

# Электроника и схемотехника

## 2 семестр кафедры ВТ, Туляков В.С.

Цель лекции: электронные компоненты. Резисторы и их характеристики. Источники тока и напряжения. Сигналы.

# Литература

- Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники: Пер. с англ. – Изд. 7-е. – М.: Мир, БИНОМ, 2011.- 704 с.

# РАЗДЕЛ 1. Компоненты электроники

- **Напряжение (U) между двумя точками** – это энергия, которая затрачивается на перемещение единичного положительного заряда из точки с низким потенциалом в точку с высоким потенциалом. (Разность потенциалов, Электродвижущая сила ЭДС).
- **Единица измерения** – вольт (В). Для перемещения заряда в один кулон между точками с напряжением в один вольт, необходимо совершить работу в один джоуль.
- **ЗАПОМНИТЬ**: напряжение всегда измеряется между двумя точками. Если говорят о напряжении в узле схемы, то подразумевают напряжение между точкой схемы и точкой земли схемы.

# Напряжение

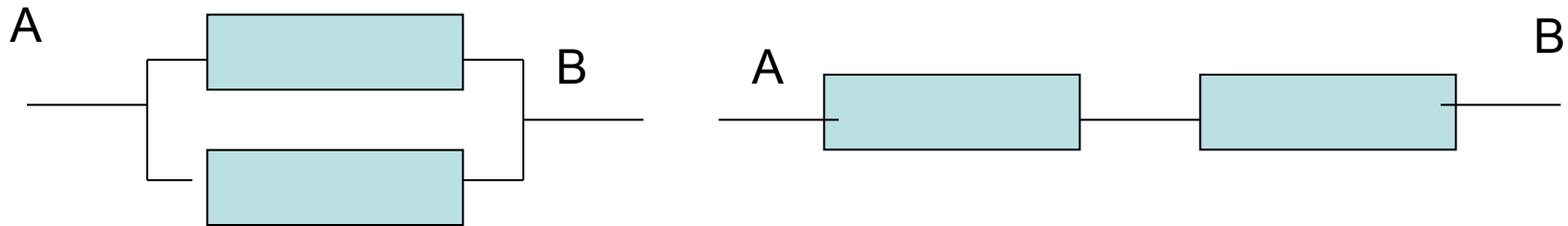
- Напряжение создается путем воздействия на электрические заряды в таких устройствах, как батареи (электрохимические реакции), генераторы (взаимодействие электромагнитных сил), солнечные батареи (фотогальванический эффект энергии фотонов).
- Ток получается прикладыванием напряжения между точками схемы.

# Ток

- **Ток (I)** – это скорость перемещения электрического заряда.
- **Единица** измерения АМПЕР. Ток в 1 ампер создается перемещением заряда в 1 кулон за время равное 1 секунде.
- Ток в цепи протекает от точки с более положительным потенциалом к точке с более отрицательным потенциалом.
- **ЗАПОМНИТЬ:** ток всегда протекает через точку (узел) в схеме или через элемент схемы.

# Правила тока и напряжения

- **1 ПРАВИЛО.** Сумма токов, втекающих в точку, равна сумме токов, вытекающих из нее. **СЛЕДСТВИЕ:** в последовательной цепи элементов, которая имеет два конца ток во всех точках одинаков.



**ЗАПОМНИТЕ:** нельзя называть ток силой тока, резистор – сопротивлением.

# Правила тока и напряжения

- **2 ПРАВИЛО.** При параллельном соединении элементов напряжение на каждом из них одинаково.
- **3 ПРАВИЛО.** Мощность, потребляемая схемой, определяется по формуле:
  - $P = U I$
- Единица измерения мощности – **ватт (вольт на ампер)**. Мощность рассеивается в виде тепла, затрачивается на механическую работу, переходит в энергию излучения, накапливается в виде заряда в емкости.

# Взаимосвязь напряжения и тока

- **ВАЖНО:** Сущность электроники заключается, в создании элемента, имеющего уникальную вольт амперную характеристику.

Резистор – ток пропорционален напряжению.

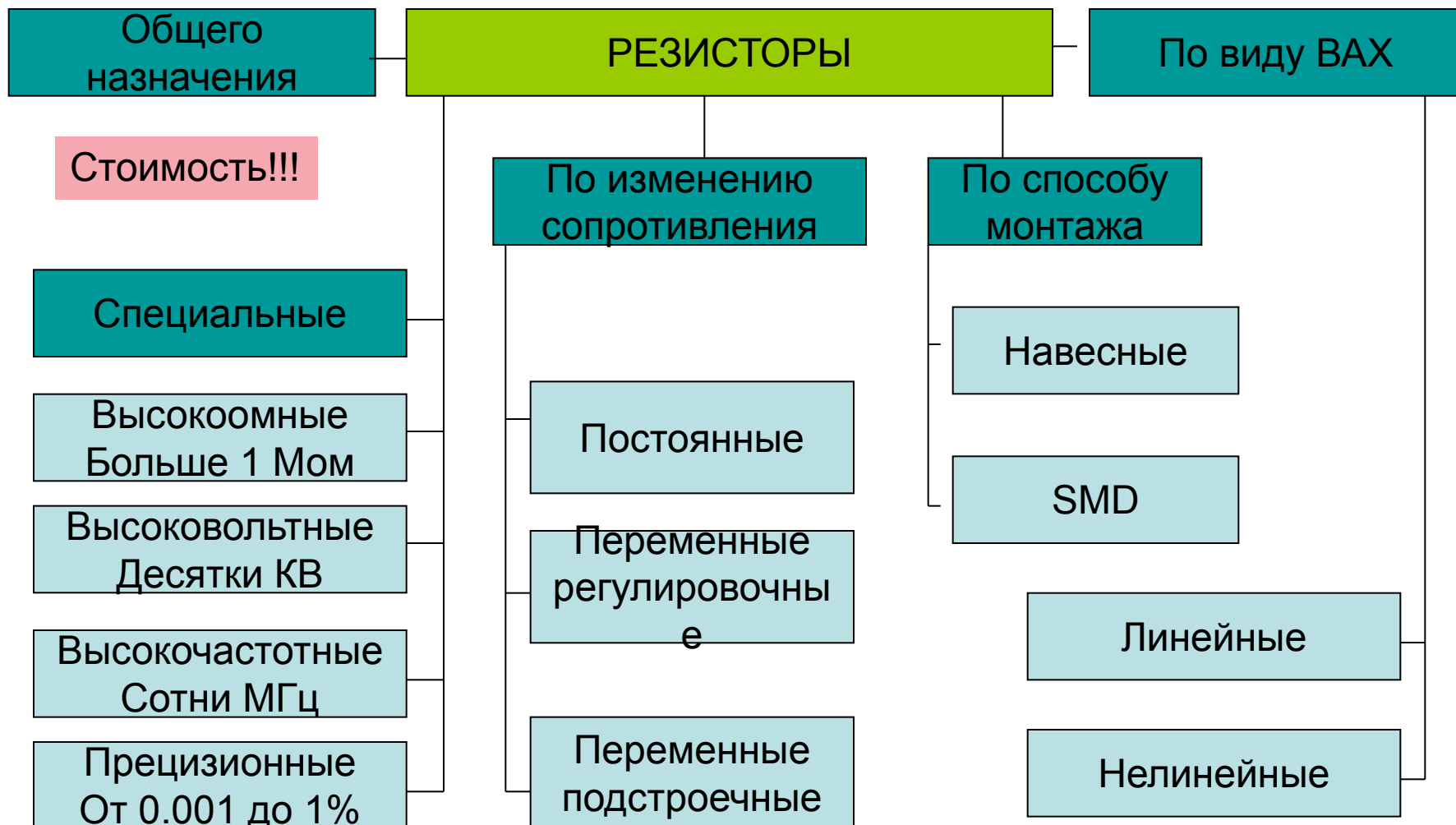
Конденсатор – ток пропорционален скорости изменения напряжения.

Диод – ток протекает только в одном направлении.

Термисторы - сопротивление резистора зависит от температуры.



# Классификация резисторов



Основное назначение резисторов – преобразовать напряжение в ток и наоборот

# Характеристики резисторов

- Номинальное сопротивление, - основной параметр.
- Предельная рассеиваемая мощность.
- Температурный коэффициент сопротивления.
- Допустимое отклонение сопротивления от номинального значения (технологический разброс в процессе изготовления).
- Предельное рабочее напряжение.
- Избыточный шум.

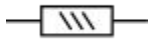
Некоторые характеристики существенны при проектировании устройств, работающих на высоких и сверхвысоких частотах, это:

- Паразитная ёмкость.
- Паразитная индуктивность.

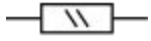
# Обозначение резисторов в схемах



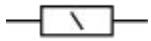
Постоянный резистор без указания мощности



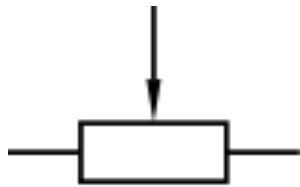
Постоянный резистор  $P = 0.05 \text{ Вт}$



Постоянный резистор  $P = 0.125 \text{ Вт}$



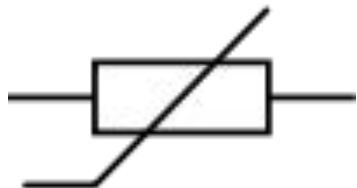
Постоянный резистор  $P = 0.25 \text{ Вт}$



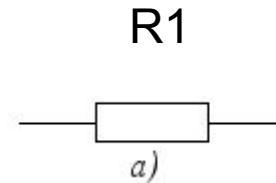
Переменный резистор



Фоторезистор

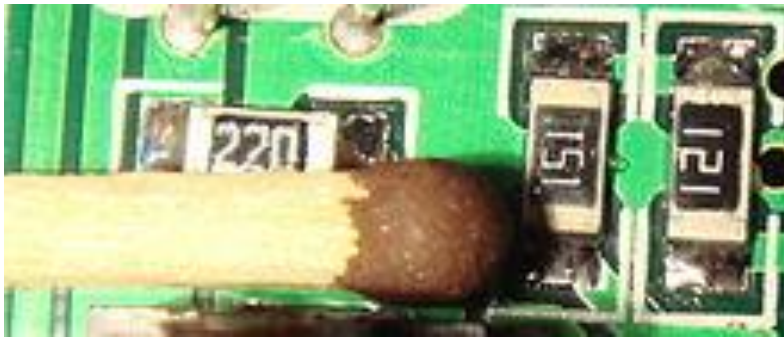


Терморезистор



# Корпуса резисторов

SMD

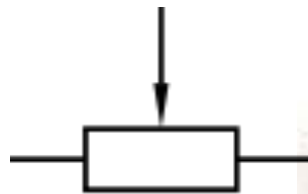


Постоянный  
навестной

Подстроечные резисторы

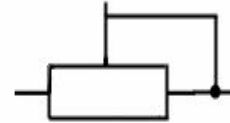
SMD-технология (от [англ.](#) *surface mounted device*)

Переменный проволочный  
На керамике

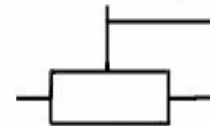


Переменный регулировочный

Реостат

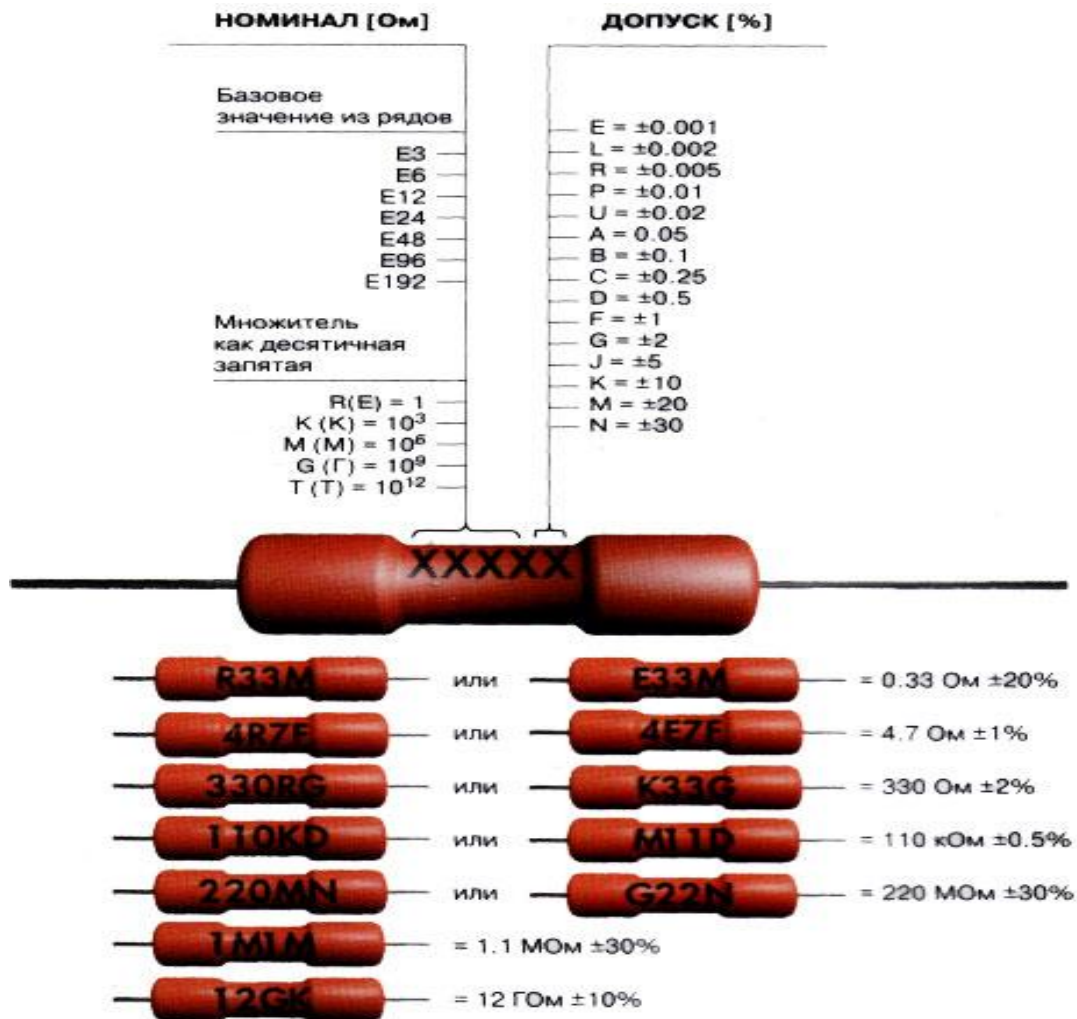


Потенциометр

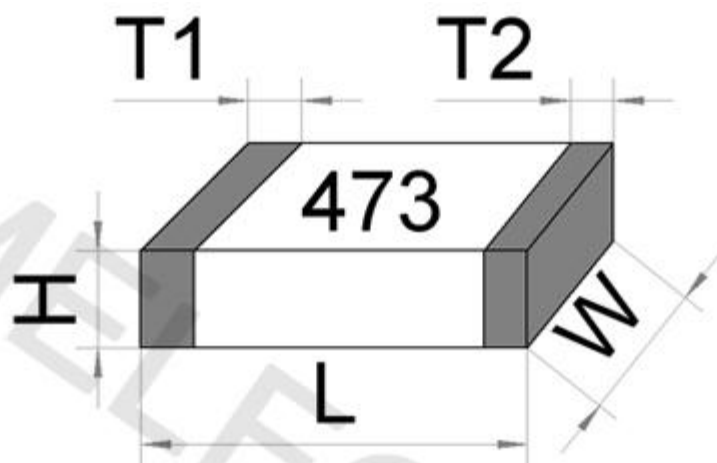




# Маркировка отечественных навесных резисторов



# Размеры SMD корпусов резисторов



Типоразмер		L (мм)	W (мм)	H (мм)	T1 (мм)	T2 (мм)
дюйм	мм					
0402	1005	1.0	0.5	0.35	0.25	0.2
0603	1608	1.55	0.85	0.45	0.3	0.3
0805	2012	2.0	1.25	0.45	0.3	0.3
1206	3216	3.2	1.6	0.55	0.45	0.4
1210	3225	3.2	2.5	0.55	0.45	0.4
1218	3246	3.2	4.6	0.55	0.45	0.4
2010	5025	5.0	2.5	0.6	0.6	0.6
2512	6332	6.3	3.15	0.6	0.6	0.6

# Маркировка номиналов SMD резисторов

## 1. Маркировка 3-мя цифрами.

1 0 3

Первые две цифры указывают значение в омах, последняя – количество нулей. Распространяется на резисторы из ряда E-24, допуском 1 % и 5%, типоразмеров **0603**, **0805** и **1206**.

Пример: 103 = 10 000 = 10 кОм

## 2. Маркировка 4-мя цифрами.

4 4 0 2

Первые три цифры указывают значения в омах последняя – количество нулей. