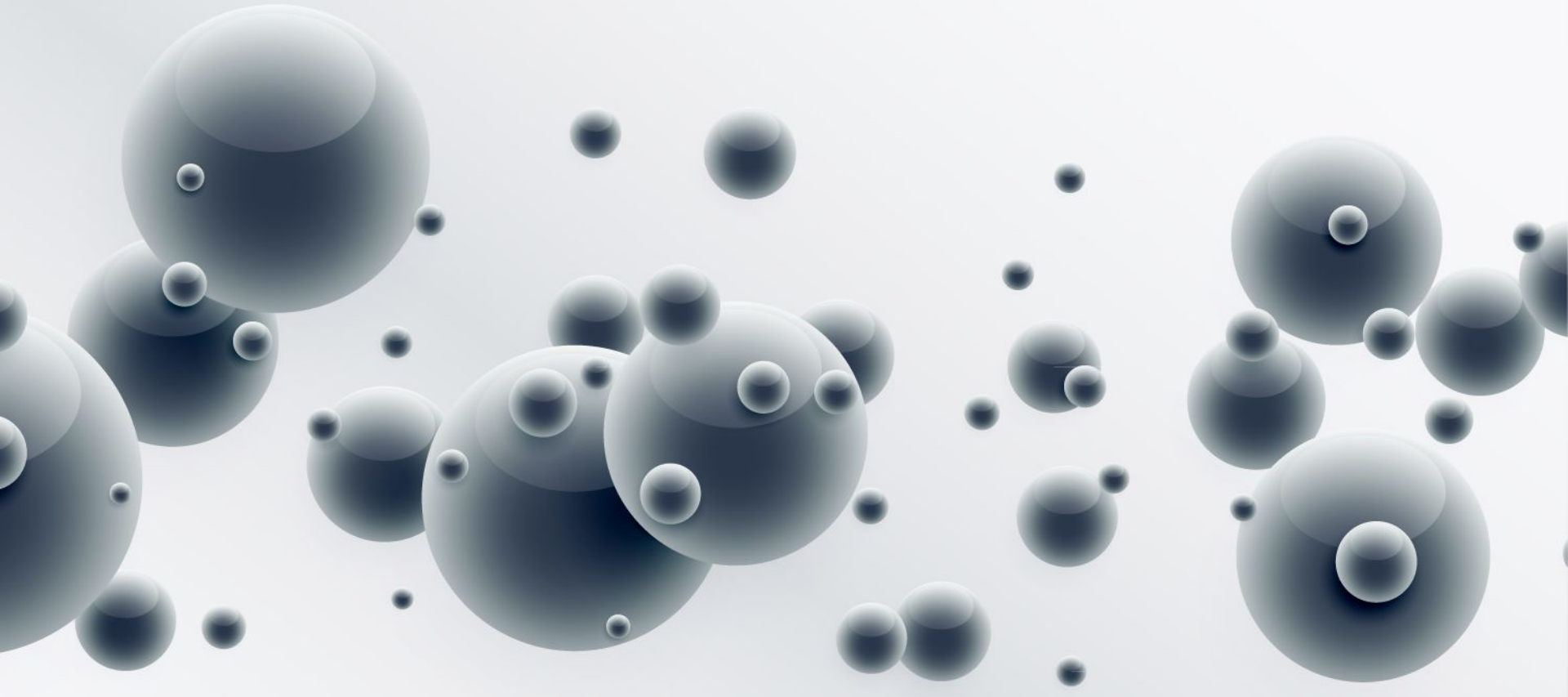
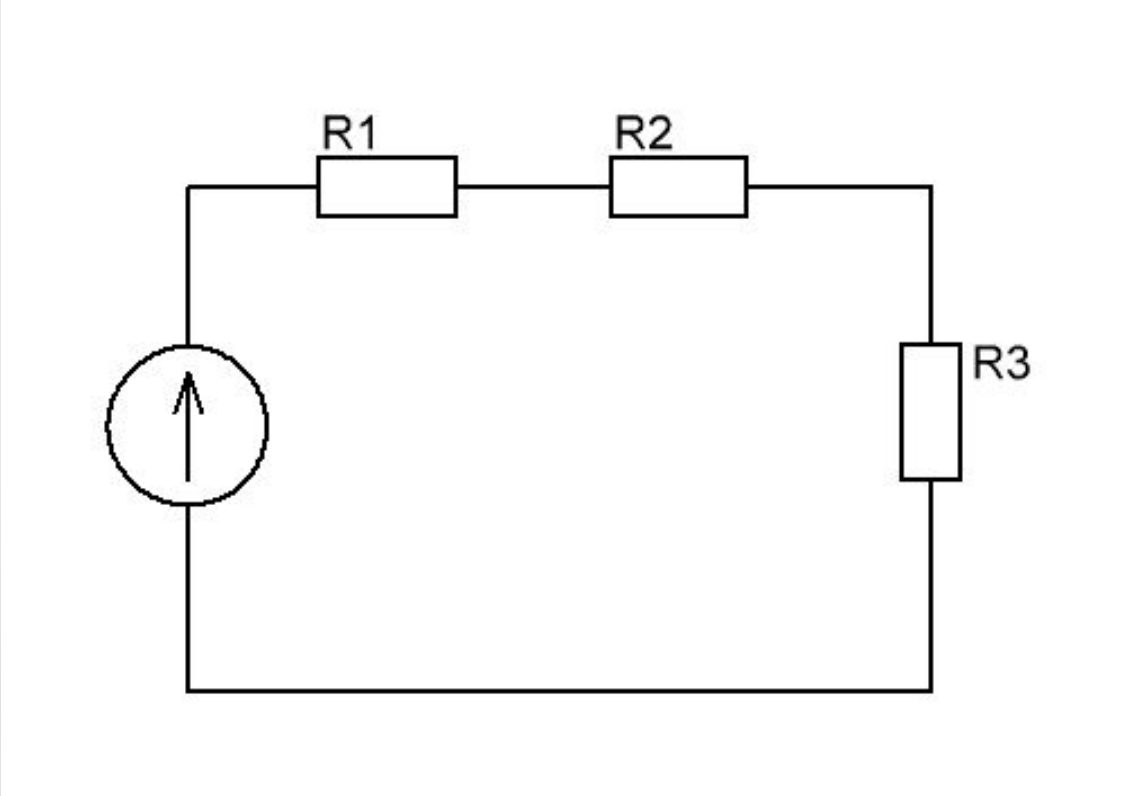
Основы ядерной электроники



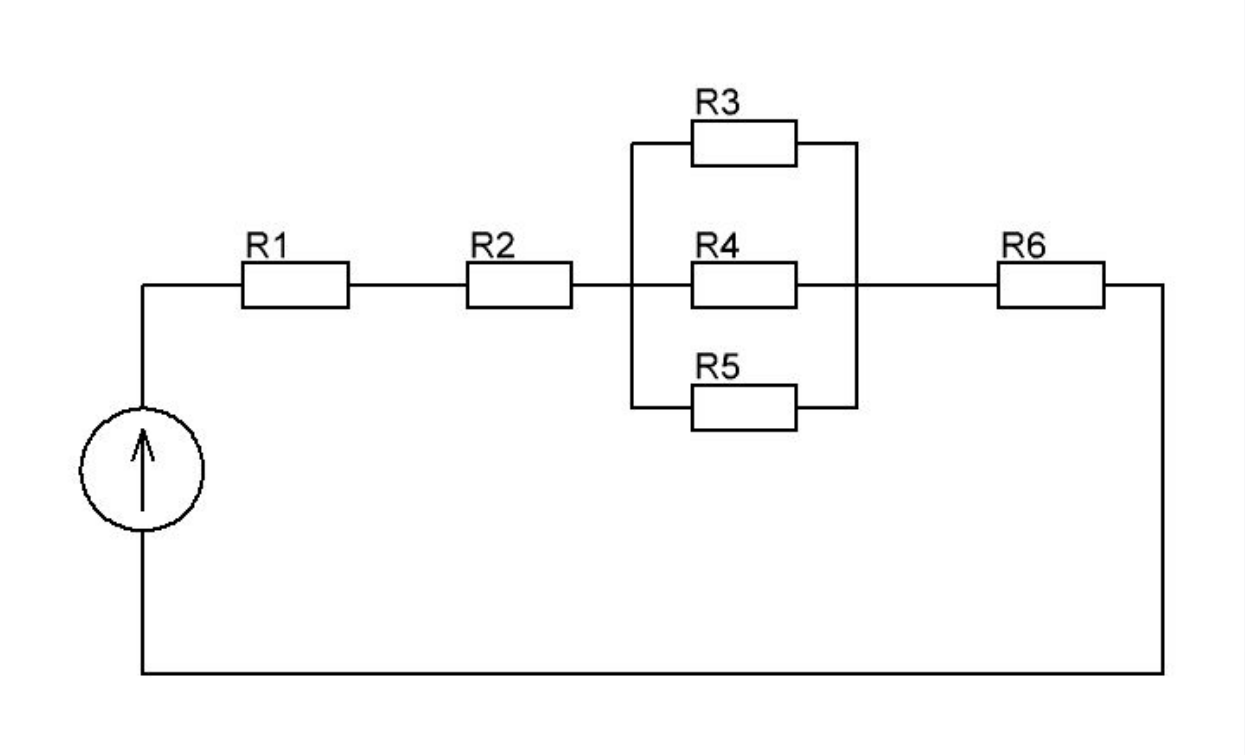
Источники электрической энергии – гальванические элементы, аккумуляторы, термоэлементы, генераторы и другие устройства, в которых происходит процесс преобразования химической, тепловой, механической или другого вида энергии в электрическую.

Приемниками (нагрузкой) электрической энергии служат электрические двигатели, электронагревательные приборы и др. устройства, в которых электрическая энергия превращается в световую, тепловую, механическую и другие виды.



R1 = 1k Ом,
R2 = 1k Ом,
R3 = 2.2k Ом
Ur1 = 5 В.

