

Варианты заданий должны соответствовать порядковому номеру студента в списке студенческой группы (в журнале). Студенты, зарегистрированные в журнале под номерами 21 и далее, выполняют задания с 1 варианта.

Отчет о практических заданиях присылается в системе ДОТ СПбГУТ.

Номер студента по журналу	Вариант внутри задания			
	Задание 1	Задание 2	Задание 3	Задание 4
1	5	1	1	2
2	2	3	2	5
3	1	4	3	4
4	3	5	4	1
5	5	2	5	3
6	2	4	1	5
7	1	5	2	1
8	3	3	3	4
9	4	2	4	2
10	5	1	5	3
11	3	5	1	2
12	4	1	2	5
13	5	2	3	3
14	2	4	4	1
15	1	3	5	4
16	4	5	1	1
17	3	2	2	3
18	2	1	3	5
19	1	3	4	4
20	5	4	5	2

### Практическая работа № 1

#### Структура артикула электронного компонента. Типы упаковок

Классификация резисторов.

Резистором называется пассивный элемент РЭА, предназначенный для создания в электрической цепи требуемой величины сопротивления, обеспечивающей перераспределение и регулирование электрической энергии между элементами схемы.

Выпускаемые отечественной промышленностью резисторы классифицируются по различным признакам. В зависимости от характера изменения сопротивления резисторы разделяют на постоянные – значение

сопротивления фиксировано; переменные – с изменяющимся значением сопротивления.

В зависимости от назначения резисторы делятся на общего назначения и специальные (прецизионные, сверхпрецизионные, высокочастотные, высоковольтные, высокомегаомные).

**Резисторы общего назначения** используются в качестве нагрузок активных элементов, поглотителей, делителей в цепях питания, элементов фильтров, шунтов, в  $RC$  – цепях формирования импульсных сигналов и т.д. Диапазон номинальных сопротивлений этих резисторов 1 Ом...10 МОм, номинальные мощности рассеяния – 0,125... 100 Вт. Допускаемые отклонения сопротивления от номинального значения  $\pm 1$ ;  $\pm 2$ ;  $\pm 5$ ;  $\pm 10$ ;  $\pm 20$  %. Примерами резисторов общего назначения служат C2-33, P1-12 и др..

**Прецизионные и сверхпрецизионные резисторы** отличаются высокой стабильностью параметров и высокой точностью изготовления (допуск  $\pm 0,0005$ ...0,5 %). Данные резисторы применяются в основном в измерительных приборах, системах автоматики. Диапазон этих резисторов значительно шире, чем резисторов общего назначения. Примерами служат резисторы P1-72, P2-67, C2-10, C2-29, C2-36, P1-16, P1-8 и др.

**Высокочастотные резисторы** отличаются малыми собственными индуктивностью и емкостью и предназначены для работы в высокочастотных цепях, кабелях и волноводах. Примерами служат резисторы P1-69,

**Высоковольтные резисторы** рассчитаны на работу при больших (от единиц до десятков киловольт) напряжениях. Примерами высоковольтных резисторов служат P1-32, P1-35, C2-33HV и др.

**Высокомегаомные резисторы** имеют диапазон номинальных сопротивлений от десятков мегаом до единиц тераом. Высокомегаомные резисторы применяются в цепях с рабочим напряжением до 400 В и обычно работают в режиме малых токов. Мощности рассеяния их невелики (до 0,5 Вт). Примером служит резистор P1-33.

В зависимости от способа защиты от внешних факторов резисторы делятся на неизолированные, изолированные, герметизированные и вакуумные.

**Неизолированные резисторы** с покрытием или без него не допускают касания своим корпусом шасси аппаратуры. Пример: P1-69.

**Изолированные резисторы** имеют изоляционное покрытие (лак, компаунд, пластмасса) и допускают касание корпусом шасси и токоведущих частей радиоэлектронной аппаратуры (РЭА). Примеры: C5-35B, C5-36B, C5-37B, C5-43B, C5-47B и др.

**Герметизированные резисторы** имеют герметичную конструкцию корпуса, которая исключает влияние окружающей среды на его внутреннее

пространство. Герметизация осуществляется, с помощью опрессовки специальным компаундом.

**Вакуумные резисторы** имеют резистивный элемент, помещенный в стеклянную вакуумную колбу.

По способу монтажа резисторы подразделяются на резисторы для навесного и печатного монтажа, для микромодулей и интегральных микросхем.

По материалу резистивного элемента резисторы делятся на проволочные, непроволочные, металлофольговые.

**Проволочные** – резисторы, в которых резистивным элементом является высокоомная проволока (изготавливается из высокоомных сплавов: константан, нихром, никелин).

**Непроволочные** – резисторы, в которых резистивным элементом являются пленки или объемные композиции с высоким удельным сопротивлением.

**Металлофольговые** – резисторы, в которых резистивным элементом является фольга определенной конфигурации.

Непроволочные резисторы можно разделить на тонкопленочные (толщина слоя в нанометрах), толстопленочные (толщина в долях миллиметра), объемные (толщина в единицах миллиметра). Примеры: С2-23, С2-33, С2-14, Р1-32, Р1-35, Р1-12 и др.

Тонкопленочные резисторы подразделяются на металло-диэлектрические, металлоокисные и металлизированные с резистивным элементом в виде микрокомпозиционного слоя из диэлектрика и металла, или тонкой пленки окиси металла, или сплава металла; углеродистые и бороуглеродистые, проводящий элемент которых представляет собой пленку пиролитического углерода или бороорганических соединений. К толстопленочным относят лакосажевые, керметные и резисторы на основе проводящих пластмасс. Проводящие резистивные слои толстопленочных и объемных резисторов представляют собой гетерогенную систему (композицию) из нескольких фаз, получаемую механическим смешением проводящего компонента, например, графита или сажи, металла или окисла металла, с органическими или неорганическими наполнителями, пластификаторами или отвердителем. После термообработки образуется монолитный слой с необходимым комплексом параметров. Примеры: С2-33, Р1-72, С2-10, С2-36, Р1-8 и др.

В объемных резисторах в качестве связующего компонента используют органические смолы или стеклоэмали. Проводящим компонентом является углерод.

В резистивных керметных слоях основным проводящим компонентом являются металлические порошки и их смеси, представляющие собой керамическую основу с равномерно распределенными частицами металла.

## Основные параметры резисторов.

1. Номинальная мощность рассеивания  $P_{\text{ном}}$  – мощность, которую резистор может рассеивать при непрерывной нагрузке, номинальных давлений и температуре. В радиоэлектронной аппаратуре чаще всего используя непроволочные резисторы с номинальными мощностями 0,125; 0.25; 0.5; 1 и 2 Вт. Мощность резистора определяется по формуле  $P=U^2/R$ , где  $U$  – напряжение на резисторе, В;  $R$  – сопротивление резистора, Ом.
2. Максимальное напряжение  $U_{\text{max}}$  – наибольшее напряжение (постоянное или действующее переменное), которое может быть приложено к токоотводам резистора с сопротивлением  $R_{\text{ном}} U_{\text{max}}^2/P_{\text{ном}}$ .
3. Температурный коэффициент сопротивления (ТКС) характеризует относительное изменение сопротивления при изменении температуры на 1°C. Если сопротивление резистора при повышении температуры возрастает, а при понижении уменьшается, то ТКС положительный, если же с повышением (уменьшением) температуры сопротивление снижается (увеличивается) – ТКС отрицательный. Температурный коэффициент сопротивления непроволочных резисторов составляет 0,03...0,1 1/1°C, а резисторов повышенной точности – на порядок меньше.
4. Уровень шумов резистора, который оценивается по величине их переменной ЭДС, возникающей на его зажимах и отнесенной к 1 В приложенного к резистору напряжения постоянного тока.
5. Номинальное сопротивление – это электрическое сопротивление, обозначенное на корпусе резистора и являющееся исходным для определения его допустимых отклонений. Резисторы выпускаются с таким значением номинального сопротивления, чтобы вместе с допуском оно было приблизительно равно значению сопротивления следующего номинала минус его допуск. Установлены следующие диапазоны номинальных сопротивлений: для постоянных резисторов – от долей ома до единиц тераом; для переменных проволочных – от 0.47 Ом до 1 Мом; для переменных непроволочных – от 1 Ом до 1 Мом. Иногда допускается отклонение от указанных пределов.

## Система условных обозначений и маркировка резисторов.

В соответствии с ОСТ 11.074.009-78 сокращенное условное обозначение резисторов состоит из нескольких элементов.

**Первый элемент** – буква или сочетание букв – обозначает подкласс резисторов:

**Р** – резисторы постоянные;

**РП** – резисторы переменные;

**НР** – наборы резисторов;

**Второй элемент** – цифра – обозначает группу резисторов по материалу резистивного элемента:

**1** – непроволочные;

**2** – проволочные и металлофольговые

**Третий элемент** представляет собой регистрационный номер конкретного типа резистора. Между вторым и третьим элементами ставится индекс.

Так, например, Р1-22 обозначает резистор постоянный, непроволочный; НР1-7 обозначает набор резисторов непроволочных.

До введения указанного выше стандарта использовалась система обозначений, состоящая из букв и цифр, которая была введена в 1968г.

**Буквы** обозначают группу изделий:

**С** – резисторы постоянные;

**СП** – резисторы переменные.

**Цифра** после буквенного обозначения указывает на материал токопроводящего элемента:

**1** – непроволочные тонкослойные углеродистые и бороуглеродистые;

**2** – непроволочные тонкослойные металлодиэлектрические и металлоокисные;

**3** – непроволочные композиционные пленочные;

**4** – непроволочные композиционные объемные;

**5** – проволочные;

**6** – непроволочные тонкослойные металлодиэлектрические.

Так, например, С2-26 обозначает резистор постоянный, непроволочный, тонкослойный металлодиэлектрический, номер разработки 26.

Кроме того, в эксплуатации находятся резисторы с маркировкой:

**МТ** – металлизированные теплостойкие;

**МЛТ** – металлизированные лакированные теплостойкие;

**МОН** – металлоокисные низкоомные;

**КИМ** – композиционные изолированные малогабаритные;

**УЛИ** – углеродистые лакированные изомерильные;

**БЛШ** – бороуглеродистые лакированные прецизионные;

**МЛШ** – металлизированные лакированные прецизионные;

**ВС** – влагостойкие;

**ПЭВ** – проволочные эмалированные влагостойкие.

**Задание на практическую работу:**

- определить основные параметры резисторов из набора резисторов разной мощности рассеивания:
- тип резистора,
- мощность рассеивания,
- номинальное сопротивление,
- допустимое отклонение,
- температурный коэффициент сопротивления (ТКС);
- расшифровать резисторы по карточкам заданий

Варианты заданий:

**Вариант 1**

1. С2-23-2 М16  $\pm 5\%$
2. БЛП -1 1М3  $\pm 10\%$
3. С1-15-0,5 180  $\pm 0,1\%$
4. ПЭВ-3 5М9  $\pm 10\%$
5. МЛТ-0,25 М36  $\pm 5\%$
6. СТ4-9 0.....720R
7. С1-14А 5R6  $\pm 0,2\%$

**Вариант 2**

1. МЛТ-0,5 680Е С
2. ПЭВ-5 6к8  $\pm 10\%$
3. С2-11В 7R1 И
4. С5-7 М33  $\pm 10\%$
5. БЛП-0,5 5к2  $\pm 0,1\%$
6. СТ3-9 28к
7. С1-6-0,25 180  $\pm 0,2\%$

**Вариант 3**

1. С2-11-1 3М2  $\pm 10\%$
2. МЛТ-0,25 82к И
3. БЛП-1 М29  $\pm 10\%$
4. ПЭВ-3 320к  $\pm 5\%$

5. УЛИ-0,5 К18  $\pm 1\%$
6. Р1-35В-0,25 120К  $\pm 2\%$
7. КИМ-0,25 К38  $\pm 1\%$

#### Вариант 4

1. Р2-11 М22  $\pm 5\%$
2. УЛИ-0,25 К78  $\pm 2\%$
3. С1-13В 7к9  $\pm 1\%$
4. МЛТ-2 270  $\pm 10\%$
5. СТ3-5 0.....190
6. ПЭВ-3 43К  $\pm 20\%$
7. КИМ-0,125 К53  $\pm 1\%$

#### Вариант 5

1. ПЭВ-5 К27  $\pm 10\%$
2. С2-23-1 380R С
3. Р2-9 8к1  $\pm 5\%$
4. СТ4-7 0.....270
5. МЛТ-0,125 78R  $\pm 10\%$
6. УЛИ-0,25 К44  $\pm 1\%$
7. С1-9 5к6  $\pm 2\%$

## Практическая работа №2.

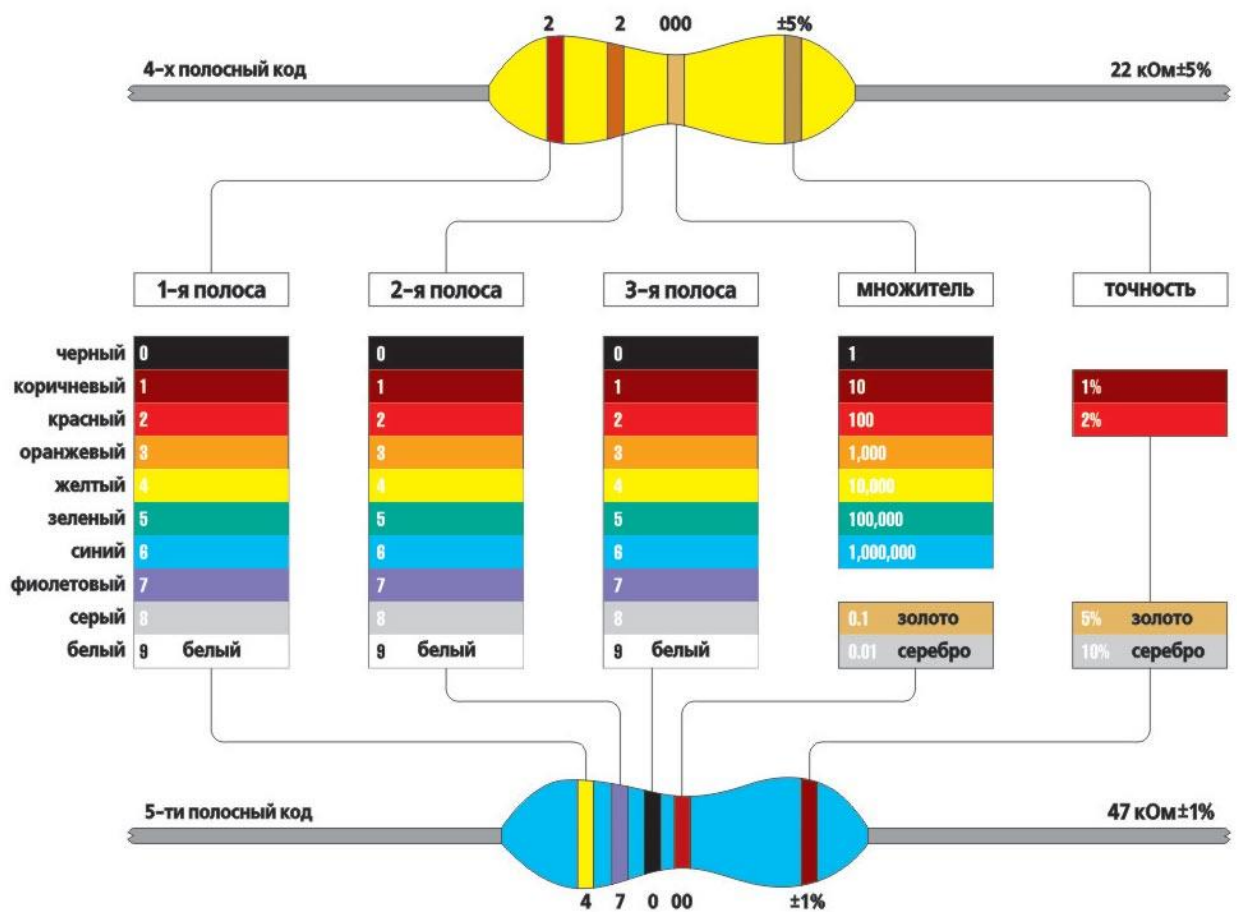
### Обозначение резисторов в конструкторской документации. Маркировка резисторов.

Резисторы, в особенности малой мощности – чрезвычайно мелкие детали, резистор мощностью 0,125Вт имеет длину несколько миллиметров и диаметр порядка миллиметра. Прочитать на такой детали номинал с десятичной запятой невозможно. Поэтому, при указании номинала вместо десятичной точки пишут букву, соответствующую единицам измерения (К – для килоомов, М – для мегаомов, Е или R для единиц Ом). Например 4К7 обозначает резистор, сопротивлением 4,7 кОм, 1R0 – 1 Ом, 120К – 120 кОм и т. д. Однако и в таком виде читать номиналы трудно. Поэтому, для особо мелких резисторов применяют маркировку цветными полосками.

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 полосы всегда означают первые два знака номинала. Если полосок 3 или 4, третья полоска означает десятичный множитель, то есть степень десятки, которая умножается на двузначное число, 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-ю полосками, но стандартной (5 или 10 %) точностью. В этом случае первые две полосы задают первые знаки номинала, третья – множитель, четвёртая – точность, а пятая – температурный коэффициент.





Задание на практическую работу:

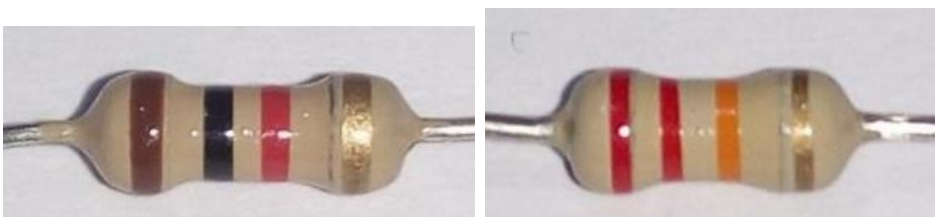
1. Проверить резистор и записать результат в таблицу (используйте электронные справочники).
2. Воспользуйтесь онлайн калькулятором цветовой маркировки

Варианты заданий:

Вариант 1



Вариант 2



Вариант 3



Вариант 4



Вариант 5



### Практическая работа №3.

#### Обозначение конденсаторы в конструкторской документации.

##### Маркировка конденсаторов

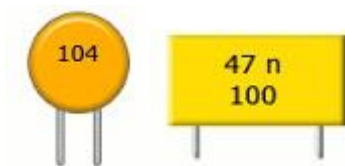
При цифровой маркировке первые две или три цифры определяют номинал конденсатора, а последняя – показатель степени по основанию 10, для получения емкости в пикофарадах. Например, 1622 = 162\*10<sup>2</sup> пФ = 16200 пФ = 16.2 нФ.

При буквенно-цифровой маркировке буква указывает на десятичную запятую и обозначение (мкФ, нФ, пФ), а цифры — на значение емкости.

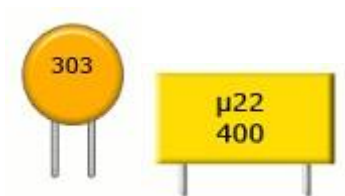
Задание на практическую работу:

- определить основные параметры конденсаторов:
  - номинальную ёмкости;
  - предельно-допустимое рабочее напряжение;
  - допустимое отклонение от номинальной ёмкости.

Вариант 1



Вариант 2



Вариант 3



Вариант 4



Вариант 5



0,27 $\mu$ F M  
400V

## Практическая работа №4.

### Обозначение трансформаторов, дросселей, катушек индуктивности в конструкторской документации

Маркировка катушек индуктивности осуществляется путем нанесения на их корпус основных параметров – значения индуктивности и допустимого отклонения индуктивности от номинального значения.

При кодовой маркировке на корпус катушки индуктивности наносится цифровая или буквенно-цифровая маркировка. Номинальное значение индуктивности кодируется цифрами, после которых следует (или отсутствует вообще) буква, обозначающая величину допуска.

При определении величины индуктивности следует знать следующее:

- цифры обозначают значение индуктивности в микроГенри;
- если индуктивность обозначается в наноГенри, то после цифр наносится буква N ( $2N2 = 2,2 \text{ нГн}$ );
- если величина индуктивности менее 1 мкГн или выражается дробным числом, измеряемым в микроГенри, то применяется разделительная буква R ( $R47 = 0,47 \text{ мкГн}$ ;  $1R5 = 1,5 \text{ мкГн}$ );
- при маркировке значений индуктивности от 10 мкГн после двузначной цифры проставляется множитель, указывающий на количество нулей после указанного двузначного числа ( $150 = 15 \text{ мкГн}$ ;  $151 = 150 \text{ мкГн}$ ;  $122 = 1200 \text{ мкГн} = 1,2 \text{ мГн}$ );
- указанный выше способ маркировки применяется и для индуктивности (дросселей);
- в отдельных случаях применяется отличающееся от указанного выше обозначение индуктивности - индуктивность в микроГенри просто обозначается одно-, двух- или трехзначным числом без множителя, или дробным числом ( $560 = 560 \text{ мкГн}$ ;  $3,3 = 3,3 \text{ мкГн}$ ).

Допуск катушек индуктивности обозначается одной из четырех букв: D – для допуска  $\pm 0,3 \text{ нГн}$ ; J —  $\pm 5 \%$ ; K —  $\pm 10 \%$ ; M —  $\pm 20 \%$  (или не наносится никакой буквы, что соответствует допуску  $\pm 20 \%$ ).

Наиболее часто применяется кодировка 4 или 3 цветными кольцами или точками. Первые две метки указывают на значение номинальной индуктивности в микрогенри (мкГн), третья метка – множитель, четвертая – допуск. В случае кодирования 3 метками подразумевается допуск 20%. Цветное кольцо, обозначающее первую цифру номинала, может быть шире, чем все остальные.

Серебряный			0,01	10%
Золотой			0,1	5%
Черный		0	1	20%
Коричневый	1	1	10	Допуск
Красный	2	2	100	
Оранжевый	3		1000	
Желтый	4	4	Множитель	

Зеленый	5	5		
Голубой				
Фиолетовый	7	7		
Серый	8	8		
Белый	9	9		

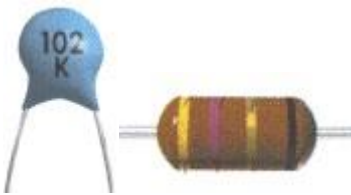
Вариант 1



Вариант 2



Вариант 3



Вариант 4



Вариант 5

