

**Санкт-Петербургский государственный университет
телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича
Кафедра Конструирования и производства
радиоэлектронных средств**

Дисциплина: «Компоненты электронной техники»

**Раздел 2: «Пассивные элементы
радиоэлектронных устройств»**

**Лекция №2. «Резисторы и конденсаторы»
(2 часа)**

**Доцент кафедры, к.п.н.,
Мордовин В.Н.**

2021 г.

СПб ГУТ)))

Учебные вопросы

Общие сведения об электронных компонентах.

- 1. Определение, классификация, условно-графическое обозначение резисторов.**
- 2. Основные параметры и свойства резисторов.**
- 3. Маркировка и обозначение резисторов на электрических схемах.**
- 4. Определение, классификация, условно-графическое обозначение конденсаторов.**
- 5. Основные параметры конденсаторов.**

Литература

1. Электрические и электронные компоненты устройств и систем : учеб.- Э45 ме-тод. пособие / В. В. Баранов [и др.]. - Минск : БГУИР, 2019. -136 с. : ил.
2. Путеводитель по электронным компонентам: сборник/ Лев Шапиро. СПб.: Свое издательство, 2014. – 184с.
3. Цветная маркировка резисторов. Кодовая маркировка резисторов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.radiant.su/rus/articles/>.

ВВЕДЕНИЕ

Основными компонентами электронной техники являются: *резисторы, конденсаторы, катушки индуктивности и дроссели, трансформаторы, коммутационные устройства, электровакуумные приборы, приборы отображения информации, полупроводниковые приборы, акустические приборы, антенны, пьезоэлектрические приборы, линии задержки, источники тока, предохранители и разрядники, электродвигатели, лампы накаливания, элементы цифровой техники, элементы аналоговой техники, провода, кабели, волноводы.*

Резистор (англ. resistor, лат. resisto – сопротивляюсь) – пассивный элемент электронной цепи, предназначенный для создания в ней заданной величины активного сопротивления.

Конденсаторы – это компоненты, основным параметром которых выступает ёмкость, а основное назначение состоит в накоплении электрических зарядов.

1. Определение, классификация, маркировка и условно-графическое обозначение резисторов

Резистор - электрорадиоэлемент, предназначенный для поглощения электрической энергии и распределения ее между другими элементами.

Резистор – элемент цепи, в котором происходит преобразование электрической энергии в тепловую $P=UI$.

Резистор имеет сопротивление, которое определяется выражением $R=U/I$,

где U – напряжение, приложенное к резистору;

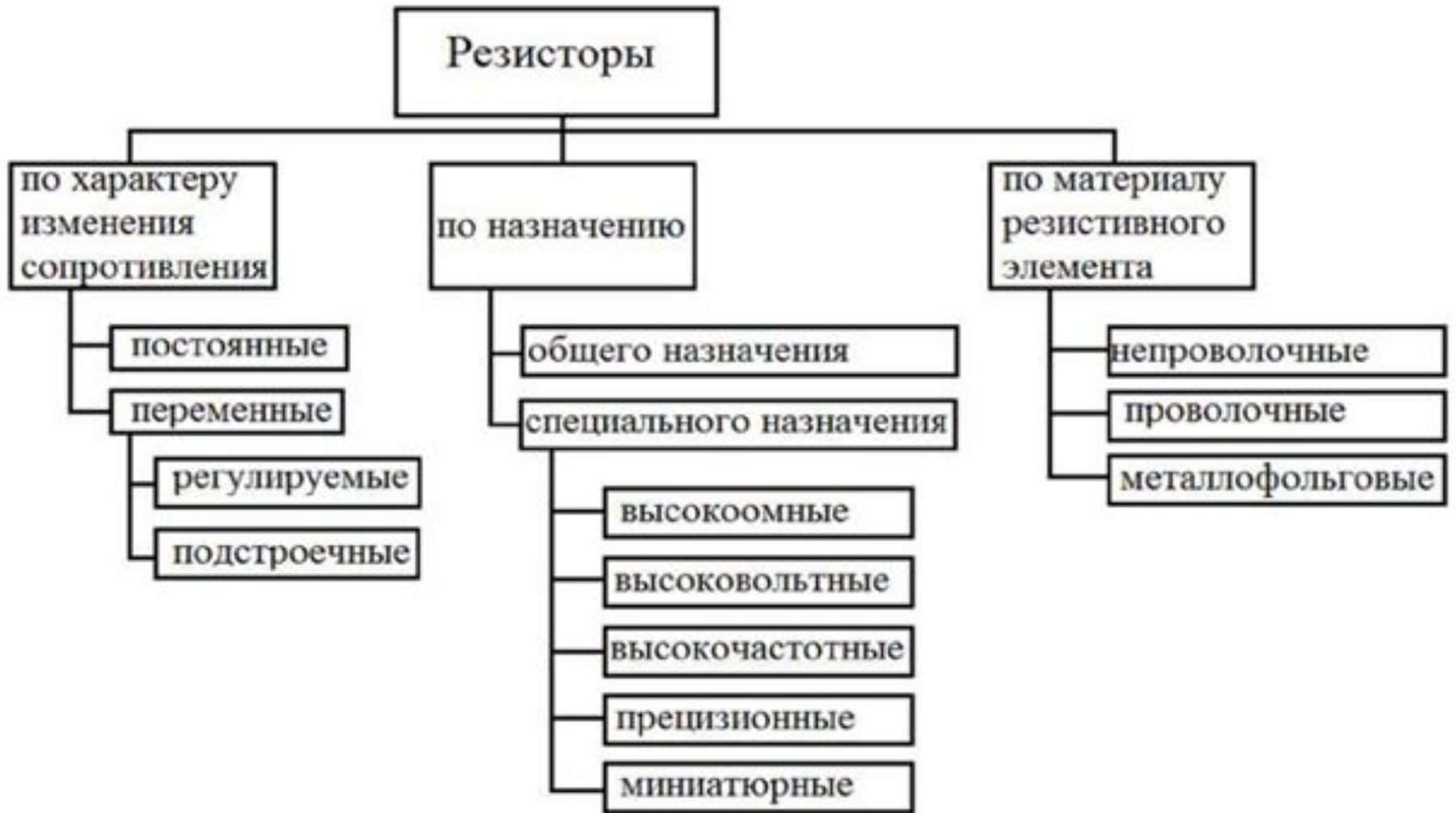
I – ток, протекающий через него.

Сопротивление резистора измеряется в омах (Ом), килоомах (КОм) и мегаомах ($1 \text{ МОм} = 10^3 \text{ КОм} = 10^6 \text{ Ом}$).

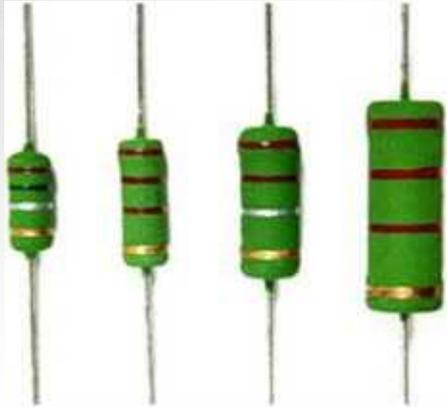
Резисторы составляют примерно 50% от общего числа монтируемых элементов.

Промышленность выпускает различные типы резисторов с номинальным сопротивлением от сотых долей ом до 10ТОм (1ТОм (тераом) = 10^{12} Ом) с допускаемыми отклонениями $\pm (0,001-30) \%$.

Классификация резисторов



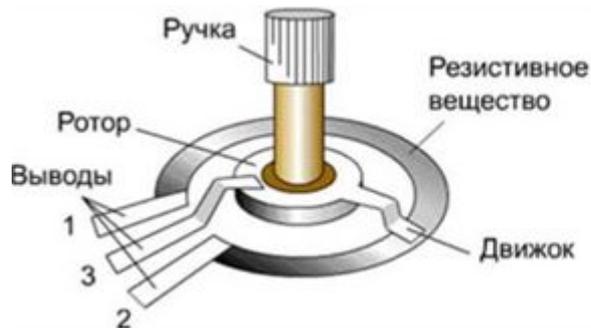
Резисторы постоянного сопротивления



Применяются в качестве нагрузок усилительных каскадов, делителей напряжения, в фильтрах цепей питания, добавочных сопротивлений и шунтов измерительных цепей и т. д. Они являются изделиями массового производства и стандартизованы.

Регулируемые резисторы или переменные

Применяются в качестве плавных регуляторов усиления, для точной и плавной установки напряжения (например, в регуляторах громкости).



Подстроечные резисторы

Предназначены для точной установки сопротивления при разовой настройке и регулировке прибора при изготовлении и ремонте аппаратуры.



Резисторы общего назначения

В данную группу входят резисторы постоянного сопротивления, величина сопротивления которых фиксируется при изготовлении, и резисторы переменного сопротивления, конструкции которых позволяют плавно менять данную величину.

Диапазон величин сопротивлений резисторов общего назначения варьируется от 10 Ом до 10 МОм, номинальные мощности рассеяния - от 0,125 до 100 Вт.



Резисторы специального назначения

Обладают определенными *специфическими* свойствами и параметрами и могут быть разделены на следующие виды:

1. **Высокоомные резисторы** -

преимущественно композиционного типа с сопротивлением до 10^{13} Ом. Применяются в устройствах для измерения очень малых токов, например, в дозиметрах различных излучений. Номинальная мощность обычно не указывается, а рабочие напряжения составляют 100-300 В. Типы: С5-23, КВМ.



2. **Высоковольтные резисторы** - с

сопротивлением до 10^{11} Ом, но большей мощности и более крупные по размерам, чем высокоомные резисторы. Применяются в делителях напряжения и поглотителях, для искрогашения, разряда конденсаторов фильтров и т. д. Рабочие напряжения 10-60 кВ. Типы: КЭВ-1, КЛВ, СЗ-5, СЗ-6 и др. Они заведомо имеют большие габаритные размеры.



3. Высокочастотные резисторы - преимущественно поверхностного типа. Предназначены для аппаратуры, работающей на частотах свыше 10 МГц, кабелях, волноводах. Используют при конструировании высоко- и сверхвысокочастотных трактов аппаратуры в качестве согласующих нагрузок, аттенюаторов, эквивалентов антенн, элементов волноводов.

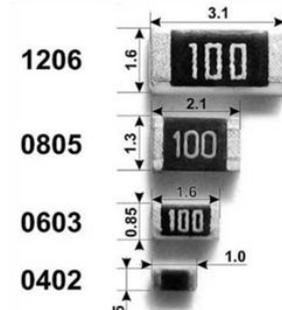
Отличаются малой собственной емкостью и индуктивностью из-за отсутствия нарезки и выводов, а также защитной эмали. Номинальная мощность $P_{ном}$ некоторых резисторов достигает до 5, 20 и 50 кВт, поэтому требуется охлаждение. Сопротивление таких резисторов не превышает 300 Ом. Типы: МУН, МОУ, УНУ, С2-20, С6-2-С6-9 и др.



4. Прецизионные и полупрецизионные резисторы) - применяются в точных измерительных устройствах, релейных системах, магазинах сопротивлений. Отличаются высокой точностью изготовления, повышенной стабильностью основных параметров, часто выполняются герметизированными. Величины сопротивлений 0,1 Ом -1 МОм, $P_{ном}$ не более 10 Вт. Типы: БЛП, С2-10, С2-13 и др.



5. Миниатюрные резисторы - предназначены для малогабаритной аппаратуры. Номинальная мощность $P_{ном}$ составляет 0,01-0,125 Вт, сопротивление до 5 МОм. Типы: УЛМ, КИМ и др. Частным случаем миниатюрных резисторов являются SMD (Surface Mounted Device - устройство для поверхностного монтажа) резисторы.



Миниатюрные резисторы.



SMD-резисторы.

По **конструктивному оформлению** резисторы можно разделить следующим образом:

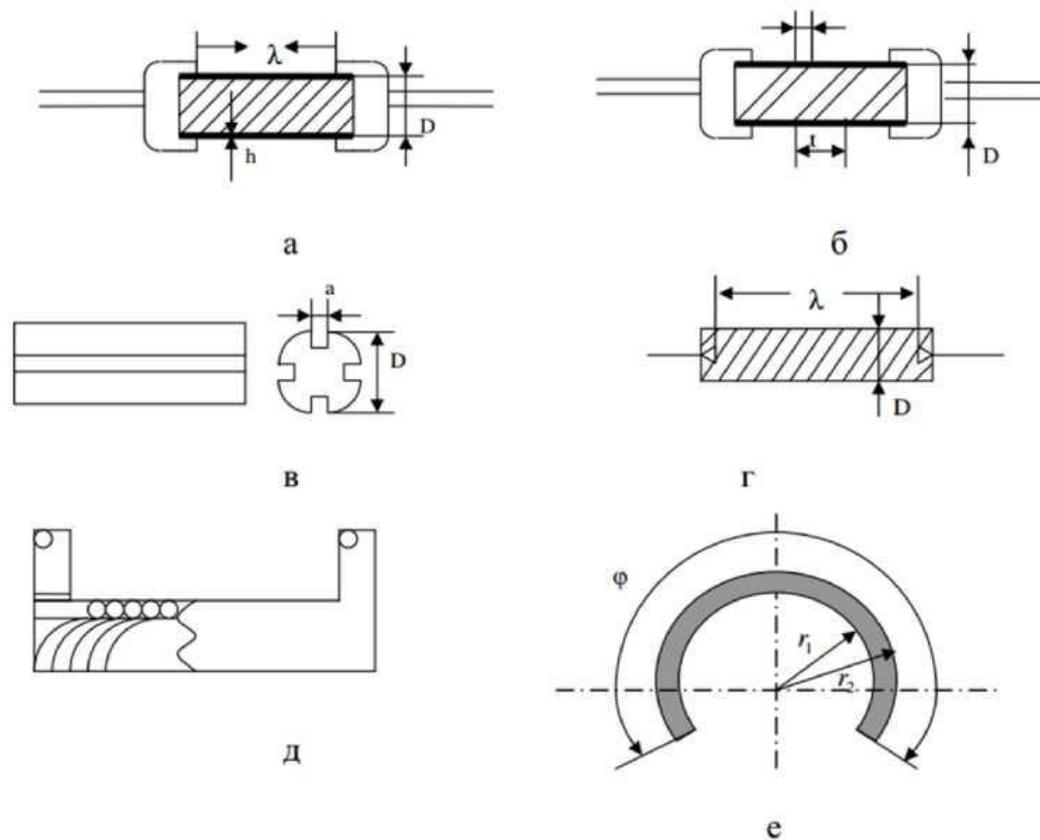
- а) резисторы с проводящим элементом, представляющим собой пленку, осажденную на поверхность изоляционного основания;
- б) резисторы с объемным проводящим элементом;
- в) резисторы с проводящим элементом из проволоки и микропроволоки.

При использовании буквенно-цифровой маркировки единицу измерения Ом обозначают буквами «Е» и «R», единицу килоОм буквой «К», а единицу мегаОм буквой «М» (ГОСТ 28883-90 (МЭК 62-74) «Коды для маркировки резисторов и конденсаторов»).



2. Основные параметры и свойства резисторов

Основные конструкции резисторов



а - резистор цилиндрической формы с проводящим элементом, нанесенным на изоляционную поверхность; б - резистор цилиндрической формы со спиральной нарезкой проводящего элемента; в - резистор цилиндрической формы с прорезанными изолирующими канавками; г - резистор объемной конструкции; д - проволочный резистор; е - резисторы с подковообразным проводящим элементом

Основные параметры резисторов

Свойства резисторов характеризуются следующими **основными параметрами**:

- *номинальным сопротивлением;*
 - *допустимым отклонением;*
 - *номинальной мощностью; электрической прочностью;*
 - *стабильностью; уровнем собственных шумов;*
- надежностью, размерами, массой, стоимостью.*

Величина сопротивления ($R_{ном}$) для резисторов цилиндрической формы с проводящим элементом, нанесенным на изоляционную поверхность, когда толщина проводящей пленки мала по сравнению с диаметром основания (рис. 2.1,а), величина сопротивления определяется по формуле 2.1:

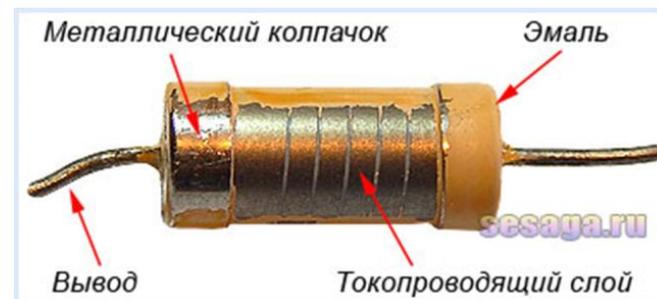
$$R = \rho \frac{L}{\pi D h},$$

где ρ – удельное сопротивление пленки, Ом;

h – толщина пленки, м;

L – длина пленки, м;

D – диаметр основания, м.



Основные параметры резисторов

Для *объемной конструкции* (рис. 2.1,г) величина сопротивления определяется формулой (2.2):

$$R = \rho \frac{4L}{\pi D^2},$$

где D – диаметр проводящего элемента, м.

Сопротивление проволочных резисторов зависит от *длины проволоки, удельного сопротивления и площади поперечного сечения* (рис. 2.1,д) и определяется по формуле (2.3):

$$R = \rho \frac{L}{S},$$

где S – площадь сечения проводника, м².

Номинальные сопротивления резисторов стандартизованы. Для постоянных резисторов установлено шесть рядов: E6, E12, E24, E48, E96, E192, а для переменных резисторов установлен ряд E6. Кроме этого, допускается использовать ряд E3.

Номинальные сопротивления по ряду E3, E6, E12, E24

Цифра после буквы E указывает число номинальных значений в каждом десятичном интервале. Номиналы сопротивлений соответствуют числам в приведенных ниже таблицах или числам, полученным умножением или делением этих чисел на 10^n (n – целое положительное или отрицательное число). Для примера приведена таблица рядов E3, E6, E12, E24.

E3	E6	E12	E24	E3	E6	E12	E24	E3	E6	E12	E24
1,0	1,0	1,0	1,0	2,2	2,2	2,2	2,2	4,7	4,7	4,7	4,7
			1,1				2,4				5,1
		1,2	1,2			2,7	2,7			5,6	5,6
			1,3				3,0				6,2
	1,5	1,5	1,5		3,3	3,3	3,3		6,8	6,8	6,8
			1,6				3,6				7,5
		1,8	1,8			3,9	3,9			8,2	8,2
			2,0				4,3				9,1

Допустимое отклонение, или допуск (классом точности), указывается либо на ЭРЭ, либо в паспорте на ЭРЭ, в зависимости от типа маркировки. Согласно ГОСТ 9664–74 установлен ряд допусков: $\pm 0,001$; $\pm 0,002$; $\pm 0,005$; $\pm 0,01$; $\pm 0,02$; $\pm 0,05$; $\pm 0,1$; $\pm 0,25$; $\pm 0,5$; ± 1 ; ± 2 ; ± 5 ; ± 10 ; ± 20 ; ± 30 %. Каждому отклонению соответствует свой класс точности, обозначаемый соответствующей буквой латинского алфавита. На ЭРЭ маркируется либо отклонение, либо класс точности.

Допуск (класс точности) резисторов

Буквенный код допуска отечественных резисторов

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

Буквенный код допуска зарубежных резисторов

Допуск, %	± 20	± 10	± 5	± 2	± 1	$\pm 0,5$	$\pm 0,2$	$\pm 0,1$
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

Основные параметры резисторов

- **Номинальная мощность ($P_{ном}$)** – наибольшая мощность, которую резистор может рассеивать при заданных условиях в течение гарантированного срока службы при сохранении параметров в условленных пределах при непрерывной электрической нагрузке и определенной температуре окружающей среды.



Величина $P_{ном}$ определяется конструкцией, физическими свойствами материалов проводящего элемента и защитного слоя. С повышением температуры окружающей среды $P_{ном}$ снижается.

Виды резисторов различной номинальной мощности.

Основные параметры резисторов

Удельная мощность рассеяния P_0 (Вт/см²) определяется по формуле (2.4):

$$P_0 = \frac{P}{S},$$

где P – мощность, Вт; S - площадь резистора.

Каждая конструкция резистора характеризуется **предельным рабочим напряжением** $U_{пред}$, которое может быть приложено к резистору, не вызывая нарушения его работоспособности. Величина $U_{пред}$ зависит от условий эксплуатации и рассчитывается по формуле (2.5):

$$U_{пред} \leq P_{ном} R_{ном}$$

Предельное напряжение при нормальном атмосферном давлении в большинстве случаев ограничивается тепловыми процессами в проводящем элементе. При понижении давления $U_{пред}$ снижается.

- **Стабильность параметров** резистора обычно характеризуется *температурным коэффициентом сопротивления (ТКС)*, которое определяется как *относительное изменение величины сопротивления при изменении температуры на 1°*. Сопротивление резистора может изменяться под влиянием температуры, влажности, процессов старения, напряжения и т. д.
- **Собственные шумы** – важный параметр, представляющий помехи для полезного сигнала и накладывающий ограничения на чувствительность различных схем. Собственные шумы представляют собой переменное напряжение, характеризующееся непрерывным широким спектром и одинаковой интенсивностью всех составляющих.
- **Надежность.** Экспериментально установлено, что 50 % отказов резисторов происходит из-за нарушения контактного соединения выводов с резистивным элементом и его обрыва, до 40 % – из-за перегорания резистивного элемента, и 10 % – из-за недопустимого изменения сопротивления.

3. Маркировка и обозначение резисторов на электрических схемах

	220 Ом
	10 кОм
	18 кОм
	220 кОм

1. **Буквенно-цифровая маркировка** содержит номинальную мощность, номинальное сопротивление, допуск или класс точности и дату изготовления.

Номинальное сопротивление обозначается цифрами с указанием единицы измерения следующим образом:

Ом обозначается буквой R, или E, или вообще без буквы; кОм обозначается буквой K, МОм – буквой M, ГОм – буквой Г, или G, ТОм – буквой T (тераомы).

Например, надпись 220E, или 220, или 220R, или 220Ω обозначает номинал 220 Ом, 68K – 68 кОм, 3,3M или 3M3 – 3,3 МОм, 4Г7 – 4,7 ГОм, 1T или 1ТО – 1 ТОм и т. д.

Цветовая маркировка резисторов

	Значение цифр	Множитель	Допуск [%]	ТКС [%/°C]
Черный	0	1		
Коричневый	1	10	±1	100
Красный	2	100	±2	50
Оранжевый	3	1000		15
Желтый	4	10 ⁴		25
Зеленый	5	10 ⁵	±0,5	
Синий	6	10 ⁶	±0,25	10
Фиолетовый	7	10 ⁷	±0,1	5
Серый	8	10 ⁸	±0,05	
Белый	9	10 ⁹		1
Золотистый		10 ⁻¹	±5	
Серебристый		10 ⁻²	±10	

Примеры дешифровки:

6 колец или точек → 2,7 кОм, 0,5%, 15%/°C

5 колец или точек → 430 кОм, 5%

4 кольца или точки → 10 кОм, 0,1%

2. Система маркировки с

Температурный коэффициент сопротивления (ТКС) — это величина, характеризующая относительное изменение сопротивления на один градус Кельвина или Цельсия. ТКС характеризует обратимое изменение сопротивления резистивного элемента вследствие изменения температуры окружающей среды или изменения электрической нагрузки.

спектра полосок без специальных средств (каталога или специального электронного расшифровщика).

Рис. 3.2. – Маркировка параметров резисторов с помощью цветных полосок.

Недостатки маркировка параметров резисторов с помощью цветных полосок

1. Необходимо сильно напрягать зрение для идентификации полос у резистора, установленного на плате внутри корпуса, или при искусственном освещении. Выцветание полос может внести ошибку при определении параметров ЭРЭ.
2. При потере цвета хотя бы одной полоски, например, стирание или перегорание краски, информация о резисторе теряется безвозвратно.
3. У некоторых резисторов (отечественных с допуском $\pm 20\%$) пятиполосной системы пятая полоса, обозначающая допуск, не ставится; аналогично при четырехполосной системе с таким же допуском последняя полоса отсутствует. В результате система становится в первом случае четырехполосной, а во втором – трехполосной. Получившаяся четырехполосная кодировка может дать ошибочное значение номинала резистора.
4. Выигрыш по размеру у такой системы – небольшой. В цветовую кодировку некоторые производители включают и тип резисторов и ТКС, что усложняет расшифровку.

Маркировка параметров SMD-резисторов с помощью трехпозиционного, или четырехпозиционного кода

маркировка 3 цифрами

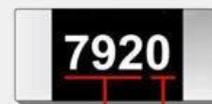


числовое значение

множитель

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

маркировка 4 цифрами



числовое значение

множитель

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

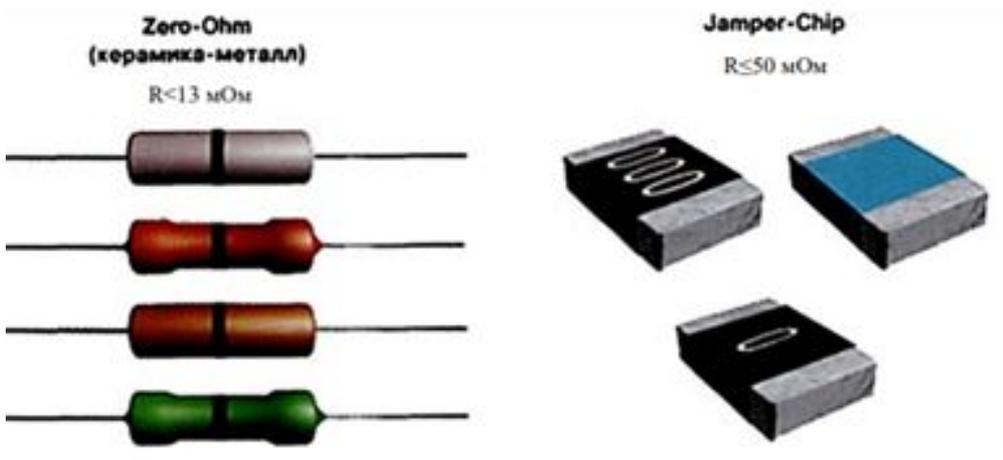
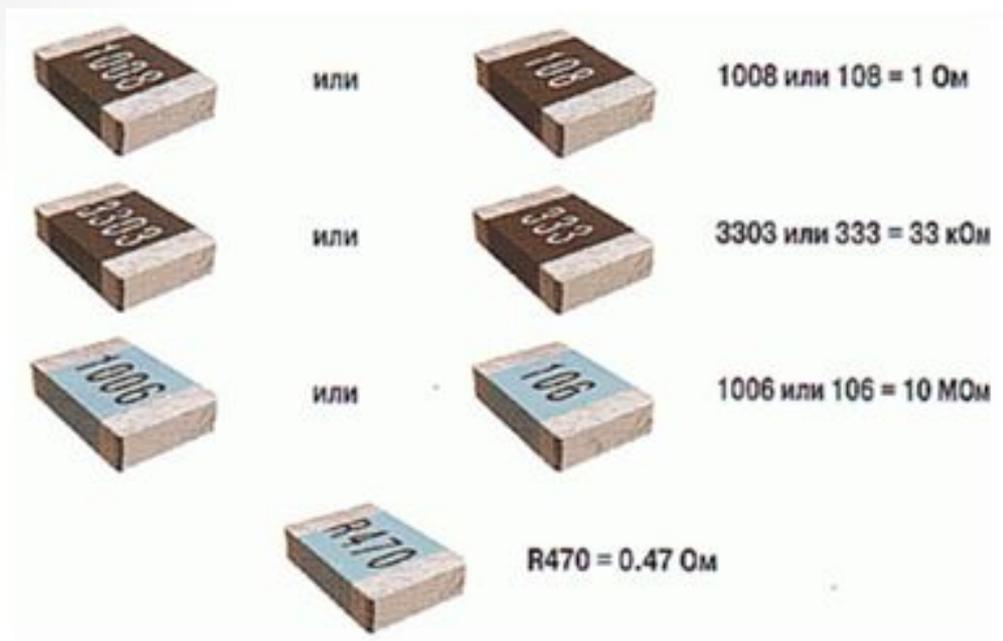
350 = 35 x 100 равно 35 Ом

743 = 74 x 10³ равно 74000 Ом (74 кОм)

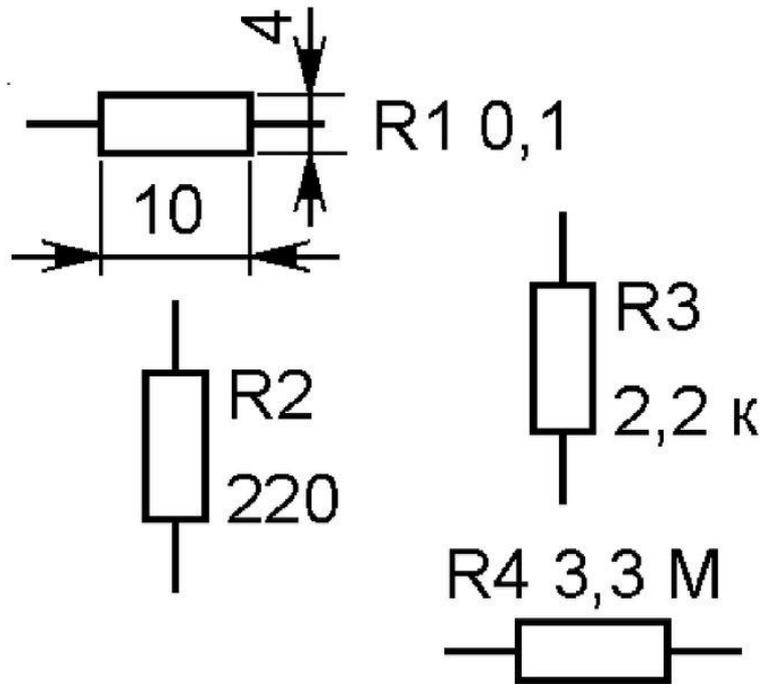
2042 = 204 x 10² равно 20400 Ом (20,4 кОм)

1203 = 120 x 10³ равно 120000 Ом (120 кОм)

Варианты кодировки номиналов резисторов для поверхностного монтажа



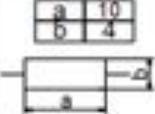
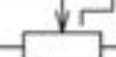
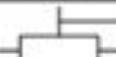
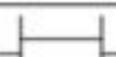
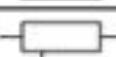
Обозначение резисторов на электрических схемах



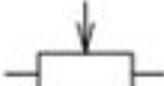
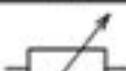
Указанные на рисунке размеры УГО резисторов установлены ГОСТ 2.728–74 и их следует соблюдать при вычерчивании схем.

Рис. 3.5. – УГО резистора.

Отечественное и зарубежное условное графическое обозначение резисторов

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	

ГОСТ РФ

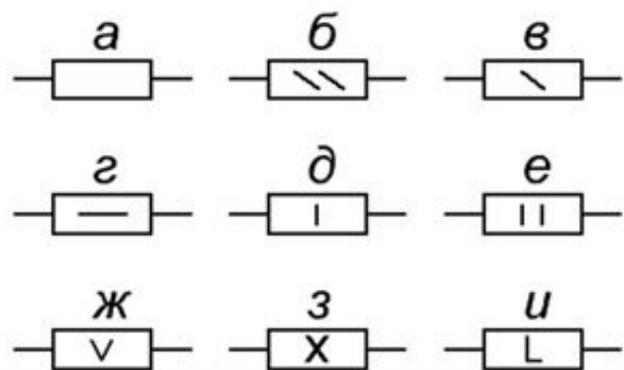
Название	Обозначение
Постоянный	
Подстроечный	
Переменный	
С отводами	
Фоторезистор	
Терморезистор	
Реостат	

Немецкий институт по стандартизации (DIN)

Название	Обозначение
Постоянный	
Подстроечный	
Переменный	
С отводами	
Фоторезистор	
Терморезистор	
Реостат	

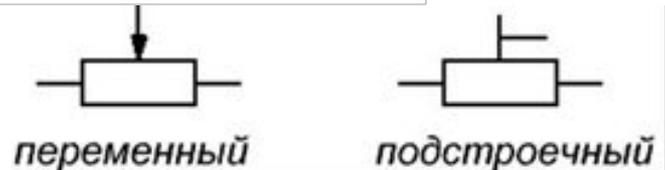
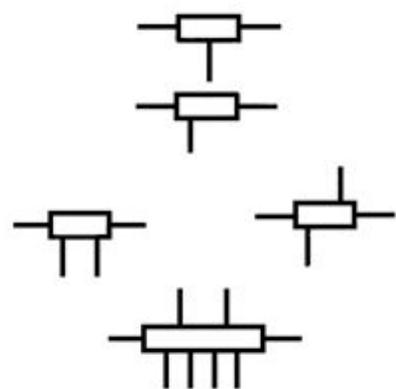
Американский национальный институт стандартов (ANSI)

Номинальную рассеиваемую мощность указывают специальными значками внутри условного графического обозначения.



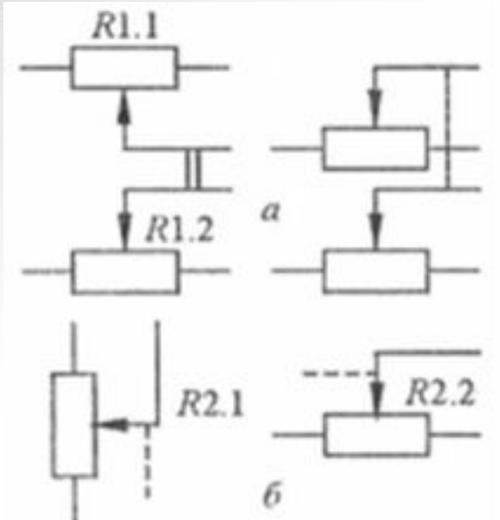
- а) общее обозначение
- б) мощностью рассеяния 0,125 Вт
- в) мощностью рассеяния 0,25 Вт
- г) мощностью рассеяния 0,5 Вт
- д) мощностью рассеяния 1 Вт
- е) мощностью рассеяния 2 Вт
- ж) мощностью рассеяния 5 Вт
- з) мощностью рассеяния 10 Вт
- и) мощностью рассеяния 50 Вт

Обозначение УГО резистора постоянного с дополнительными отводами

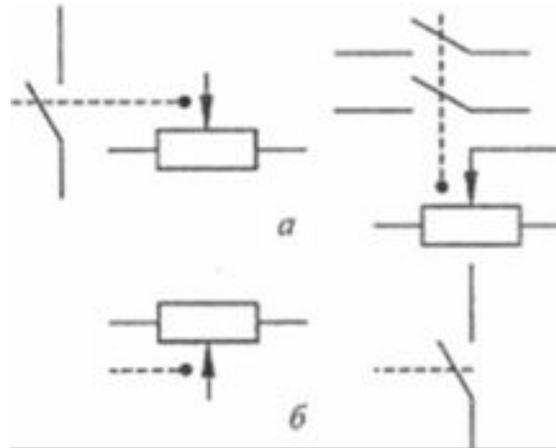


УГО переменного и подстроечного резисторов.

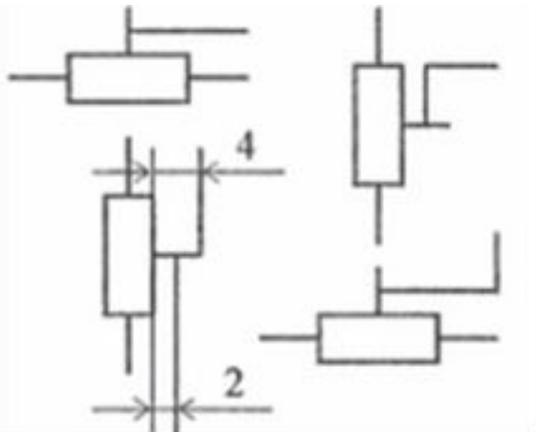
УГО резисторов



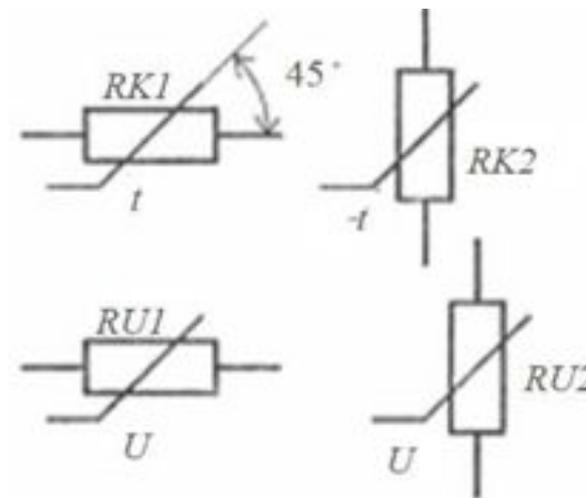
УГО сдвоенных переменных резисторов



УГО переменных резисторов, объединенных с выключателем



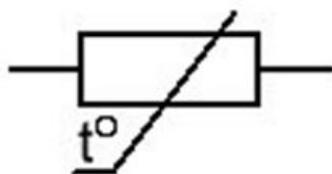
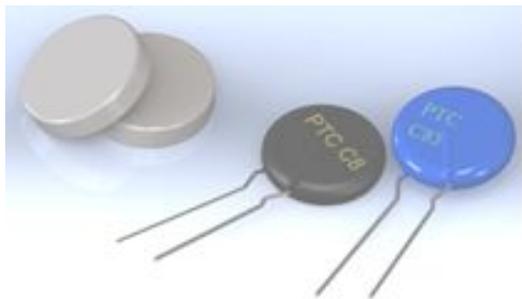
УГО подстроечного резистора



УГО терморезистора и варистора

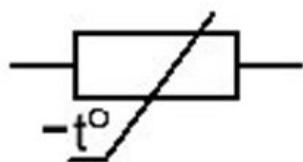
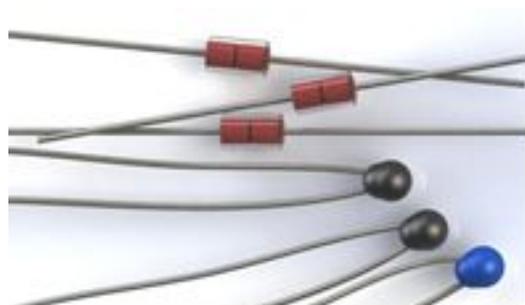
К подвидам терморезисторов относятся *позистор* и *термистор*.

Позистор (РТС-терморезистор) - это электронный компонент, имеющий положительный коэффициент сопротивления и выполняющий двойную функцию: нагревателя и температурного датчика. Чем выше становится температура, тем сильнее увеличивается его внутреннее сопротивление и меньший ток будет протекать через элемент.



позистор

Внешний вид и УГО позистора.

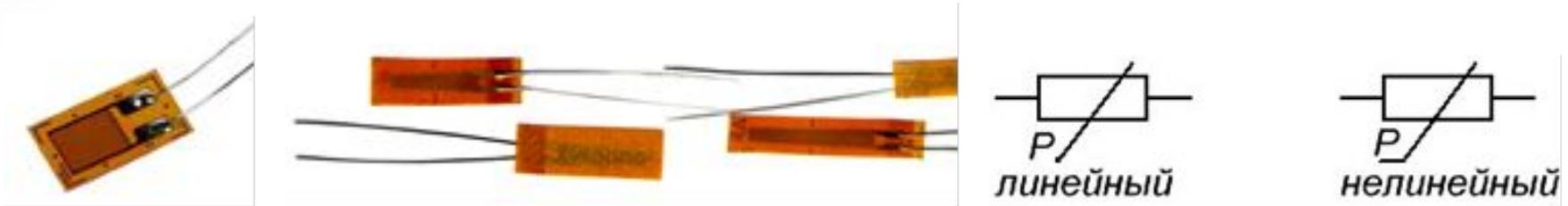


термистор

Внешний вид и УГО термистора

Термистор (NTC-терморезистор) – чувствительный электронный компонент с отрицательным коэффициентом сопротивления. При нагреве его внутреннее сопротивление начинает падать.

Тензорезистор (от лат. *tensus* — напряжённый и лат. *resisto* — сопротивляюсь) — резистор, сопротивление которого изменяется в зависимости от его деформации. Тензорезисторы используются в тензометрии. С помощью тензорезисторов можно измерять деформации механически связанных с ними элементов.



Внешний вид и УГО тензорезистора

Тензорезистор является основной составной частью тензодатчиков, применяющихся для косвенного измерения силы, давления, веса, механических напряжений, крутящих моментов и пр.

4. Определение, классификация, условно-графическое обозначение конденсаторов

Конденсатор – это система из двух и более электродов (обычно в форме пластин, называемых обкладками), разделенных диэлектриком, толщина которого мала по сравнению с размерами обкладок конденсатора. Система обладает взаимной емкостью и способна сохранять электрический заряд. Является пассивным электронным компонентом.



Конденсатор — это элемент электронной техники, содержащий два или более проводников: электроды или обкладки, разделенные диэлектриком (рабочий диэлектрик). Электрические свойства, конструкция и области применения конденсатора определяются использованным в нем рабочим диэлектриком.

Классификация конденсаторов

2. По характеру изменения емкости:

- постоянные;
- переменные;
- полупеременные (подстрочные);

3. По материалу диэлектрика различают три вида:

- с твердым диэлектриком (керамические, стеклянные, стеклокерамические, стеклоэмалевые, слюдяные, бумажные, электролитические, полистирольные, фторопластовые и др.);
- газообразным диэлектриком;
- жидким диэлектриком.

4. По способу крепления:

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

Различают следующие конструкции конденсаторов: пакетная, трубчатая, дисковая, литая секционированная, рулонная.

Классификация конденсаторов

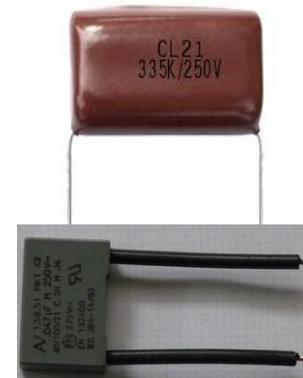
Пакетная конструкция представляет собой пакет чередующихся металлических и диэлектрических пластин или тонких пленок.

Трубчатая конструкция характерна для высокочастотных трубчатых конденсаторов.

Дисковая конструкция характерна для высокочастотных керамических конденсаторов.

Рулонная конструкция характерна для бумажных пленочных низкочастотных конденсаторов, обладающих большой емкостью.

Пленочные конденсаторы применяют принцип «многослойности», т. е. создают много слоев диэлектрика, чередующегося слоями обкладок. Различают два вида пленочных конденсаторов – **радиальные** и **аксиальные**. Диапазон емкости - от 5пФ до 100мФ. Диапазон номинального напряжения - более 2000В.



Классификация конденсаторов

Электролитические конденсаторы обычно используются, когда требуется большая емкость. По причине своей полярности электролитические конденсаторы не могут быть использованы в цепях с переменным током.



Керамические конденсаторы изготавливают в виде одной или нескольких пластин, выполненных из специальной керамики. Материал керамики может применяться с различными свойствами.



Полимерные конденсаторы имеют полимерный материала, вместо оксидной пленки между обкладками. Не подвергаются утечке заряда и раздуванию.



Классификация конденсаторов

Танталовые конденсаторы физически меньше алюминиевых аналогов. Диапазон типичных емкостей – от 47 нФ до 1500 мкФ. Являются полярными. Диапазон типичных напряжений – от 1 до 125 В.



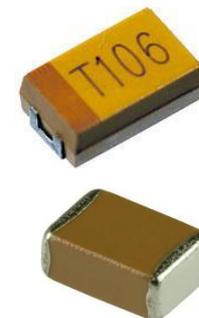
Переменные конденсаторы используются в устройствах, где часто требуется настройка во время работы. Изменение емкости конденсатора позволяет влиять на характеристики проходящего через него сигнала (форму, частоту, амплитуду и т. д.).



Подстроечные конденсаторы используются при разовом или периодическом регулировании емкости.

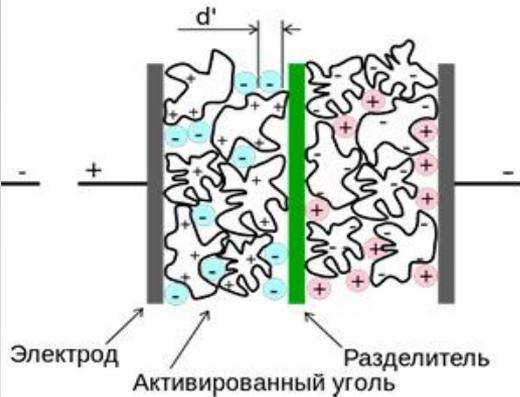


Чип-конденсаторы (SMD). Керамические чип-конденсаторы предназначены для автоматизированного поверхностного монтажа на печатные платы, с последующей пайкой оплавлением, горячим воздухом или в инфракрасных печах.



Классификация конденсаторов

С двойным электрическим слоем



Ионистор (двухслойный электрохимический конденсатор, суперконденсатор, ультраконденсатор) — электрохимическое устройство, конденсатор с органическим или неорганическим электролитом, "обкладками" в котором служит двойной электрический слой на границе раздела электрода и электролита. Представляет собой гибрид конденсатора и химического источника тока.

Запасенная ионистором энергия выше по сравнению с обычными конденсаторами того же размера. Типичная емкость ионистора — несколько фарад при номинальном напряжении 2-10 вольт.

Применяются для основного и резервного питания в бытовой технике - в цифровых и зеркальных фотоаппаратах, фотовспышках, фонарях, карманных плеерах и автоматических коммунальных счетчиках — везде, где требуется быстро зарядить устройство, или на длительное время сохранить питания энергозависимой памяти при отключении основных источников питания (аккумулятора, сетевого блока питания).

Пример: в фотоаппаратах ионистор обеспечивает питание таймера, фотокамера без основного источника питания (аккумулятора или батареек) длительное время сохраняет настройки времени и даты.

Условные обозначения конденсаторов

КОНДЕНСАТОРЫ

ГОСТ 2728-74

Название	Обозначение
Общее обозначение	
Электролитический поляризованный	
Переменной емкости	
Подстроечный	
Широкополосный	
Помехоподавляющий	
В экранирующем корпусе	
Электролитический неполяризованный	
Проходной	
Опорный	

КОНДЕНСАТОРЫ

Название	Обозначение
Неполярный постоянной емкости	
Полярный постоянной емкости	
Переменной емкости	
Подстроечный	

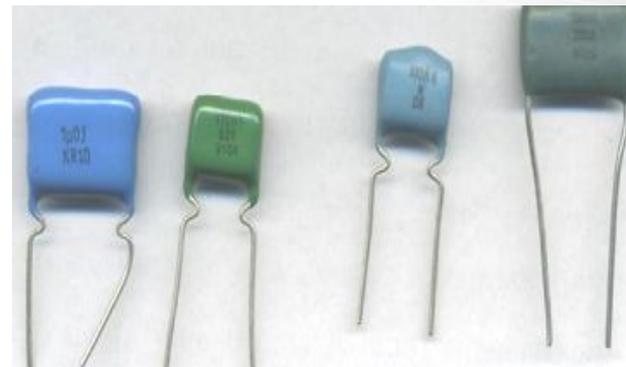
Американский
национальный
институт стандартов
(ANSI)
Немецкий
институт
по
стандартизации
(DIN)

Емкость конденсаторов от 0 до 999 пФ указывают без обозначения единицы измерения (C1, C2), от 104 до 9999·106 пФ – в микрофарадах с обозначением единицы строчными буквами – мк (C3, C4).

Систем маркировки конденсаторов в зарубежном и отечественном производстве

Буквенно-числовая маркировка конденсаторов. На корпусе конденсаторов отечественного производства К73-17 маркировка наносится буквенно-числовым индексом, например 100nJ, 330nK, 220nM, 39nJ, 2n2M. Обозначение 100n – это значение номинальной емкости конденсатора, соответствующее 100 нФ или 0,1 мкФ.

Номинальную емкость отечественных конденсаторов до 100 пФ обозначают буквой П после числа. Если емкость менее 10 пФ, то ставится буква R и две цифры. Например, 1R5 = 1,5 пФ. На керамических конденсаторах (типа КМ5, КМ6), которые имеют малые размеры, обычно указывается только числовой код емкости.



Конденсаторы типа К73-17.



Керамические конденсаторы с нанесенной маркировкой емкости числовым кодом

Числовая маркировка конденсаторов

Числовая маркировка 224 соответствует значению 220 000 пФ, или 220нФ, или 0,22мкФ.

В данном случае 22 – это числовое значение величины номинала. Цифра 4 указывает на количество нулей.

Получившееся число является значением емкости в пикофарадах.

При маркировке **221** емкость равна 220 пФ, при **220** – 22 пФ.

Если же в маркировке конденсатора используется код из четырех цифр, то **первые три цифры** – числовое значение величины номинала, **четвертая** – количество нулей.

Так, при обозначении **4722** емкость равна 47 200 пФ или 47,2нФ.

Допускаемое отклонение емкости маркируется либо числом в процентах (± 5 , ± 10 , ± 20 %), либо латинской буквой. Иногда можно встретить старое обозначение допуска, закодированного русской буквой.

Маркировка конденсаторов

Буквенный код отклонения емкости конденсатора (допуск).

Если у конденсатора маркировка M47C, то его емкость 0,047 мкФ, а допуск составляет $\pm 10\%$ (по старой маркировке русской буквой). В основном в бытовой аппаратуре широко применяются конденсаторы с допуском H, M, J, K.

Буква, обозначающая допуск, указывается после значения номинальной емкости конденсатора: 22nK, 220nM, 470nJ.

Маркировка допустимого рабочего напряжения конденсатора.

Значение допустимого рабочего напряжения конденсатора указывается после номинальной емкости и допуска.

Обозначается в вольтах буквой В (старая маркировка) или V (новая маркировка), например: 250 В, 400 В, 1600 V, 200 V.

В некоторых случаях буква V опускается.

Иногда применяется кодирование латинской буквой. Для расшифровки следует пользоваться таблицей буквенного кодирования рабочего напряжения конденсаторов.

Цветовая маркировка конденсаторов

Цвет	Значение
Чёрный	0
Коричневый	1
Красный	2
Оранжевый	3
Жёлтый	4
Зелёный	5
Голубой	6
Фиолетовый	7
Серый	8
Белый	9



В настоящее время она считается устаревшей, но все еще используется. *Первые две цифры – емкость, третья – количество нулей, четвертая – допуск, пятая – номинальное напряжение.*

Например: сочетание коричневого, черного, оранжевого цветов означает $10\ 000\ \text{пФ} = 10\ \text{нФ} = 0,01\ \text{мкФ}$.

Между полосами нет никаких промежутков, поэтому два одинаковых соседних цвета фактически образуют широкую полосу.

Например: широкий красный, желтый означают $220\ \text{нФ} = 0,22\ \text{мкФ}$.

5. Основные параметры конденсаторов

К основным электрическим параметрам конденсаторов относятся:

- 1) электрическая емкость;
- 2) удельная емкость;
- 3) номинальное напряжение;
- 4) полярность;
- 5) температурный коэффициент емкости.

Электрическая емкость (точнее номинальная емкость) конденсатора, определяет его заряд в зависимости от напряжения на обкладках ($q=CU$).

Номинальное напряжение – значение напряжения, обозначенное на конденсаторе, при котором он может работать в заданных условиях в течение срока службы с сохранением параметров в допустимых пределах.

Основные параметры конденсаторов

Емкость плоского конденсатора, состоящего из двух параллельных металлических пластин площадью S каждая, расположенных на расстоянии d друг от друга, в системе СИ выражается формулой:

$$C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d},$$

где ε – относительная диэлектрическая проницаемость среды, заполняющей пространство между пластинами (эта формула справедлива, лишь когда d много меньше линейных размеров пластин);

ε_0 – относительная диэлектрическая проницаемость диэлектрика;

d – расстояние между обкладками, м;

S – площадь одной обкладки, м.

Основные параметры конденсаторов

Удельная емкость – отношение емкости к объему (или массе) диэлектрика. Максимальное значение удельной емкости достигается при минимальной толщине диэлектрика, однако при этом уменьшается его напряжение пробоя.

$$C_{\text{уд}} = \frac{C}{V}, \text{Ф/м}^3,$$

где V – объем диэлектрика, м^3

$$C_{\text{уд}} = \frac{C}{m}, \text{Ф/м}^3,$$

где m – масса конденсатора, кг.

Температурный коэффициент емкости – величина, применяемая для характеристики конденсаторов с линейной зависимостью емкости от температуры и равная относительному изменению емкости при изменении температуры окружающей среды на один градус Цельсия.

Основные параметры конденсаторов

Полярность конденсаторов. Многие конденсаторы с оксидным диэлектриком (электролитические) функционируют только при корректной полярности напряжения из-за химических особенностей взаимодействия электролита с диэлектриком.

При обратной полярности напряжения электролитические конденсаторы обычно выходят из строя из-за химического разрушения диэлектрика с последующим увеличением тока, вскипанием электролита внутри и, как следствие, с **вероятностью взрыва корпуса**.

К эксплуатационно-техническим характеристикам конденсаторов относятся:

- 1) рабочее напряжение;
- 2) номинальная емкость;
- 3) рабочая температура;
- 4) тангенс угла потерь (*$\operatorname{tg} \delta$ - характеризует потери энергии в конденсаторе*);
- 5) ток утечки;
- 6) диаметр корпуса;
- 7) длина корпуса;
- 8) температурный коэффициент емкости;
- 9) добротность *V_{loss} (Voltage loss или потеря напряжения)*.

Контрольные вопросы

1. В чем состоит назначение резистора?
2. Что характеризуют основные параметры резисторов?
3. Для вычисления сопротивления резистора какого типа приведена данная формула: $R = \rho \frac{4L}{\pi D^2}$, ?
4. Что называется номинальной мощностью ($P_{ном}$) резисторов?
5. Что определяет формула: $P_0 = \frac{P}{S}$, ?
6. Что такое ТКС резистора?
7. Какие резисторы изменяют свое сопротивление под действием внешних факторов?
8. Термистор (НТС-терморезистор) – это...?
9. Тензорезистор – это...?
10. Конденсатор – это...?
11. К основным электрическим параметрам конденсаторов относятся...?
12. Что характеризует номинальная емкость конденсатора?
13. Что характеризует температурный коэффициент емкости?
14. Что характеризует температурный коэффициент емкости?
15. При использовании какого типа конденсаторов необходимо строго соблюдать полярность?



КАК ОПРЕДЕЛИТЬ ЛЮБОЙ SMD КОМПОНЕНТ



КАК РАБОТАЕТ RC - ЦЕПЬ