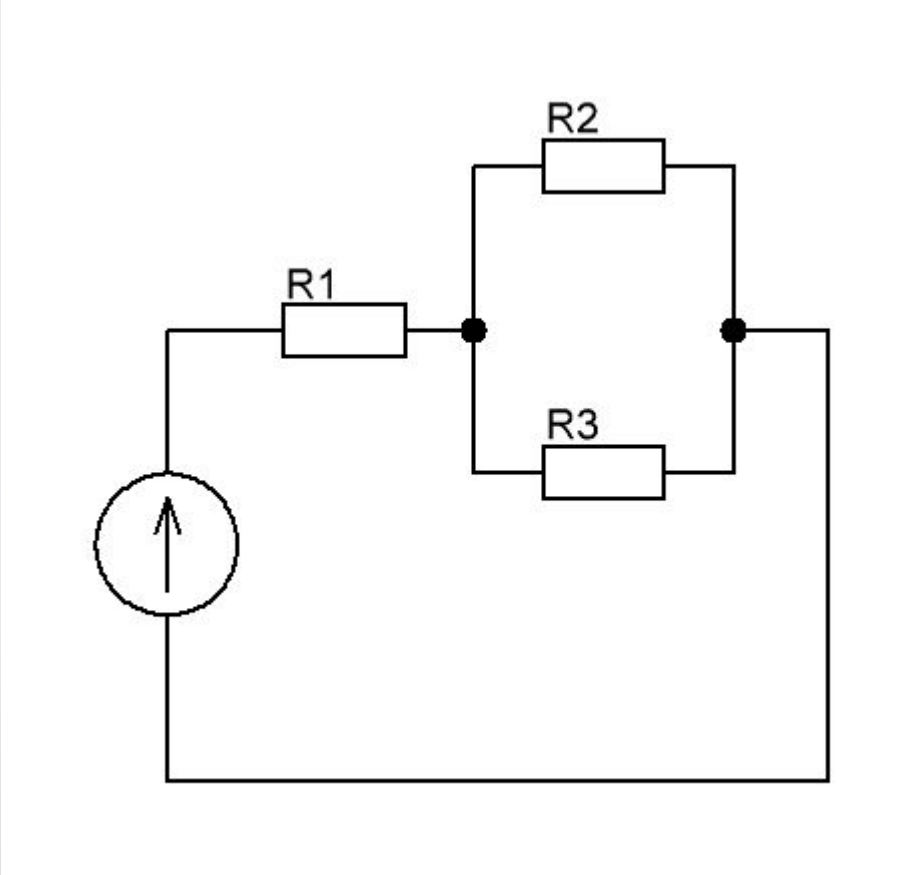
I - ?
Ur2 - ?
Ur3 - ?
Uпит - ?
Rобщ - ?



R1 = 2,2k Ом,
R2 = 470 Ом,
R3 = 1k Ом,
R4 = 2,2k **Ом,**
R5 = 4,7k Ом,
R6 = 1k Ом
Uпит = 25 В.

I - ? Ir3 - ? Ir4 - ? Ir5 - ?

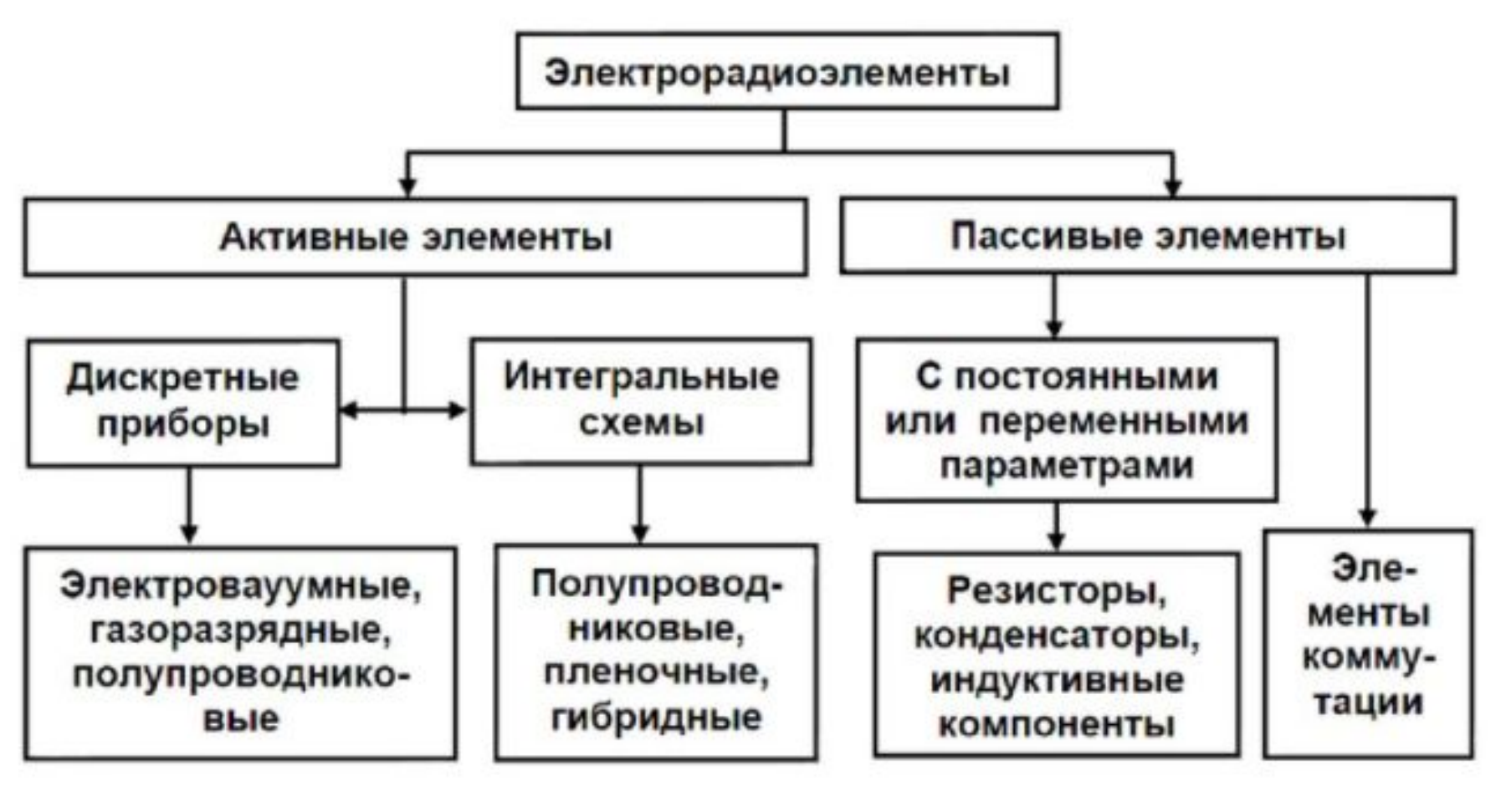
Напряжение на каждом резисторе - ?



R1 = 4,7k Ом,
R2 = 2k Ом,
R3 = 3k Ом,
I1 = 2 мА,
I2 = 1,3 мА,

I3- ?

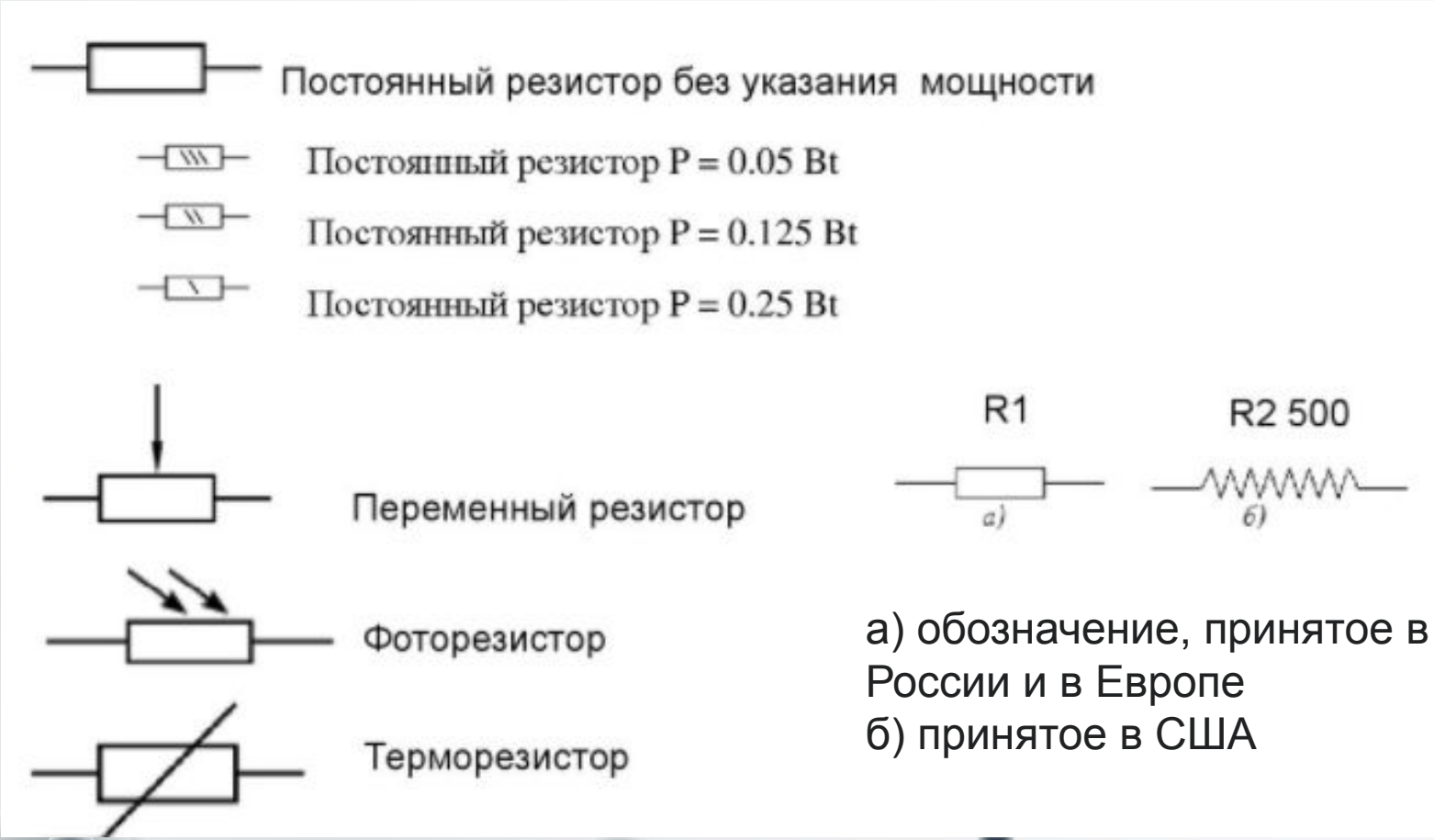
Классификация радиоэлементов



- **Резистор** - пассивный элемент электрических цепей, обладающий определённым или переменным значением электрического сопротивления, предназначенный для линейного преобразования силы тока в напряжение и напряжения в силу тока, ограничения тока, поглощения электрической энергии и др.

