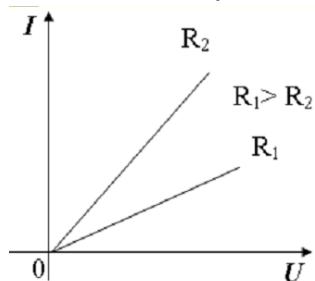
В зависимости от электрической характеристики, то есть зависимости между электрическим напряжением U на зажимах резистора и протекающим через него электрическим током I , резисторы делятся на две категории:

- Линейные резисторы;
- Нелинейные резисторы.

Резисторы	Линейные	Фиксированные	Проволочные	
			Объемные	
			Пленочные	
			агломерированные	
			углеродистые (с пленкой пиролитического углерода)	
			толстопленочные	
			металлопленочные (тонкопленочные)	
		Переменные	металлоксидные	
			Металлофольговые	
			Проволочные	
			Пленочные	
			углеродно-пленочные	
	Нелинейные		толстопленочные	
			металлопленочные	
			на основе проводящих пластмасс	
			Металлофольговые	
			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 ² / м)	0,42	0,5
Температурный коэффициент (10 ⁻⁵ / °C)	15	20
Максимальная температура использования (°C)	100	535
Электродвижущая сила в контакте с медью (мкВ / °C)	2	43
Прочность на растяжение (Н / мм ²)	400...550	400...500
Плотность (г / см ³)	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).

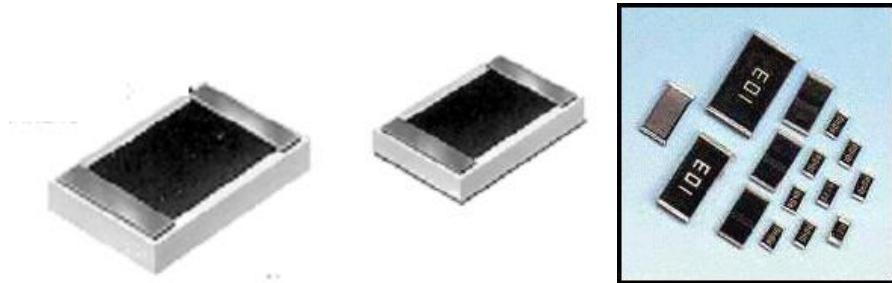
Изолирующая подложка

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,

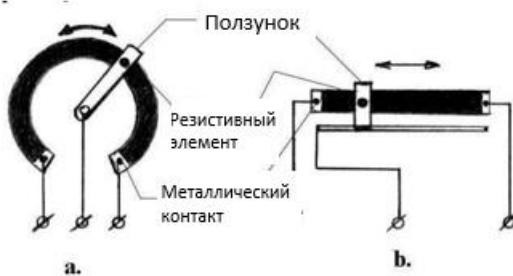
насколько возможно сниженные диэлектрические и магнитные потери.



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.

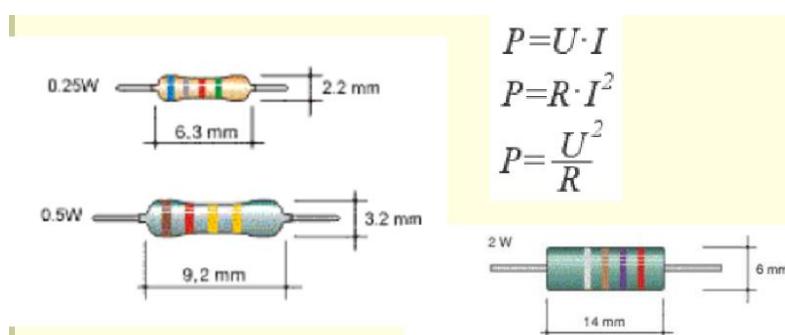
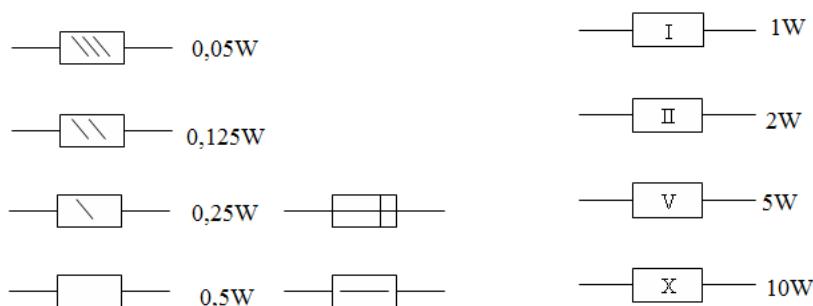


Типы резисторов, используемых в электрических и электронных цепях.

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 [Ω] 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 $T_1 = 70$ °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 α_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	±0,1	B
10 ³	K	±0,25	C
10 ⁶	M	±0,5	D
10 ⁹	G	±1	F
10 ¹²	T	±2	G
		±5	J
		±10	K
		±20	M



Номинальные значения

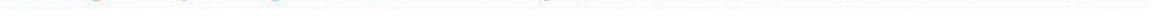
Надпись	0,1	1	8,2	82	51 0	1k	3k3	33k	820k	1M	1M8	10M
R_n [Ом]	0,1	1	8,2	82	51 0	100 0	3300	33000	82000 0	10^6	$1,8 \cdot 10^6$	10^7

Допуск

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

Пример 1

C5-37-0,125-10kΩ ±5% ОЖО.467.057.СТ



1 **элемент** – указывает группу резисторов
C – 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

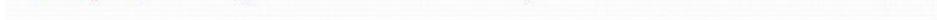
3 **элемент** – указывает номер заказа на разработку

4 **элемент** – указывает номинальную рассеиваемую мощность

5 **элемент** – номинальное сопротивление

Пример 2

МЛТ-0,25-2,7kΩ ±5% ОЖО.467.027.СТ



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

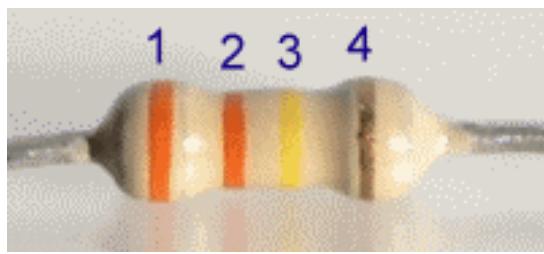
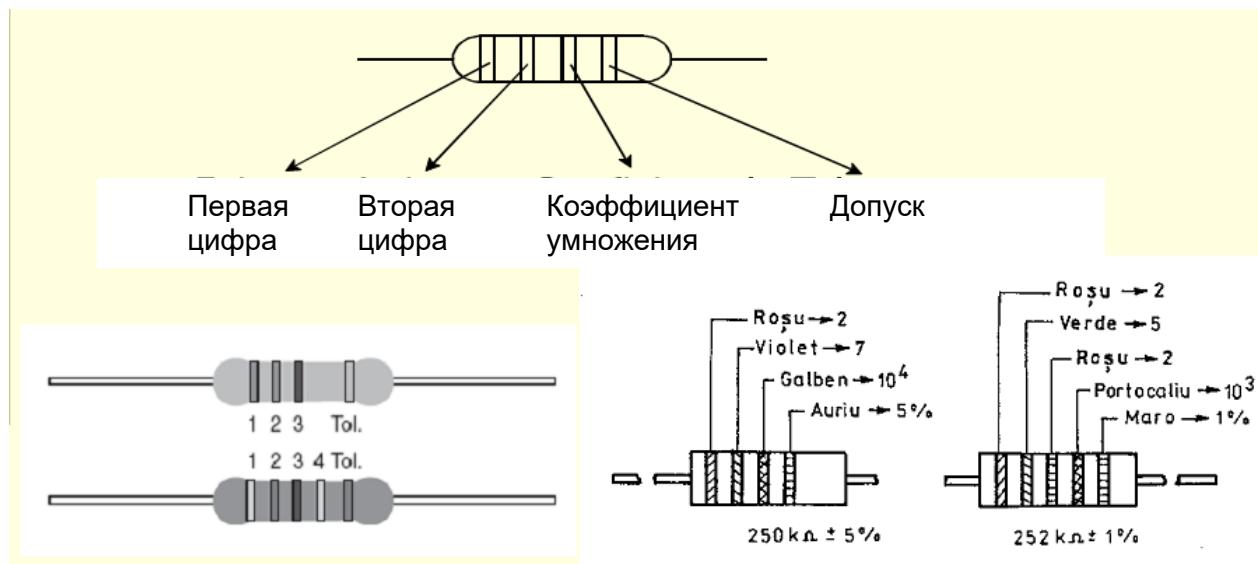
4 **элемент** – указывает номинальную рассеиваемую мощность

5 **элемент** – номинальное сопротивление

6 **элемент** – допуск

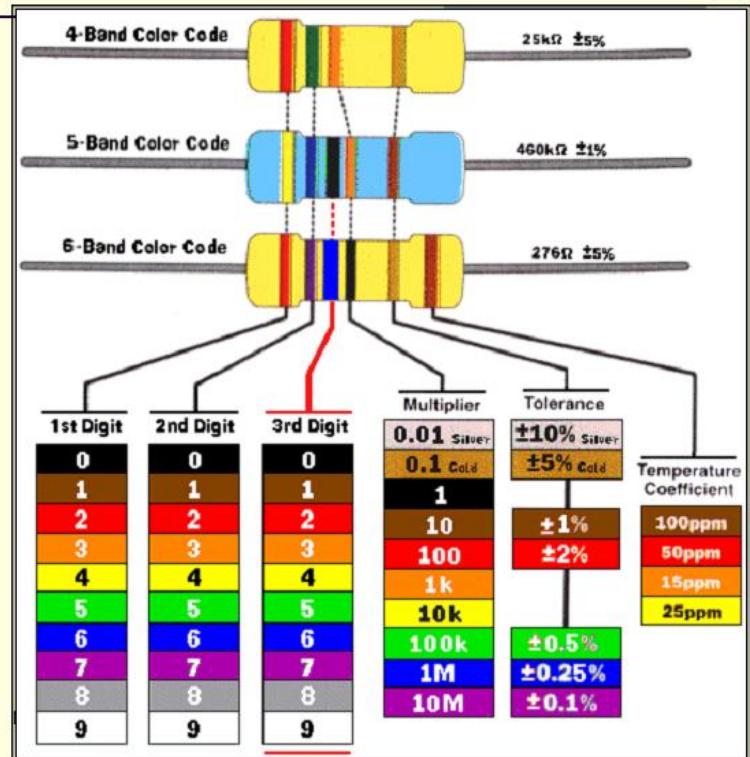
7 элемент – **STAS**

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).

472

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

Примеры:

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

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

