



Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича

Кафедра: Конструирования и производства радиоэлектронных средств (КПРЭС)

Дисциплина: Компоненты электронной техники

ТЕМА № 2

Резисторы

Старший преподаватель кафедры КПРЭС
Капралов Дмитрий Дмитриевич

2020 г.

СПб ГТУ)))



Учебные вопросы

- Назначение
- Классификация
- Условно-графическое обозначение в электрических схемах
- Условное обозначение в конструкторской документации
- Буквенно-цифровая маркировка резисторов
- Цветовая маркировка
- Стандартные значения сопротивлений
- Маркировка чип резистора.

Определение, классификация, условно-графическое обозначение резисторов. Основные параметры

РЕЗИСТОРОМ называется компонент радиоэлектронной аппаратуры, предназначенный для поглощения электрической энергии в целях ее регулирования или распределения между электрическими цепями.

Его **назначение** — простое: сопротивляться течению тока, преобразовывая его часть в тепло.

Резисторы можно классифицировать по ряду признаков, (присущих многим изделиям электронной техники):

- **по материалу резистивного элемента;**
резистивный элемент может быть **проволочный, непроволочный и металлофольговый**
- **по характеру изменения сопротивления;**
резисторы подразделяются на **постоянные, переменные и подстроечные**



- **по назначению;**

резисторы делятся на **общего применения и специальные** (прецизионные и сверхпрецизионные, высокочастотные и т.д.)

- **по способу монтажа;**

резисторы могут выполняться для **печатного и навесного монтажа**, а также для **микросхем и микромодулей**, с гибкими или жесткими выводами

- **по способу защиты;**

резистивного элемента делятся на: **неизолированные, изолированные, компаундированные** (лакированные), **опрессованные пластмассой, герметизированные, вакуумированные.**

- **по виду вольт-амперной характеристики.**
линейные и нелинейные.

Основными параметрами резистора являются: номинальное сопротивление, допустимое отклонение фактической величины сопротивления от номинального (допуск), номинальная мощность рассеивания, электрическая прочность, зависимость сопротивления: от частоты, нагрузки, температуры, влажности; уровня создаваемых шумов, размерами, массой и стоимостью.

Однако на практике резисторы выбирают по **сопротивлению, номинальной мощности и допуску**.

При использовании буквенно-цифровой маркировки единицу измерения Ом обозначают буквами «E» и «R», единицу килоОм буквой «K», а единицу мегаОм буквой «M».





ГОСТ РФ

Немецкий институт по стандартизации (DIN)

Американский национальный институт стандартов (ANSI)

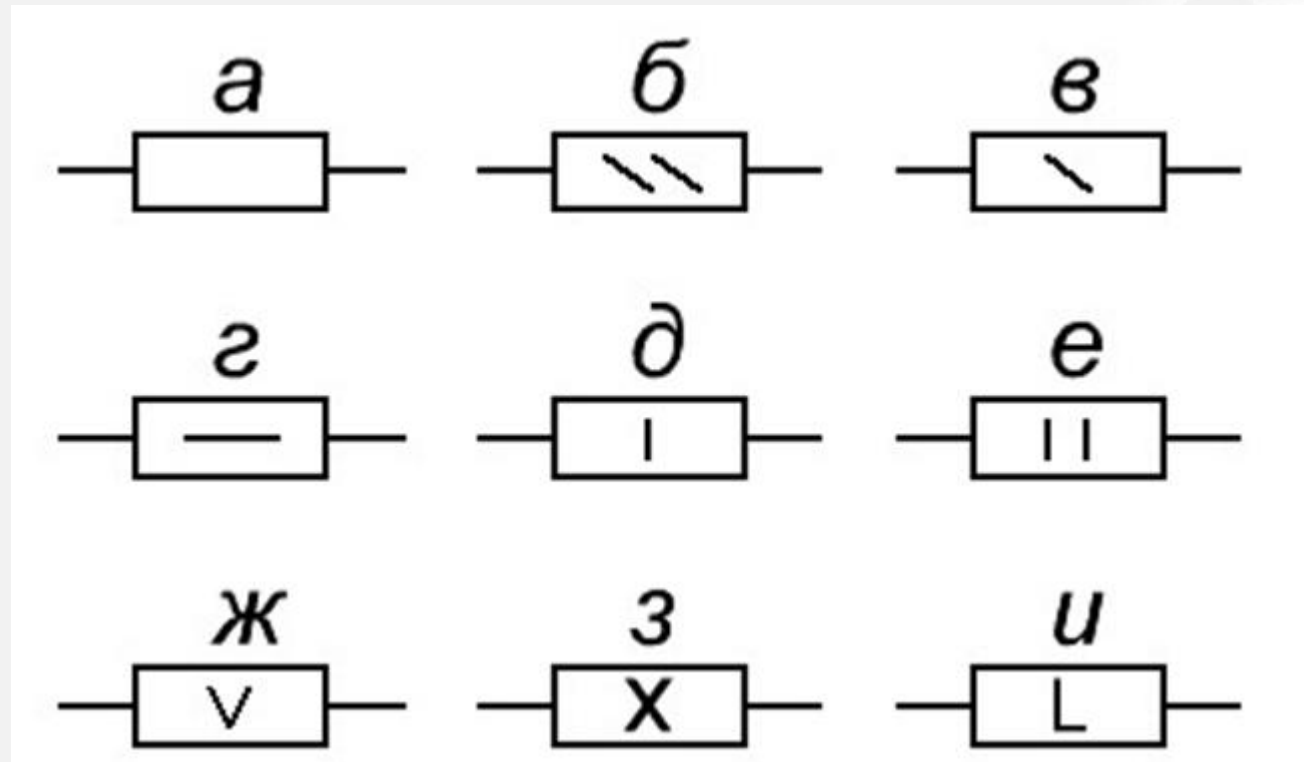
РЕЗИСТОРЫ ГОСТ 2.728-74	
Название	Обозначение
Общее обозначение	
Переменный	
Переменный с нелинейным включением	
С одним симметричным отводом	
Сдвоенный со ступенчатым регулированием	
Терморезистор прямого нагрева с положительным ТКС	
Подстроечный	
Шунт измерительный	
С одним несимметричным отводом	
Варистор	

РЕЗИСТОРЫ	
Название	Обозначение
Постоянный	
Подстроечный	
Переменный	
С отводами	
Фоторезистор	
Терморезистор	
Реостат	

РЕЗИСТОРЫ	
Название	Обозначение
Постоянный	
Подстроечный	
Переменный	
С отводами	
Фоторезистор	
Терморезистор	
Реостат	

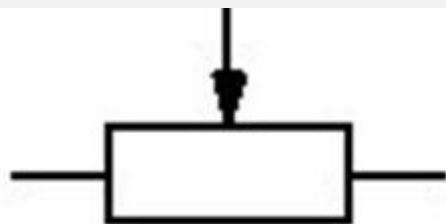
Условное графическое обозначение резисторов

Графическое обозначение радиоэлементов. Резисторы постоянные

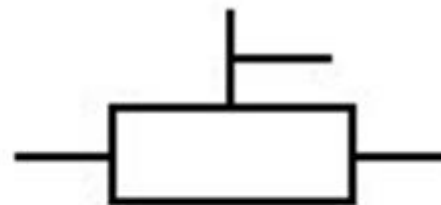


- а) общее обозначение б) мощностью рассеяния 0,125 Вт
в) мощностью рассеяния 0,25 Вт г) мощностью рассеяния 0,5 Вт
д) мощностью рассеяния 1 Вт е) мощностью рассеяния 2 Вт
ж) мощностью рассеяния 5 Вт з) мощностью рассеяния 10 Вт
и) мощностью рассеяния 50 Вт

Резисторы переменные

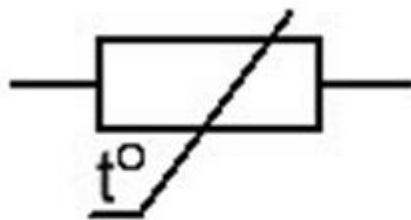


переменный

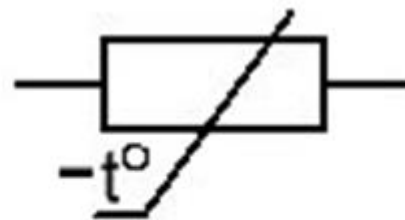


подстроечный

Терморезисторы



позистор

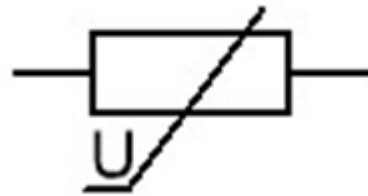


термистор

Тензорезисторы



Варистор



Шунт

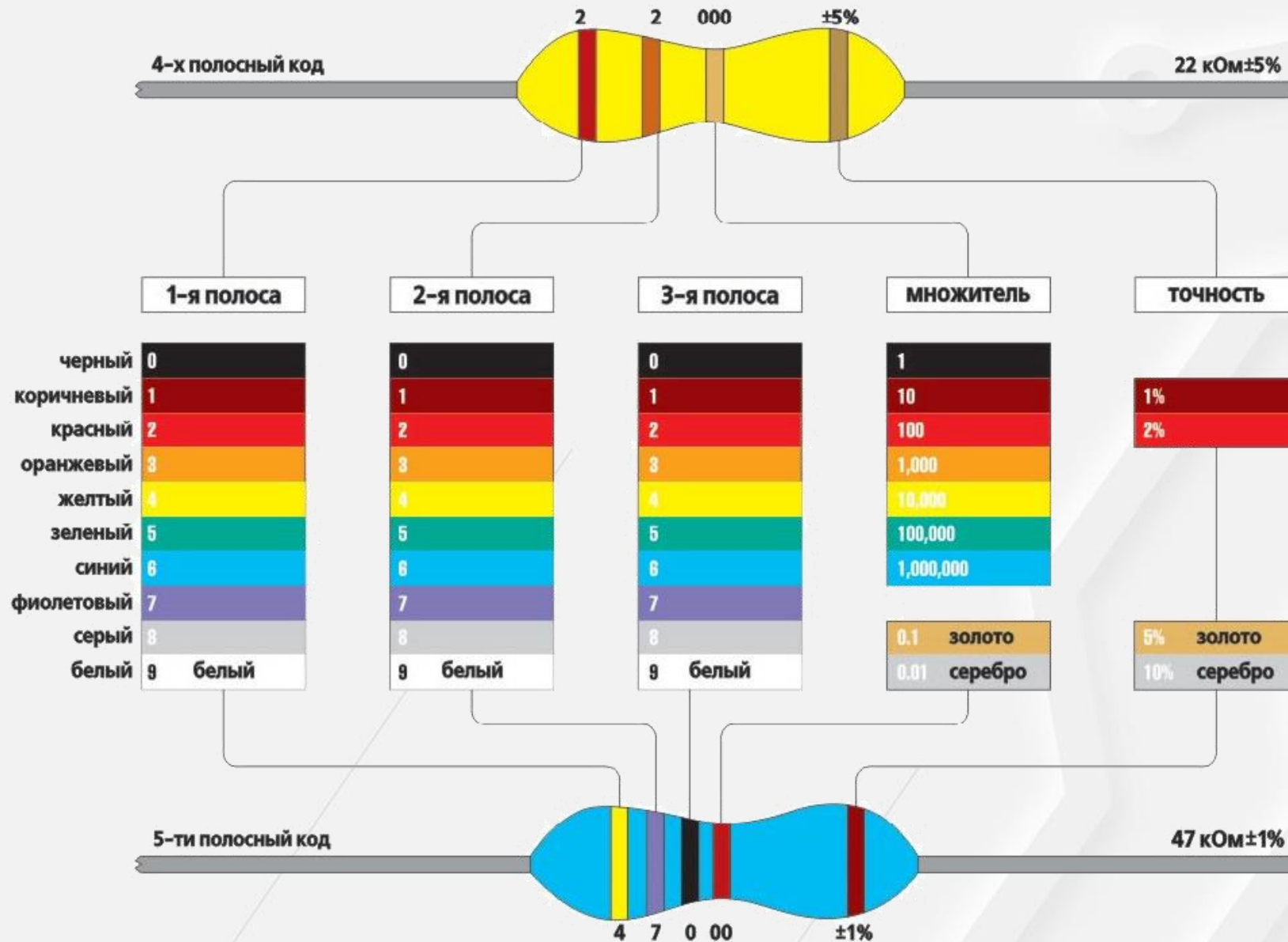


Постоянные значения сопротивлений

РЯД НОМИНАЛОВ РЕЗИСТОРОВ E12

1 Ом	10 Ом	100 Ом	1 кОм	10 кОм	100 кОм	1 мОм	10 мОм
1.2 Ом	12 Ом	120 Ом	1.2 кОм	12 кОм	120 кОм	1.2 мОм	12 мОм
1.5 Ом	15 Ом	150 Ом	1.5 кОм	15 кОм	150 кОм	1.5 мОм	15 мОм
1.8 Ом	18 Ом	180 Ом	1.8 кОм	18 кОм	180 кОм	1.8 мОм	18 мОм
2.2 Ом	22 Ом	220 Ом	2.2 кОм	22 кОм	220 кОм	2.2 мОм	22 мОм
2.7 Ом	27 Ом	270 Ом	2.7 кОм	27 кОм	270 кОм	2.7 мОм	27 мОм
3.3 Ом	33 Ом	330 Ом	3.3 кОм	33 кОм	330 кОм	3.3 мОм	33 мОм
3.9 Ом	39 Ом	390 Ом	3.9 кОм	39 кОм	390 кОм	3.9 мОм	39 мОм
4.7 Ом	47 Ом	470 Ом	4.7 кОм	47 кОм	470 кОм	4.7 мОм	47 мОм
5.6 Ом	56 Ом	560 Ом	5.6 кОм	56 кОм	560 кОм	5.6 мОм	56 мОм
6.8 Ом	68 Ом	680 Ом	6.8 кОм	68 кОм	680 кОм	6.8 мОм	68 мОм
8.2 Ом	82 Ом	820 Ом	8.2 кОм	82 кОм	820 кОм	8.2 мОм	82 мОм

Маркировка резисторов



Маркировка резисторов

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

Пример:

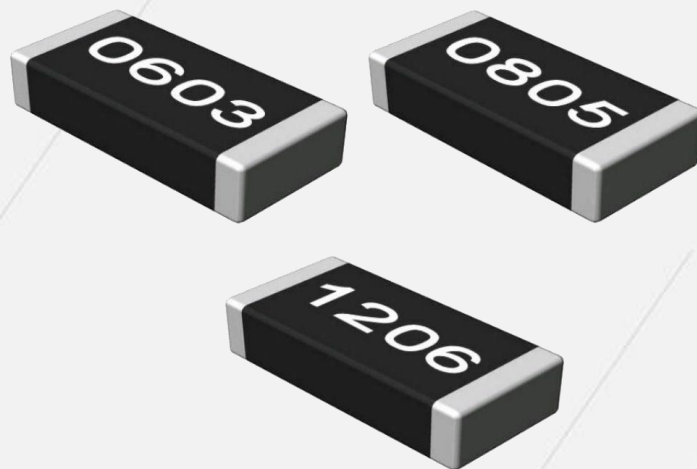
Допустим на резисторе видим 4 полосы коричневую, чёрную, красную, золотую. Первые две полосы дают 1 0, третья 100, четвёртая даёт точность 5 %, итого резистор сопротивлением $10 \cdot 100 \text{ Ом} = 1 \text{ кОм}$, с точностью $\pm 5 \%$

Цифровая маркировка резисторов

Цифровая маркировка наносится на корпуса SMD компонентов и маркируется **тремя** или **четырьмя** цифрами.

При **трехзначной** маркировке первые две цифры обозначают **численную величину сопротивления** в Омах, третья цифра обозначает **множитель**. Множителем является число 10 возведенное в степень третьей цифры.

При **четырёхзначной** маркировке первые три цифры также обозначают численную величину сопротивления в Омах, четвертая цифра обозначает множитель. Множителем является число 10 возведенное в степень четвертой цифры.



Пример

маркировка 3 цифрами



числовое значение

множитель

СОПРОТИВЛЕНИЕ = $31 \cdot 10^2 = 3100 \Omega$

маркировка 4 цифрами



числовое значение

множитель

СОПРОТИВЛЕНИЕ = $792 \cdot 10^0 = 792 \Omega$

$350 = 35 \times 10^0$ равно 35 Ом

$743 = 74 \times 10^3$ равно 74000 Ом (74 кОм)

$2042 = 204 \times 10^2$ равно 20400 Ом (20,4 кОм)

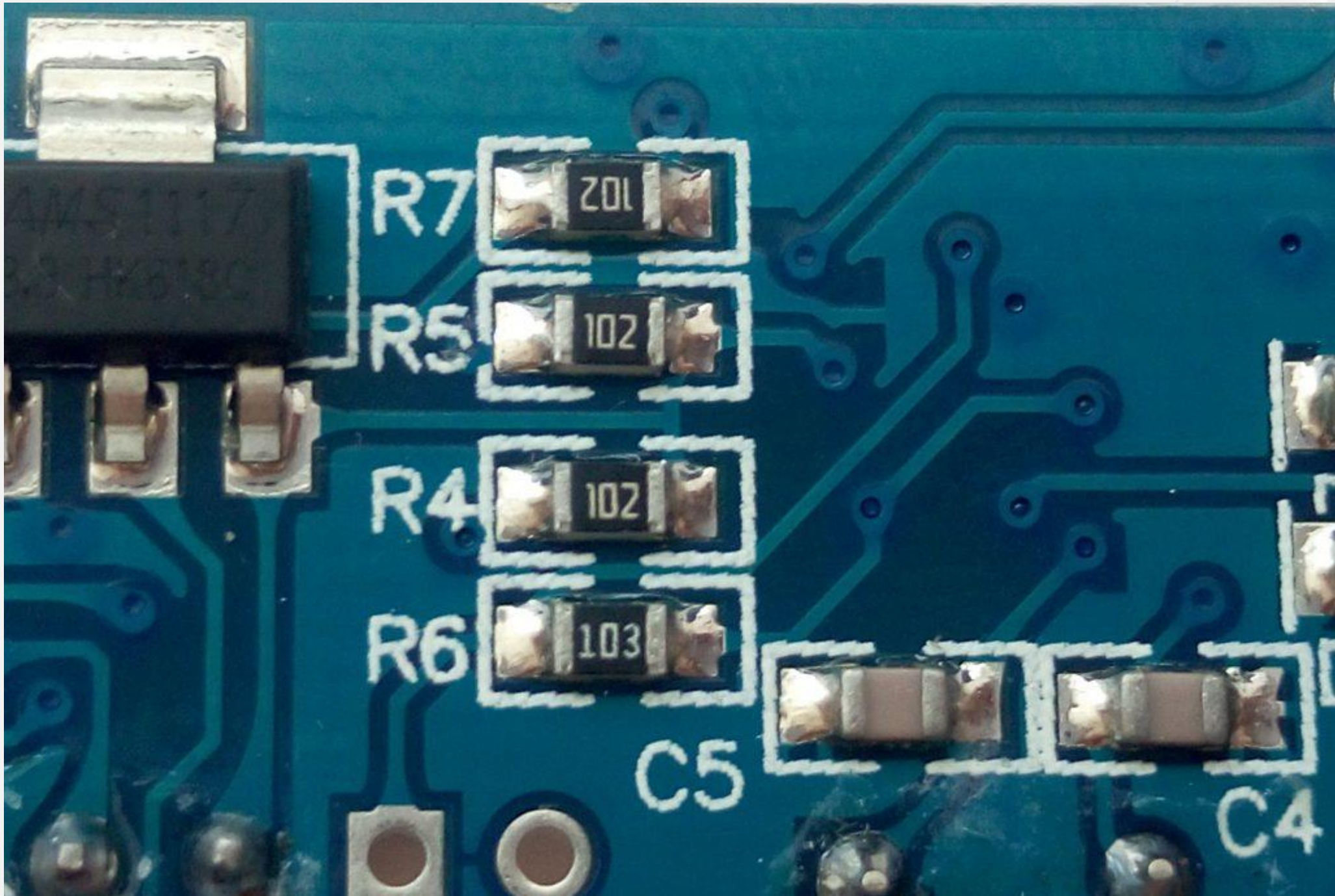
$1203 = 120 \times 10^3$ равно 120000 Ом (120 кОм)

Пример

000 перемычка	102 1 кОм	112 1.1 кОм	132 1.3 кОм	122 1.2 кОм
162 1.6 кОм	152 15 кОм	100 10 Ом	120 12 Ом	620 63 Ом
111 110 Ом	101 100 Ом	180 12 Ом	160 68 Ом	910 91 Ом
821 820 Ом	911 910 Ом	431 430 Ом	221 990 Ом	201 200 Ом
621 680 Ом	751 750 Ом	610 620 Ом	510 510 Ом	152 1.5 Ом
182 1.8 кОм	202 20 кОм	302 30 кОм	164 160 кОм	274 620 кОм
684 680 кОм	754 750 кОм	824 820 кОм	911 910 кОм	752 75 кОм
753 15 кОм	163 16 кОм	183 18 кОм	1R5 1.5 Ом	1R6 1.6 Ом
2R7 2.7 Ом	1R8 1.8 Ом	3R0 3.0 Ом	3R3 3.3 Ом	6R2 6.2 Ом



код		длина (l)		ширина (w)		высота (h)		мощность
Imperial	Metric	inch	mm	inch	mm	inch	mm	Watt
0201	0603	0.024	0.6	0.012	0.3	0.01	0.25	1/20 (0.05)
0402	1005	0.04	1.0	0.02	0.5	0.014	0.35	1/16 (0.062)
0603	1608	0.06	1.55	0.03	0.85	0.018	0.45	1/10 (0.10)
0805	2012	0.08	2.0	0.05	1.2	0.018	0.45	1/8 (0.125)



Допуск (класс точности) резистора

Вторым 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 IEC 60477-2013.

Буквенный код допуска отечественных резисторов

Допуск, %	±20	±10	±5	±2	±1	±0,5	±0,2	±0,1
Код	В	С	И	Л	Р	Д	У	Ж

Буквенный код допуска зарубежных резисторов

Допуск, %	±20	±10	±5	±2	±1	±0,5	±0,2	±0,1
Код	М	К	J	G	F	D	C	B

I класс	10	11	12	13	15	16
	18	20	22	24	27	30
	33	36	39	43	47	51
	56	62	68	75	82	91
II класс	10	12	15	18	22	27
	33	39	47	56	68	82
III класс	10	15	22	33	47	68

Номинальная мощность рассеивания

При прохождении тока через резистор на нем выделяется электрическая энергия (мощность) в виде тепла, которое сначала повышает температуру тела резистора, а затем за счет теплопередачи переходит в воздух. Поэтому мощностью рассеивания называют **ту наибольшую мощность тока, которую резистор способен длительное время выдерживать и рассеивать в виде тепла без ущерба потери своих номинальных параметров.**

Резисторы выпускаются с мощностью рассеивания 0.125 Вт, 0.25 Вт, 0.5 Вт, 1 Вт, 2 Вт, 3 Вт, 5 Вт, 10 Вт, 25 Вт и более. УГО для резисторов - 42 слайд.



Виды резисторов. Постоянные резисторы

Постоянным считается резистор, сопротивление которого в процессе работы остается **неизменным**.

Конструктивно такой резистор представляет собой керамическую трубку, на поверхность которой нанесен токопроводящий слой, обладающий определенным омическим сопротивлением. По краям трубки напрессованы металлические колпачки, к которым приварены выводы резистора, сделанные из облуженной медной проволоки. Сверху корпус резистора покрыт влагостойкой цветной эмалью.



Постоянные резисторы. Непроволочные

Непроволочные резисторы используются для работы в электрических цепях постоянного и переменного тока, в которых протекают сравнительно небольшие токи нагрузки. Резистивный элемент резистора выполнен в виде тонкой **полупроводящей пленки**, нанесенной на керамическое основание.



Постоянные резисторы. Проволочные

Проволочные резисторы применяются в электрических цепях постоянного тока.

При изготовлении резистора на его корпус в один или два слоя наматывается тонкая проволока, сделанная из никелина, нихрома, константана или других сплавов с высоким удельным электрическим сопротивлением. Высокое удельное сопротивление провода позволяет выполнить резистор с минимальным расходом материалов и небольшими размерами. **Применяют** в цепях постоянного тока или тока низких частот, там, где требуются высокие точности и стабильность работы. К данному типу резисторов также относятся миниатюрные SMD резисторы.



Виды резисторов. Переменные резисторы.

В переменных резисторах (регулируемых и подстроечных) параметр сопротивления меняется в допустимых пределах, зависимости от рабочего режима.

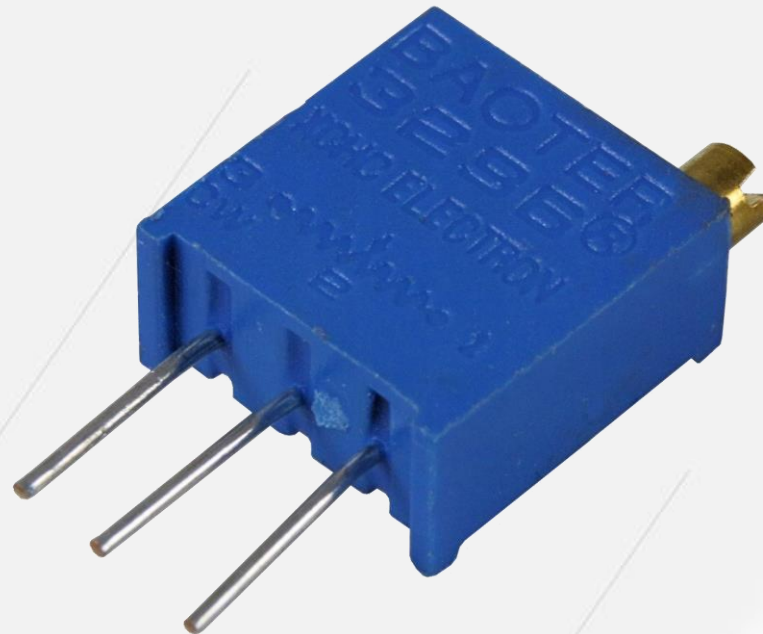
У них три вывода, в отличие от постоянных, которые имеют два вывода. Значение сопротивления между средним выводом и крайними регулируется путем перемещения скользящего контакта (бегунка) по резистивному слою. При этом сопротивление между средним и одним из крайних выводов возрастает, а между средним и другим крайним выводами – падает. При движении «бегунка» в другую сторону эффект обратный.



Подстроечные резисторы

Созданы для периодической подстройки, поэтому подвижная система рассчитана на небольшое количество циклов перемещения – до 1000.

Регулировочные резисторы рассчитаны на многократное использование – более 5 тысяч циклов.





Виды резисторов по назначению.

Высокочастотные. Для чего нужны такие резисторы в электроцепях: благодаря низким собственным емкостям и индуктивностям, высокочастотные резисторы могут применяться в схемах, в которых частота достигает сотни мегагерц, они выполняют в них функции балластных или оконечных нагрузок.

Высокоомные. Величина сопротивления находится в диапазоне от нескольких десятков МОм до ТОм, величина напряжения небольшая – до 400 В. Высокоомные элементы работают в ненагруженном состоянии, поэтому большая мощность им не нужна. Их мощность рассеивания не превышает 0,5 Вт. Высокоомные резисторы служат для ограничения тока в дозиметрах, приборах ночного видения и других приборах с малыми токами.

Прецизионные и сверхпрецизионные. Эти устройства имеют высокий класс точности: допустимое значение сопротивления составляет 1% от номинального и менее. Для сравнения: у обычных резисторов допустимый диапазон составляет 5% и более. Прецизионные устройства используются в основном в приборах измерения высокой точности.



Основные параметры резисторов

1. Номинальное сопротивление $R = \rho \frac{l}{S}$

где: l - длина резистивного материала;
 S - площадь его поперечного сечения
 ρ - удельное сопротивление

Величины номинальных сопротивлений стандартизованы, согласно ГОСТ установлено шесть основных рядов:

E6, E12, E24, E48, E96, E192.

Индекс ряда	Номинальное значение (единицы, десятки, сотни Ом)						Допустимое отклонение
E6	1,0	1,5	2,2	3,3	4,7	6,8	± 20%
E12	1,0	1,5	2,2	3,3	4,7	6,8	± 10%
	1,2	1,8	2,7	3,9	5,6	8,2	
E24	1,0	1,5	2,2	3,3	4,7	6,8	± 5%
	1,1	1,6	2,4	3,6	5,1	7,5	
	1,2	1,8	2,7	3,9	5,6	8,2	
	1,3	2,0	3,0	4,3	6,2	9,1	

2. Номинальная мощность

$$P = I^2 R$$

В установившемся режиме должен существовать баланс между поглощенной и рассеиваемой мощностью

$$I^2 R = \alpha_{\text{теп}} P_{\text{охл}} (T - T_0)$$

где $\alpha_{\text{теп}}$ - коэффициент теплоотдачи;
 $P_{\text{охл}}$ - поверхность охлаждения.

Максимально допустимое значение мощности при расчетной (номинальной) температуре окружающей среды называется **номинальной мощностью резистора** P_n . Шкала номинальных мощностей резисторов определена ГОСТ и включает в себя 29 градаций от 0,01 до 1000 Вт.

Предельное рабочее напряжение - это максимальное напряжение для данного типа резистора.

$$U_{\text{пред}} = \sqrt{R \times P_n} \quad (\text{В})$$

Обычно низкоомные резисторы имеют $U_{\text{пред}}$ рассчитанные из условий максимальной мощности, а высокоомные из условий электрической прочности.

3. Температурный коэффициент сопротивления

Температурный коэффициент сопротивления (ТКС) $\alpha_{ткс}$ определяется из выражения

$$\alpha_{ткс} = \frac{1}{R} \times \frac{dR}{dT} \quad \alpha_{ткс\text{ ср}} = \frac{\Delta R}{R_0 \Delta T} \quad (1/^\circ\text{C})$$

для резисторов $\alpha_{ткс} = 0,1 \times 10^{-4} \div 100 \times 10^{-4} [1/^\circ\text{C}]$

Уровень собственных шумов

Шумы резистора характеризуют квадратом напряжения, определяемого по формуле Найквиста:

$$U_{ш}^2 = 4kT \Delta f R$$

где:

$k = 1,38 \times 10^{-23} \text{ Дж}/^\circ\text{C}$ - постоянная Больцмана;

T - абсолютная температура;

R - электрическое сопротивление проводника;

Δf - полоса частот, в которой наблюдаются шумы.

Уровень шумов принято оценивать величиной шумового напряжения на выводах резистора $U_{ш}$ к приложенному напряжению U_0

$$K_{ш} = \frac{U_{ш}}{U_0}$$