Общего назначения
РЕЗИСТОРЫ
По виду ВАХ
Стоимость!!!
По изменению сопротивления
По способу монтажа
Специальные
Навесные
Высокоомные Больше 1 Мом
Постоянные
SMD
Высоковольтные Десятки КВ
Переменные регулировочные
Линейные
Высокочастотные Сотни МГц
Прецизионные От 0.001 до 1%
Переменные подстроечные
Нелинейные

- По стандартам **условные графические обозначения** резисторов на схемах должны соответствовать ГОСТ 2.728-74.



а) обозначение, принятое в России и в Европе
б) принятое в США

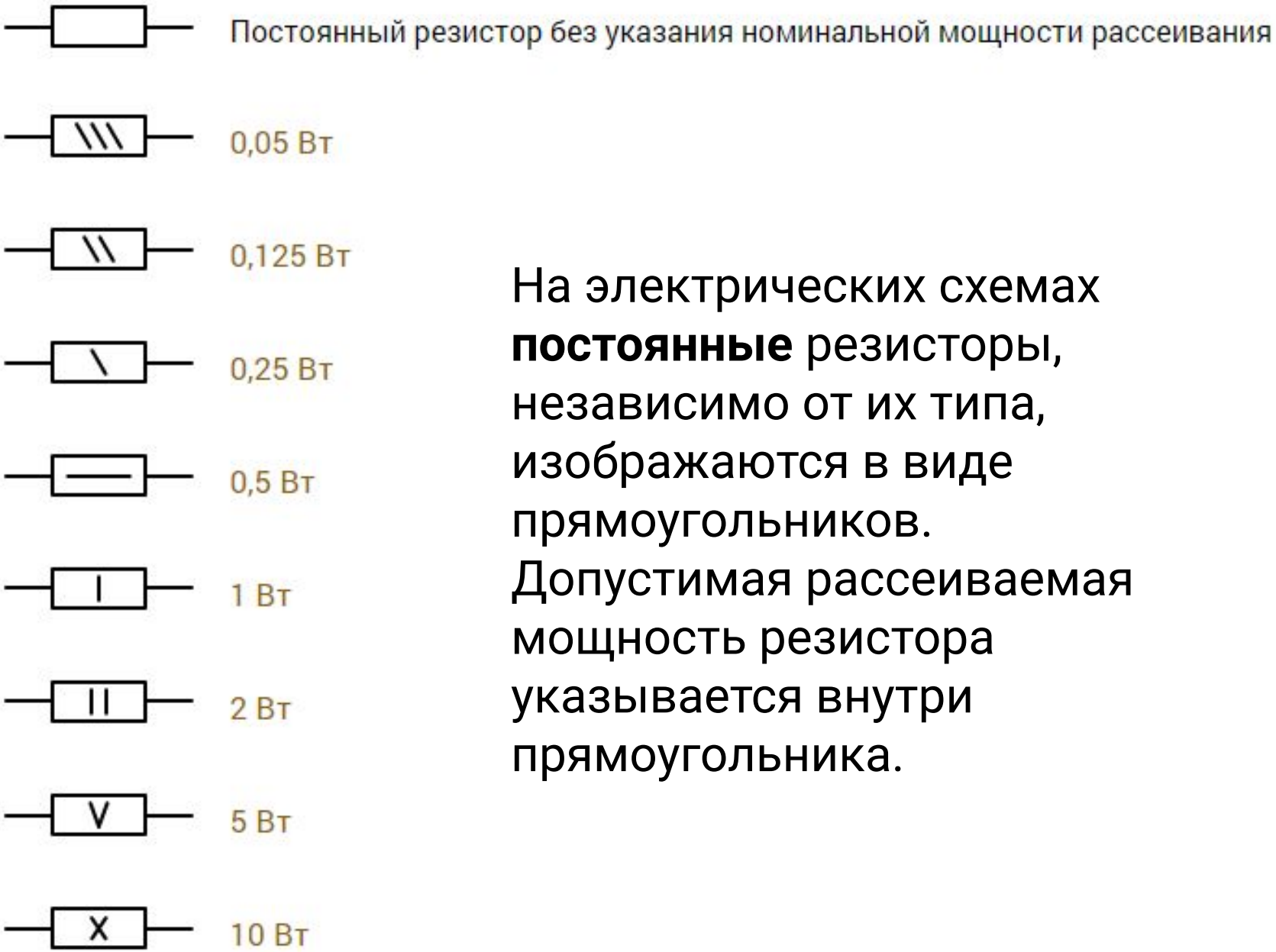
По назначению:

- резисторы **общего назначения;**

- резисторы **специального назначения:**

- высокоомные (сопротивления от десятка МОм до единиц ТОм, рабочие напряжения 100—400 В);
- высоковольтные (рабочие напряжения — десятки кВ);
- высокочастотные (имеют малые собственные индуктивности и ёмкости, рабочие частоты до сотен МГц);
- прецизионные и сверхпрецизионные (повышенная точность, допуск 0,001 — 1 %).

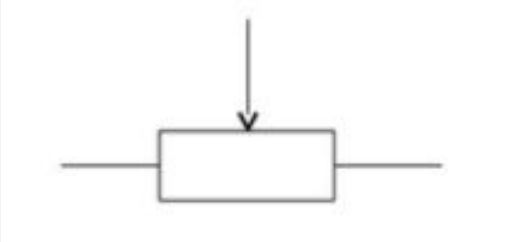
Общего назначения
РЕЗИСТОРЫ
По виду ВАХ
Стоимость!!!
По изменению сопротивления
По способу монтажа
Специальные
Навесные
Высокоомные Больше 1 Мом
Постоянные
SMD
Высоковольтные Десятки КВ
Переменные регулировочные
Линейные
Высокочастотные Сотни МГц
Прецизионные От 0.001 до 1%
Переменные подстроечные
Нелинейные



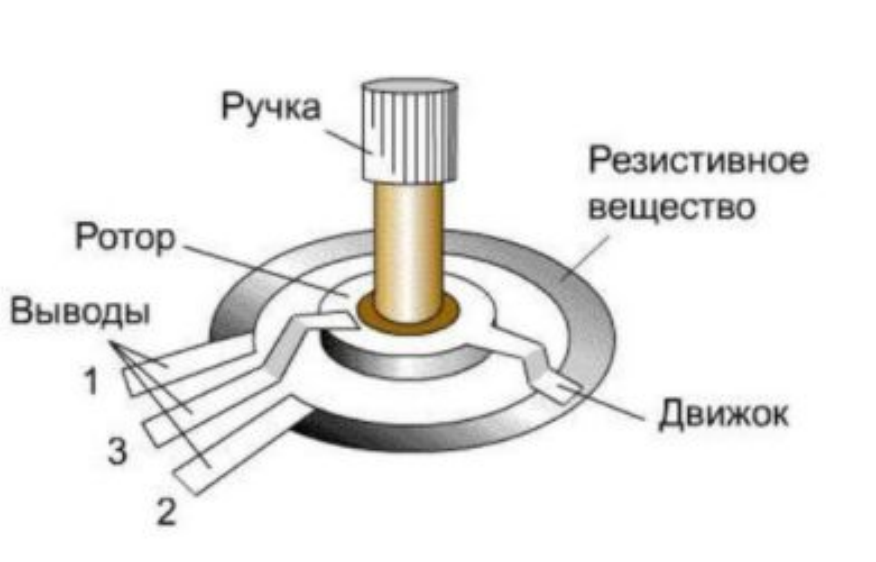
На электрических схемах **постоянные** резисторы, независимо от их типа, изображаются в виде прямоугольников. Допустимая рассеиваемая мощность резистора указывается внутри прямоугольника.

Величину сопротивления **переменного** резистора, в отличие от постоянного, можно изменить.

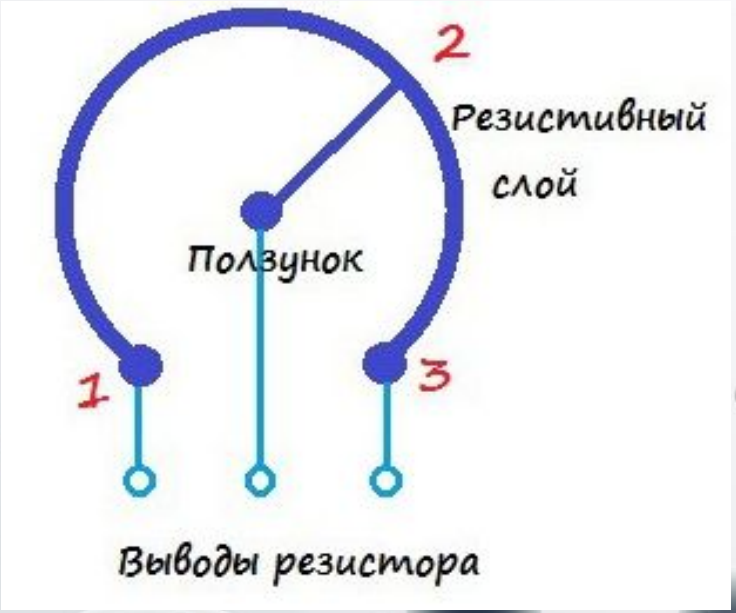
- 3 вывода



Основной частью переменного резистора - резистивный слой, имеющий определенное сопротивление.
Точки 1 и 2 являются концами резистивного слоя.
Ползунок (движок) может изменять свое положение



- Сопротивление между левым и центральным выводами резистора будет равно сопротивлению участка 1-2 резистивного слоя.
- Ссопротивление между центральным и правым выводами будет численно равно сопротивление участка 2-3 резистивного слоя.
- Получается, что перемещая ползунок мы можем получить любое значение сопротивления от нуля до Rmax

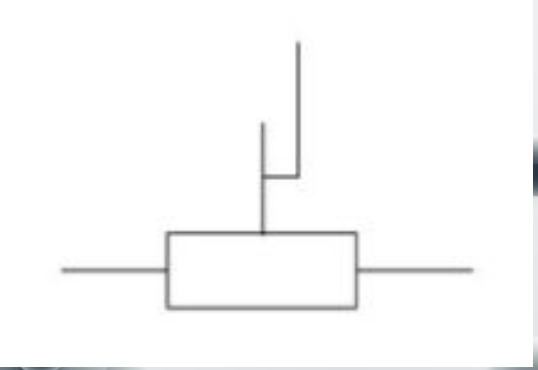


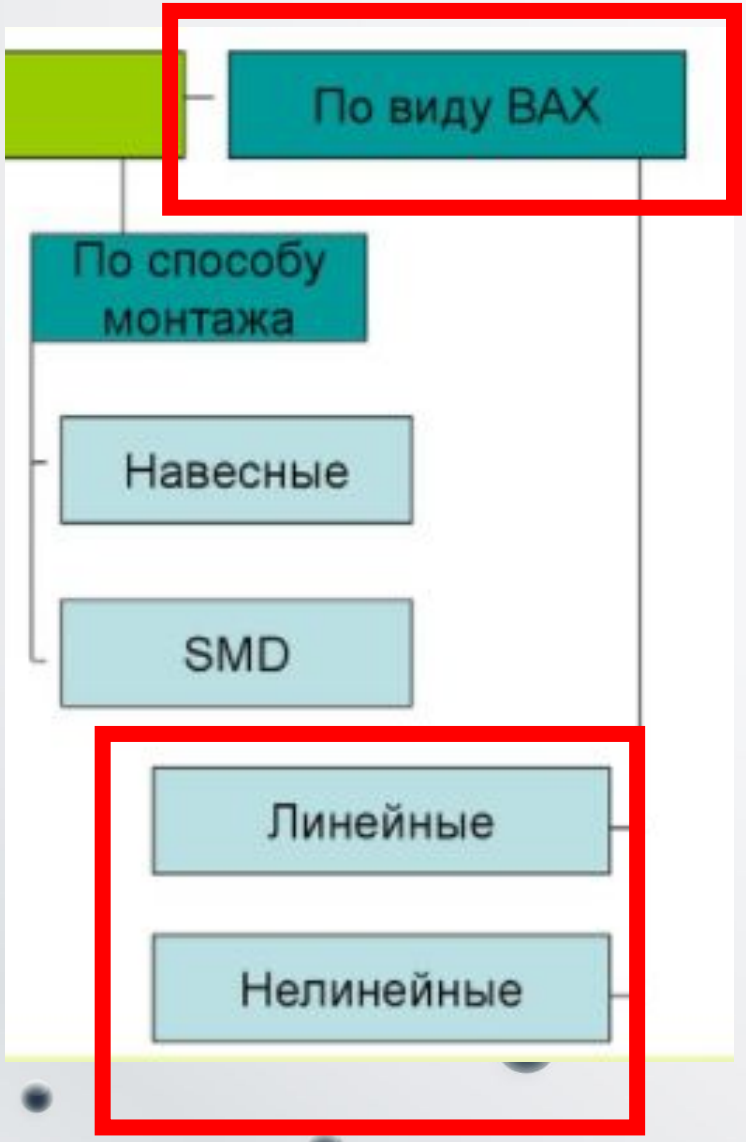
Конструктивно бывают:

- движковые или ползунковые;
- поворотные, для изменения положения ползунка необходимо крутить специальную ручку

Поворотные резисторы очень часто можно встретить в аудио-аппаратуре

- **Подстроечные резисторы -** переменный резистор, пассивный электронный компонент, предназначенный для точной настройки заданных параметров радио- и электронных устройств в процессе их выпуска из производства при настройке после монтажа или в процессе ремонта.
- Обычно эти компоненты недоступны для регулировки пользователем при эксплуатации.

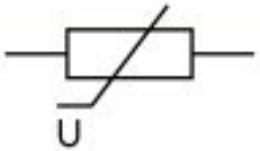
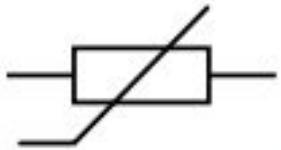
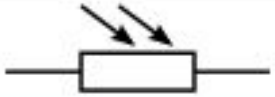


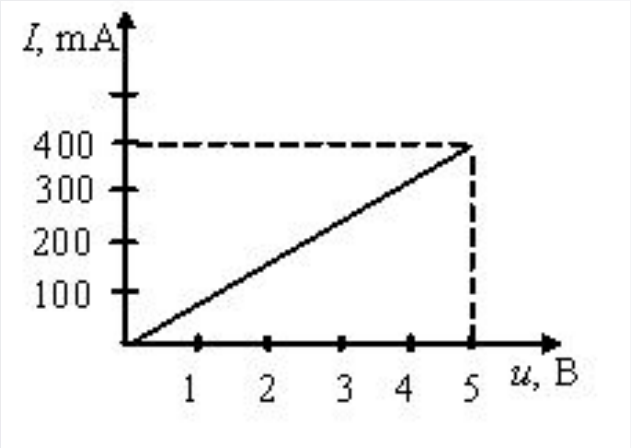


Вольт-амперная характеристика (**ВАХ**) — зависимость тока, протекающего через сопротивление, от напряжения на этом сопротивлении, выраженная графически.

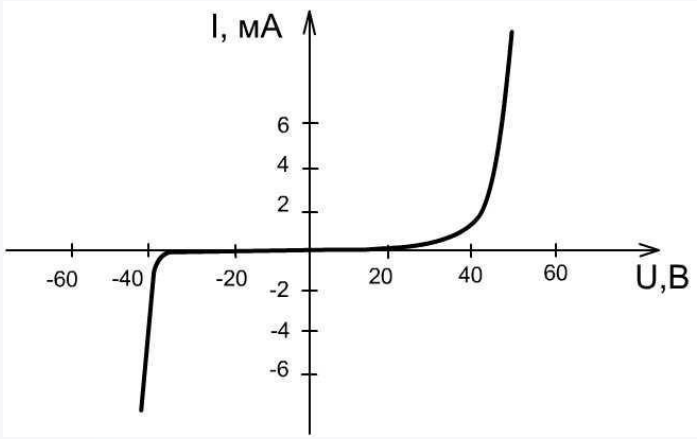
- Сопротивления **линейных резисторов** не зависят от приложенного напряжения или протекающего тока.

- Сопротивления **нелинейных резисторов** изменяются в зависимости от значения приложенного напряжения или протекающего тока.

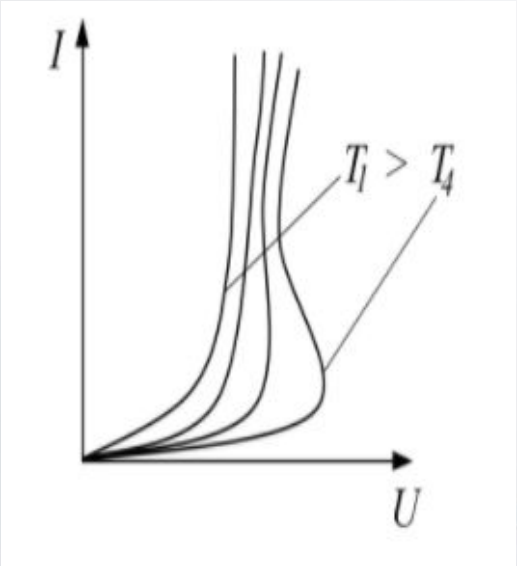
	Варистор (сопротивление зависит от приложенного напряжения).
	Термистор (сопротивление зависит от температуры).
	Фоторезистор (сопротивление зависит от освещённости).



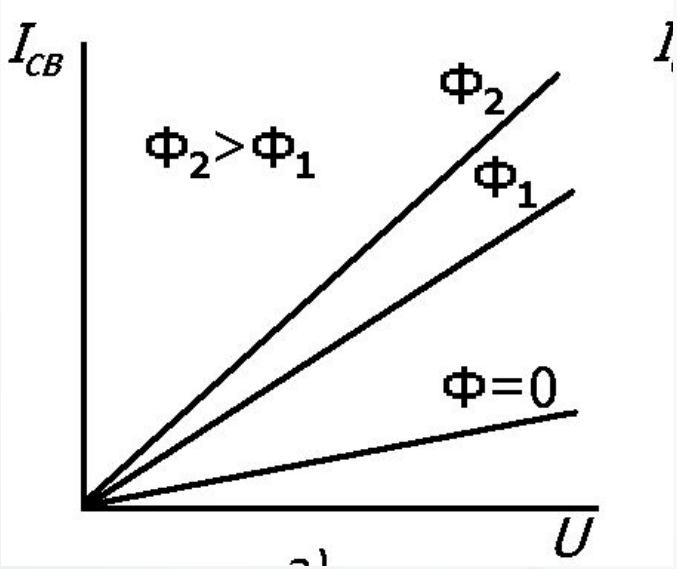
ВАХ линейнего резистора



ВАХ варистора



ВАХ термистора, Т - температура

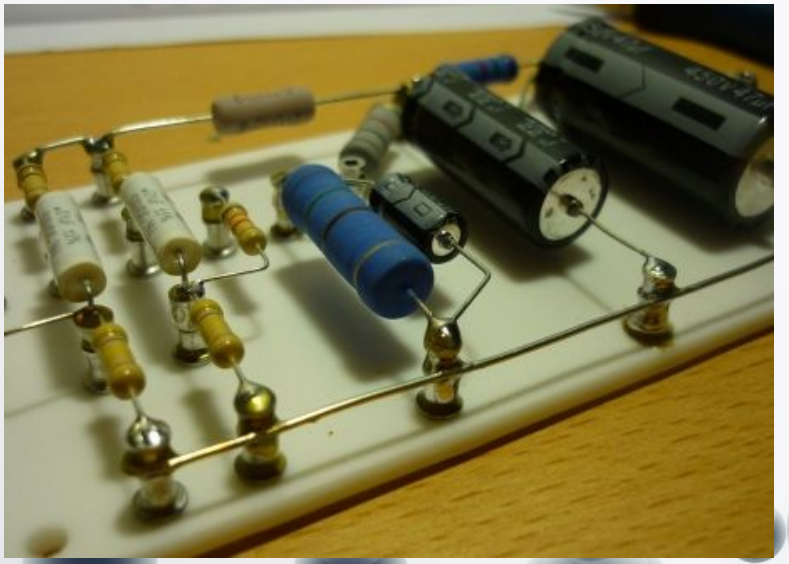


ВАХ фоторезистора,
Ф – световой поток

РЕЗИСТОРЫ
Общего назначения
По виду ВАХ
Стоимость!!!
По изменению сопротивления
По способу монтажа
Специальные
Навесные
Высокоомные Больше 1 Мом
Постоянные
SMD
Высоковольтные Десятки КВ
Переменные регулировочные
Линейные
Высокочастотные Сотни МГц
Прецизионные От 0.001 до 1%
Переменные подстроечные
Нелинейные

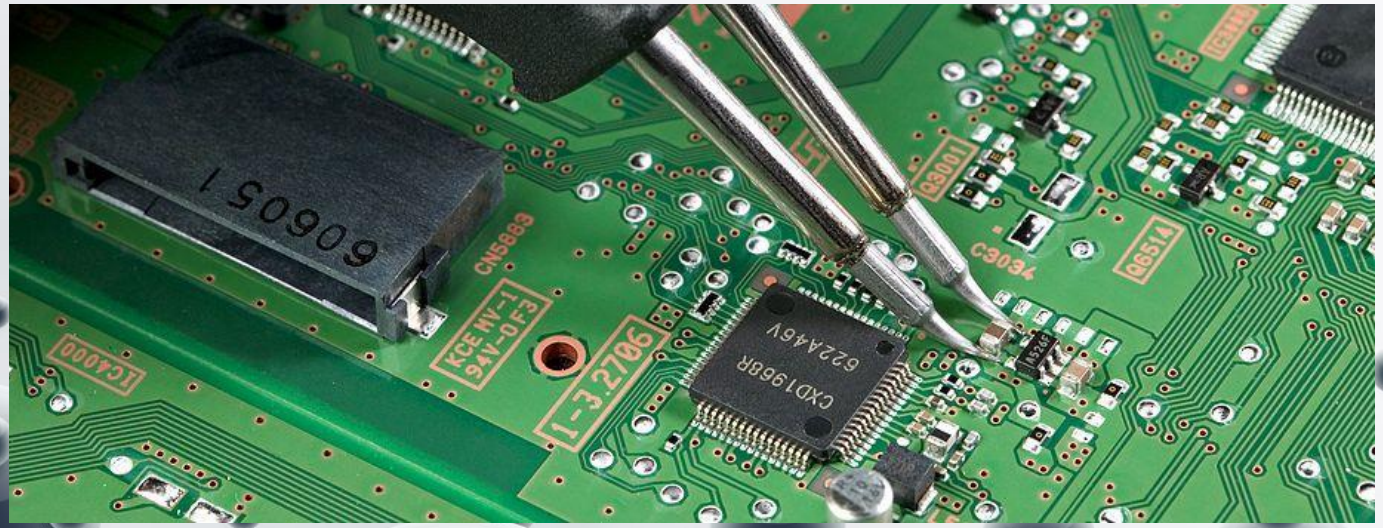
Навесной монтаж

- радиоэлементы соединяются друг с другом проводами или непосредственно выводами.
- плохо поддаётся автоматизации и обычно выполняется монтажниками вручную.
- в настоящее время в массовом производстве применяется редко и обычно только при монтаже крупногабаритных деталей



smd (surface mount technology) монтаж

- технология изготовления электронных изделий на печатных платах, а также связанные с данной технологией методы конструирования печатных узлов.
- компоненты монтируются на поверхность печатной платы только со стороны токопроводящих дорожек и для этого не требуются отверстия.



Резисторы, выпускаемые промышленностью

- Номиналы резисторов не произвольны: их значения выбираются из специальных номинальных рядов, наиболее часто из **номинальных рядов.**

E6, E12, E24, E48, где цифра следующая за буквой E обозначает количество значений в ряде для каждого десятичного интервала

Чаще всего - из номинальных рядов E6, E12 или E24

Ряд E12

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

Ряд E24

E24	Номинальное сопротивление							
1,0	0,01 Ом	0,1 Ом	1 Ом	10 Ом	100 Ом	1 кОм	10 кОм	100 кОм
1,1	0,011 Ом	0,11 Ом	1,1 Ом	11 Ом	110 Ом	1,1 кОм	11 кОм	
1,2	0,012 Ом	0,12 Ом	1,2 Ом	12 Ом	120 Ом	1,2 кОм	12 кОм	
1,3	0,013 Ом	0,13 Ом	1,3 Ом	13 Ом	130 Ом	1,3 кОм	13 кОм	
1,5	0,015 Ом	0,15 Ом	1,5 Ом	15 Ом	150 Ом	1,5 кОм	15 кОм	
1,6	0,016 Ом	0,16 Ом	1,6 Ом	16 Ом	160 Ом	1,6 кОм	16 кОм	
1,8	0,018 Ом	0,18 Ом	1,8 Ом	18 Ом	180 Ом	1,8 кОм	18 кОм	
2,0	0,02 Ом	0,2 Ом	2,0 Ом	20 Ом	200 Ом	2,0 кОм	20 кОм	
2,2	0,022 Ом	0,22 Ом	2,2 Ом	22 Ом	220 Ом	2,2 кОм	22 кОм	
2,4	0,024 Ом	0,24 Ом	2,4 Ом	24 Ом	240 Ом	2,4 кОм	24 кОм	
2,7	0,027 Ом	0,27 Ом	2,7 Ом	27 Ом	270 Ом	2,7 кОм	27 кОм	
3,0	0,03 Ом	0,3 Ом	3,0 Ом	30 Ом	300 Ом	3,0 кОм	30 кОм	
3,3	0,033 Ом	0,33 Ом	3,3 Ом	33 Ом	330 Ом	3,3 кОм	33 кОм	
3,6	0,036 Ом	0,36 Ом	3,6 Ом	36 Ом	360 Ом	3,6 кОм	36 кОм	
3,9	0,039 Ом	0,39 Ом	3,9 Ом	39 Ом	390 Ом	3,9 кОм	39 кОм	
4,3	0,043 Ом	0,43 Ом	4,3 Ом	43 Ом	430 Ом	4,3 кОм	43 кОм	
4,7	0,047 Ом	0,47 Ом	4,7 Ом	47 Ом	470 Ом	4,7 кОм	47 кОм	
5,1	0,051 Ом	0,51 Ом	5,1 Ом	51 Ом	510 Ом	5,1 кОм	51 кОм	
5,6	0,056 Ом	0,56 Ом	5,6 Ом	56 Ом	560 Ом	5,6 кОм	56 кОм	
6,2	0,062 Ом	0,62 Ом	6,2 Ом	62 Ом	620 Ом	6,2 кОм	62 кОм	
6,8	0,068 Ом	0,68 Ом	6,8 Ом	68 Ом	680 Ом	6,8 кОм	68 кОм	
7,5	0,075 Ом	0,75 Ом	7,5 Ом	75 Ом	750 Ом	7,5 кОм	75 кОм	
8,2	0,082 Ом	0,82 Ом	8,2 Ом	82 Ом	820 Ом	8,2 кОм	82 кОм	
9,1	0,091 Ом	0,91 Ом	9,1 Ом	91 Ом	910 Ом	9,1 кОм	91 кОм	

Резисторы, выпускаемые промышленностью

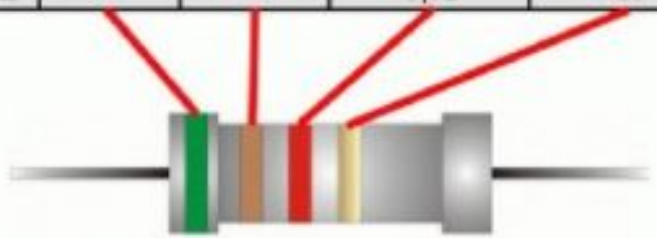
- Выпускаемые промышленностью резисторы одного и того же номинала имеют разброс сопротивлений. Значение возможного разброса определяется точностью резистора. Выпускают резисторы с точностью 20%, 10%, 5%, и т. д. вплоть до 0,01% (допуски).

- Резисторы, выпускаемые промышленностью, характеризуются также определённым значением максимальной рассеиваемой мощности (выпускаются резисторы мощностью 0,125 Вт, 0,25 Вт, 0,5 Вт, 1 Вт, 2 Вт, 5 Вт)

Параметры резисторов

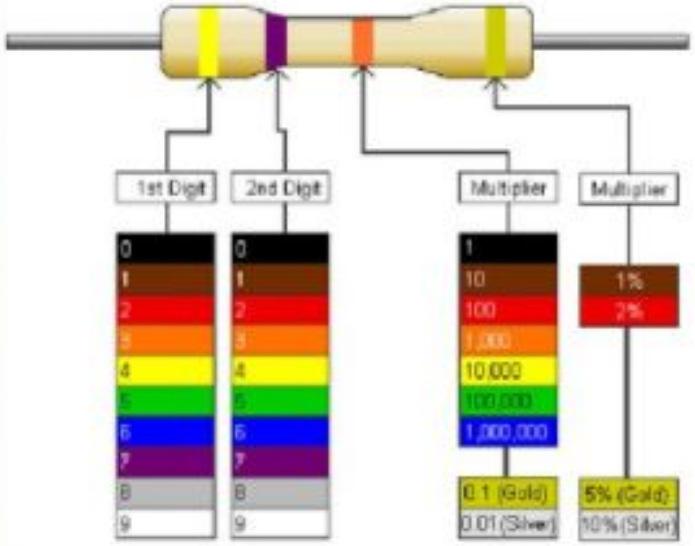
- Номинальное сопротивление — основной параметр.
- Предельная рассеиваемая мощность (которую резистор может рассеивать). P= I^2 *R
- Температурный коэффициент сопротивления.
- Допустимое отклонение сопротивления от номинального значения (технологический разброс в процессе изготовления).
- Предельное рабочее напряжение.
- Избыточный шум (хар-т уровень электрических шумов при протекании эл. тока)

Цвет знака	Номинальное сопротивление, Ом		Множитель	Допуск, %
	Первая полоса	Вторая полоса	Третья полоса	Четвертая полоса
Черный		0	1	
Коричневый	1	1	10	±1
Красный	2	2	100	±2
Оранжевый	3	3	1000	
Желтый	4	4	10^4	
Зеленый	5	5	10^5	±0,5
Голубой	6	6	10^6	±0,25
Фиолетовый	7	7	10^7	±0,1
Серый	8	8	10^8	
Белый	9	9	10^9	
Золотистый		0	0,1	±5
Серебристый			0,01	±10

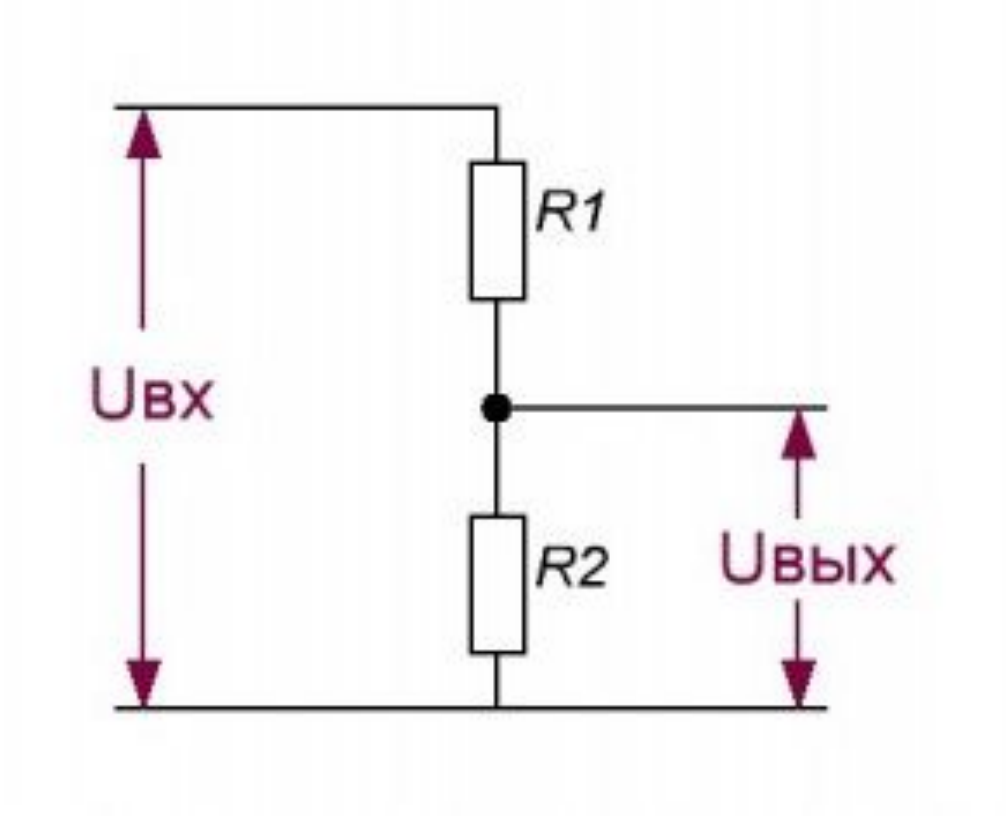


5,1 кОм ±5%

http://electric.nn0v.ru



Делитель напряжения



$$U_{вх} = U_{вых} * \frac{(R1+R2)}{R2}$$

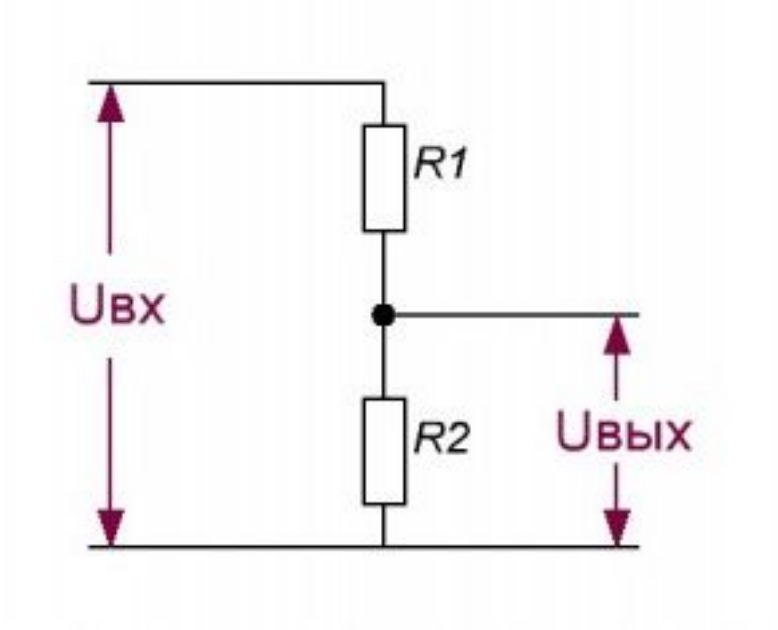
$$U_{вых} = U_{вх} * \frac{R2}{(R1+R2)}$$

$$R1 = \frac{U_{вх} * R2}{U_{вых}} - R2$$

Uвх = 12 В, Uвх = 3 В, R2= 2,2kОм

Рассчитать резистор R1

Делитель напряжения

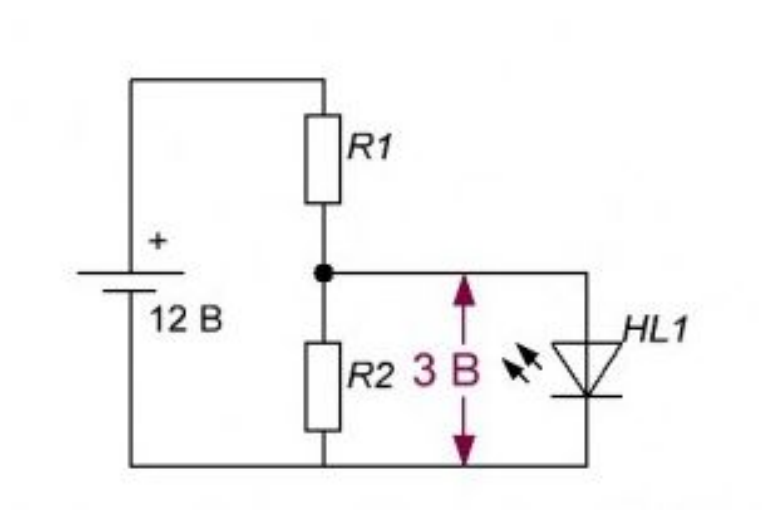


R1 = 6.6 кОм

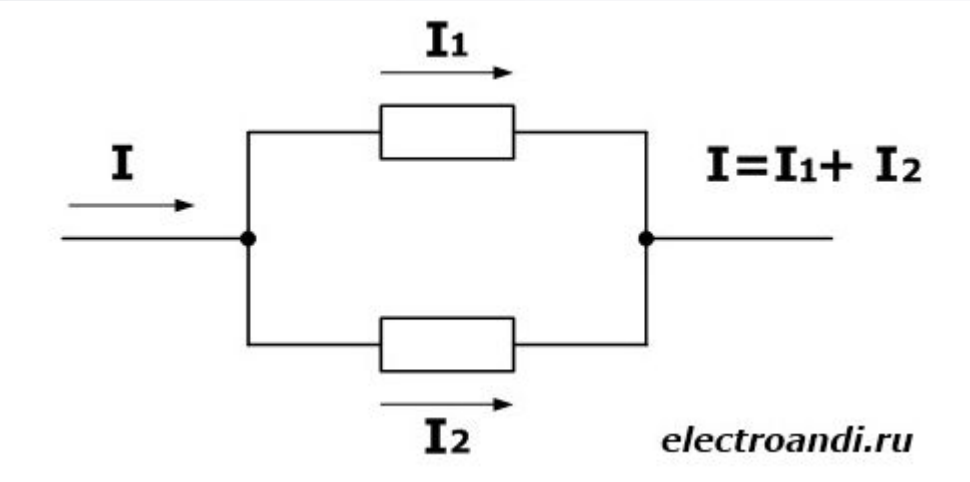
Ближайшее значениеR1 = 6.8 кОм (ряд E24)

Делитель напряжения

Необходимо учитывать сопротивление нагрузки!

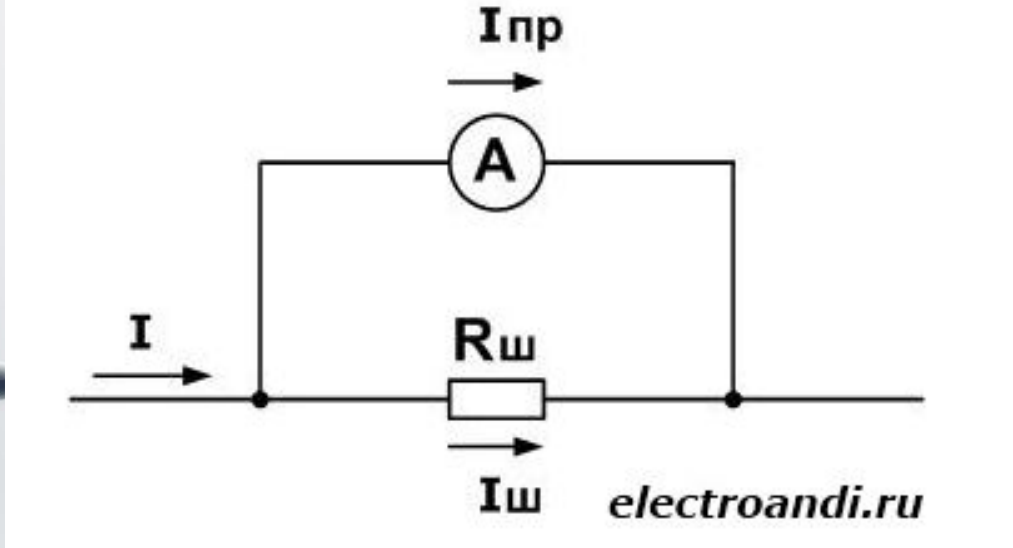


Делитель тока



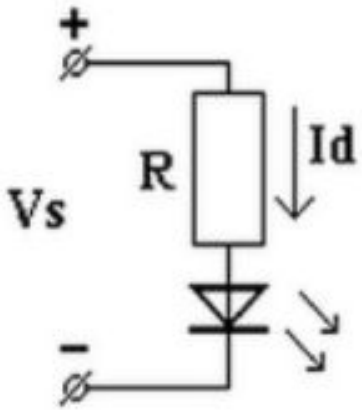
Делитель тока

- при измерении больших токов. С помощью добавочного сопротивления – “шунта” расширяют предел измерения амперметра. Через амперметр протекает ток, зная который, можно найти общий ток, протекающий в цепи. Обычно шунт имеет сопротивление меньше, чем амперметр.



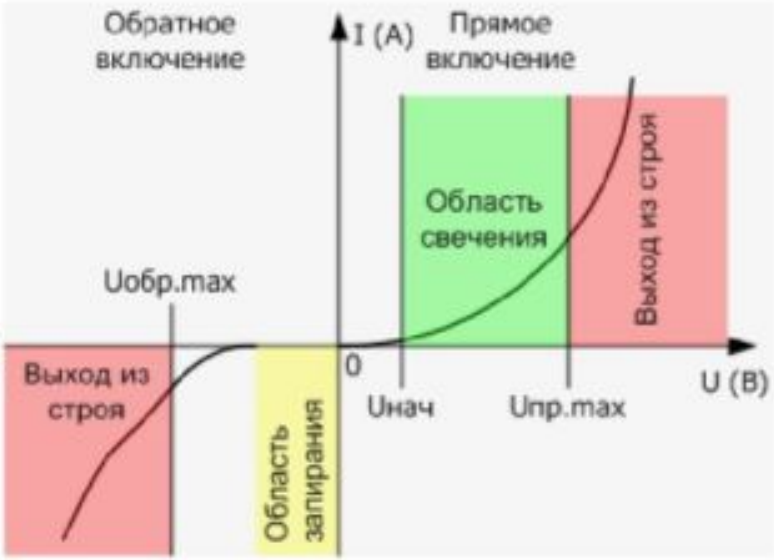
Ограничитель тока

Ограничитель тока



$$R = \frac{Vs - Vd}{Id}$$

Id = 5 - 25 mA (красный)
Id = 10 - 40 mA (зеленый, желтый)

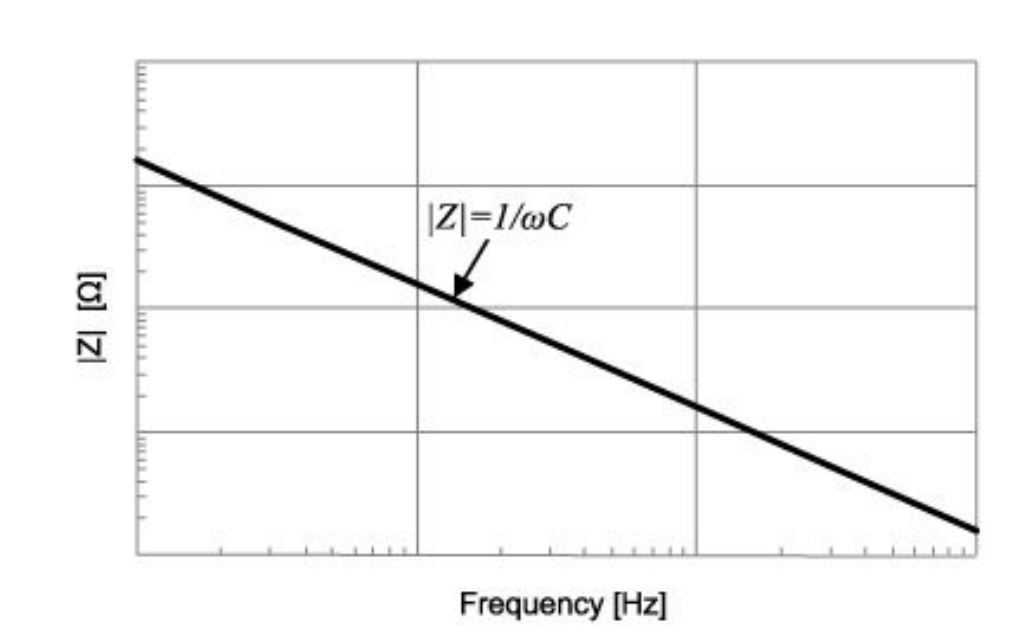


- **Конденсатор** - пассивный элемент электрических цепей, двухполюсник с постоянным или переменным значением ёмкости и малой проводимостью; устройство для накопления заряда и энергии электрического поля.

$$Q = C*U$$

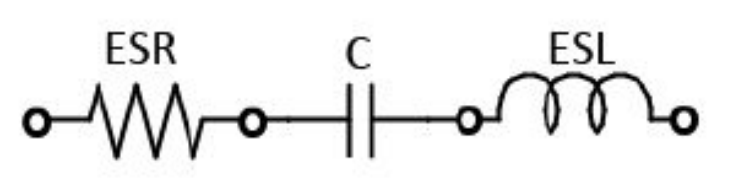
https://tinyurl.com/yahuv2ws

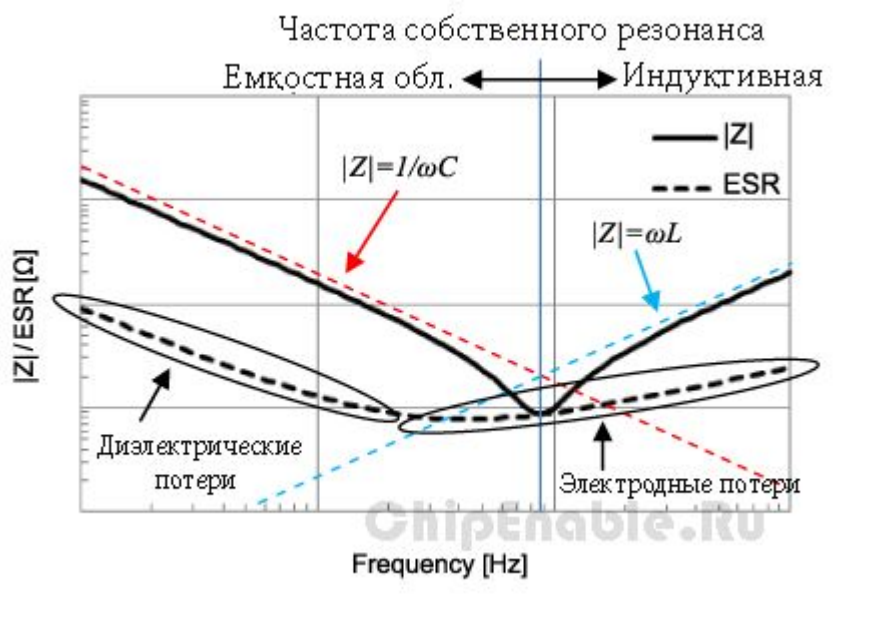
Конденсатор **в цепи постоянного тока** может проводить ток в момент включения его в цепь (происходит зарядка или перезарядка конденсатора)



Частотная характеристика идеального конденсатора

В реальном конденсаторе существует некоторое сопротивление , вызванное диэлектрическими потерями, потерями на сопротивлении обкладок конденсатора и потерями связанные с сопротивлением утечки, а также паразитная индуктивность выводов и обкладок конденсатора.





ГОСТ 2.728-74

	Конденсатор постоянной ёмкости
+	Поляризованный (полярный) конденсатор
	Подстроечный конденсатор переменной ёмкости
Анод Катод	Варикап

По возможности изменения своей емкости:

Постоянные конденсаторы — не меняющие своей ёмкости (кроме как в течение срока службы).
Переменные конденсаторы —допускают изменение ёмкости в процессе функционирования аппаратуры. Управление ёмкостью может осуществляться механически, электрическим напряжением (вариконды, варикапы) и температурой (термоконденсаторы). Применяются, например, в радиоприёмниках для перестройки частоты резонансного контура.
Подстроечные конденсаторы — конденсаторы, ёмкость которых изменяется при разовой или периодической регулировке и не изменяется в процессе функционирования аппаратуры.

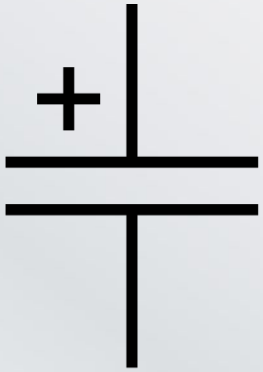
По типу диэлектрика:

- **вакуумные** (между обкладками находится вакуум).
- **с газообразным** диэлектриком.
- с **жидким** диэлектриком.
- с **твёрдым неорганическим** диэлектриком: стеклянные, слюдяные, керамические
- с **твёрдым органическим** диэлектриком: бумажные, металлобумажные, плёночные, комбинированные — бумажноплёночные, тонкослойные из органических синтетических плёнок.
- Твердотельные (используется специальный токопроводящий органический полимер)

По типу диэлектрика:

- Электролитические и оксидно-полупроводниковые конденсаторы

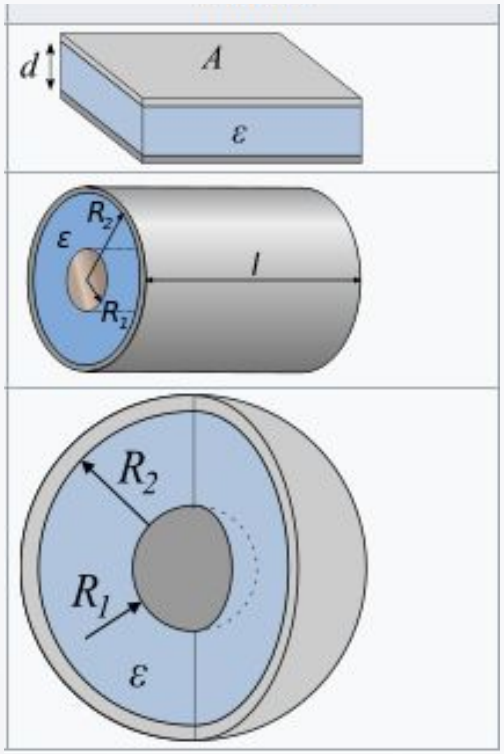
отличаются большой удельной ёмкостью.
диэлектриком между обкладками является плёнка оксида металла, где анод выполнен из металла, а катод представляет собой твёрдый, жидкий или гелевый электролит



Полярный!
Включение конденсатора в электрическую цепь с обратной к рабочей полярностью вызывает увеличение тока утечки, деградации параметров, и даже может привести к взрыву конденсатора при достаточной мощности цепи.

По форме обкладок:

- Плоский конденсатор
- Цилиндрический конденсатор
- Сферический конденсатор



Параметры конденсаторов

- Ёмкость, характеризующая способность конденсатора накапливать электрический заряд.

Типичные значения ёмкости конденсаторов составляют от единиц пикофарад до тысяч микрофарад.

- Точность (допуск).

Номинальная емкость и допуск

100 пФ ±10%.

Параметры конденсаторов

- 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. Зависит от конструкции конденсатора и свойств применяемых материалов.

- Полярность - многие конденсаторы функционируют только при корректной полярности напряжения из-за химических особенностей взаимодействия электролита с диэлектриком.

Параметры конденсаторов

- Тангенс угла диэлектрических потерь хар-т потери энергии
- Температурный коэф-т емкости (ТКЕ) – относительное изменение емкости при изменении температуры на один градус

$$TKE = \frac{\Delta C}{C \Delta T}.$$

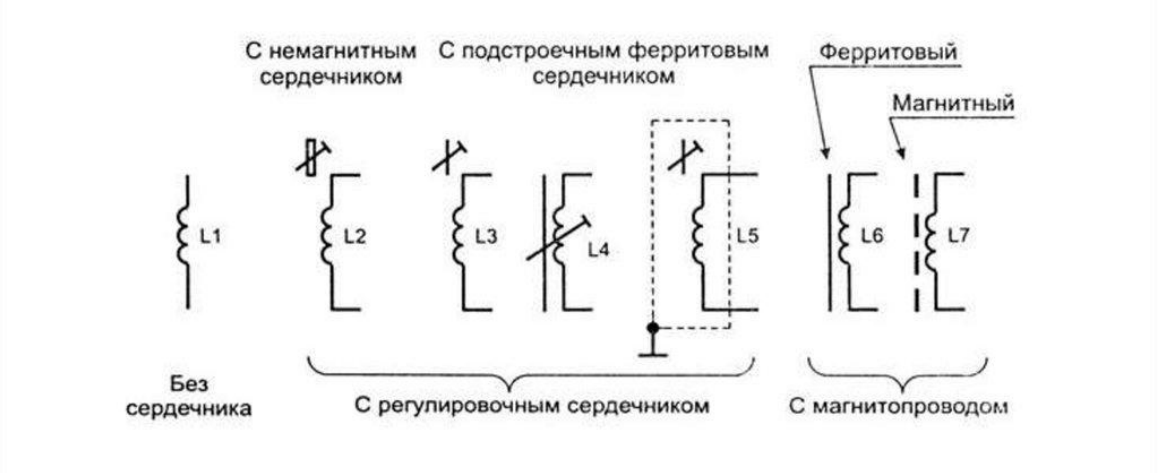
где ΔC — изменение ёмкости, вызванное изменением температуры на ΔT.

Применение конденсаторов

- для построения различных цепей с частотно-зависимыми свойствами: фильтров, цепи обратной связи, колебательные контуры
- для сглаживания пульсаций выпрямленного напряжения
- разделительные конденсаторы

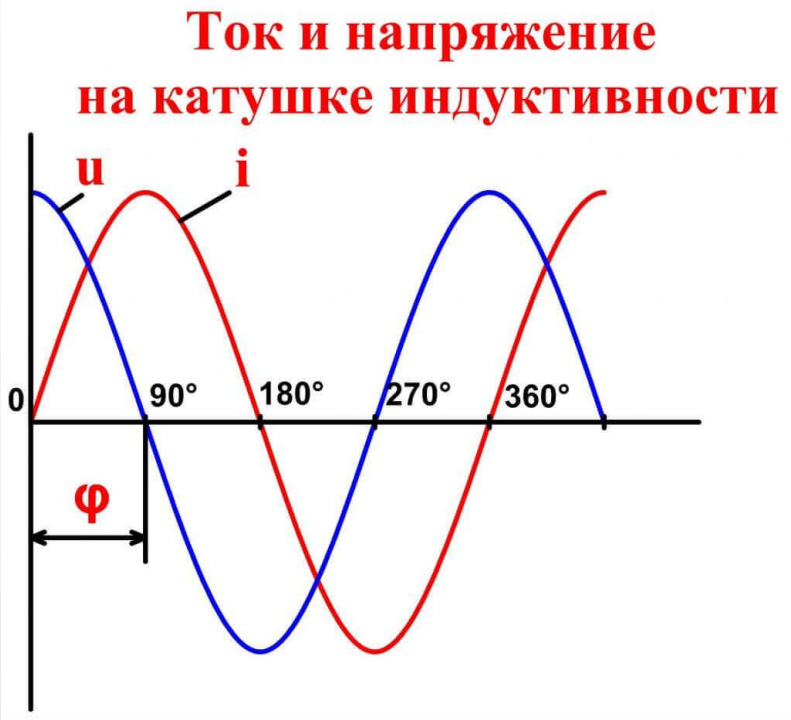
Катушка индуктивности

- Катушка индуктивности при протекании тока запасает энергию в своём магнитном поле.
- Электрорадиоэлемент, имеющий спиральную обмотку и способный концентрировать в своем объеме или на плоскости электромагнитное поле.
- При отключении внешнего источника тока катушка отдаст запасенную энергию, стремясь поддержать величину тока в цепи.



Катушка индуктивности

- Чем больше индуктивность, тем больше изменение тока будет отставать от изменения напряжения
- принцип работы катушек индуктивности – накопление энергии и задерживание фронта нарастания тока в цепи.



- Имеющие постоянное значение индуктивности
- С изменяемой индуктивностью, подстраиваемой

Индуктивность катушки пропорциональна линейным размерам катушки, магнитной проницаемости сердечника и квадрату числа витков намотки.

$$L = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot s_e \cdot N^2 / l_e,$$

где μ_0 — магнитная постоянная,

μ_r — относительная магнитная проницаемость материала сердечника (зависит от частоты),

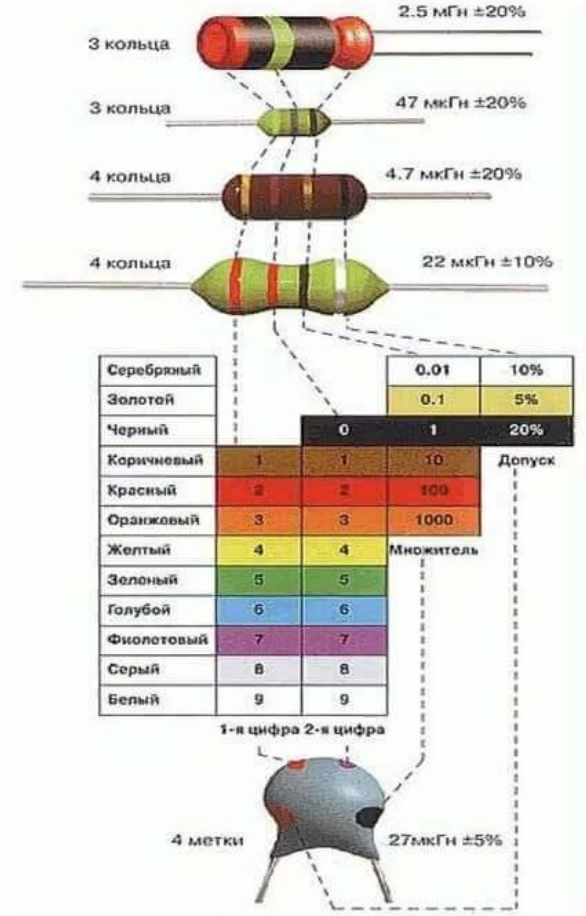
s_e — площадь сечения сердечника,

l_e — длина средней линии сердечника,

N — число витков.

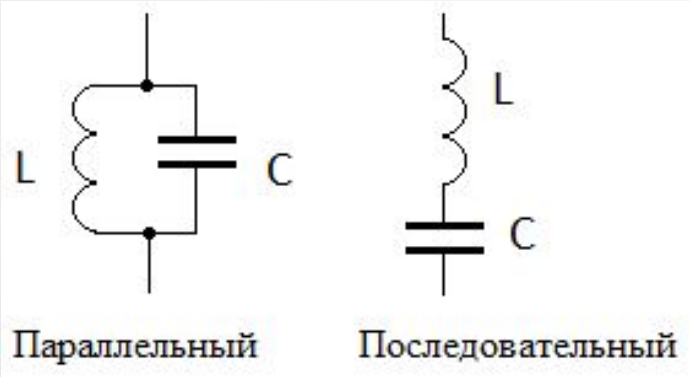
2N2D — 2.2 нГн ±0.3 нГн	1R0K — 1.2 мкГн ±10%	470K — 47 мкГн ±10%
22N — 22 нГн	2R2K — 2.2 мкГн ±10%	680K — 68 мкГн ±10%
R10M — 0.10 мкГн ±20%	3R3K — 3.3 мкГн ±10%	101K — 100 мкГн ±10%
R15M — 0.15 мкГн ±20%	4R7K — 4.7 мкГн ±10%	151K — 150 мкГн ±10%
R22M — 0.22 мкГн ±20%	6R8K — 6.8 мкГн ±10%	221K — 220 мкГн ±10%
R33M — 0.33 мкГн ±20%	100K — 10 мкГн ±10%	331K — 330 мкГн ±10%
R47M — 0.47 мкГн ±20%	150K — 15 мкГн ±10%	471J — 470 мкГн ±5%
R68M — 0.68 мкГн ±20%	220K — 22 мкГн ±10%	681J — 680 мкГн ±5%
1R0K — 1.2 мкГн ±20%	330K — 33 мкГн ±10%	102 — 1000 мкГн

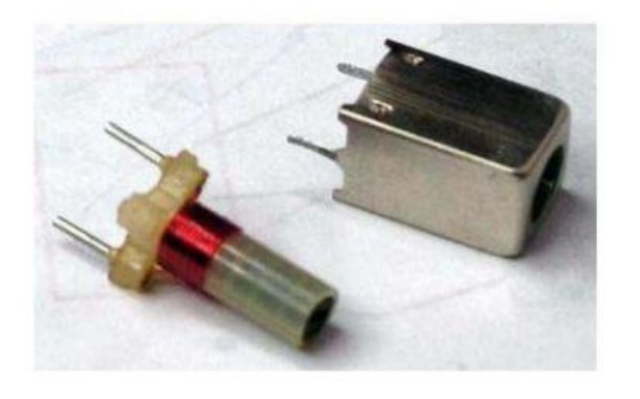
Цветная маркировка катушек индуктивности



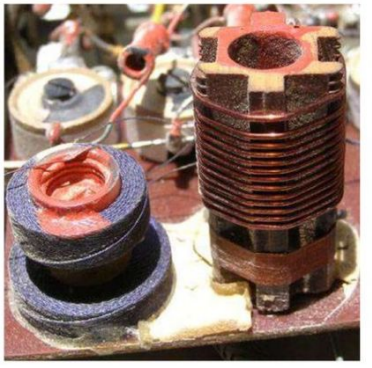
Разновидности

- Контурные катушки – используются совместно с конденсаторами для организации колебательных контуров





https://tinyurl.com/yc4mujn8



Разновидности

- Дроссели - катушки индуктивности, обладающие высоким сопротивлением переменному току и малым сопротивлением постоянному.

Разновидности

- Катушка связи – пара и более катушек, взаимодействующие магнитными полями для организации трансформаторной связи между отдельными цепями и каскадами
- Вариометры - катушка с перестраиваемой индуктивностью. Такие катушки полезны для регулировки резонансной частоты настраиваемых колебательных контуров.

К основным характеристикам катушки индуктивности можно отнести:

- Индуктивность (отношение создаваемого током потока магнитного поля, пронизывающего катушку, к силе протекающего тока)
- Силу тока
- Сопротивление потерь (паразитные эффекты в проводах, в сердечнике, в диэлектрике).
- Паразитная емкость (емкость между витками)
- Температурный коэффициент индуктивности — изменение индуктивности при нагреве или охлаждении элемента.

Применение катушек индуктивности

- для построения различных цепей с частотно-зависимыми свойствами: фильтров, цепи обратной связи, колебательные контуры (совместно с конденсаторами, резисторами)
- в качестве электромагнитов
- две и более индуктивно связанные катушки образуют трансформатор
- для связи цепей между собой
- для накопления энергии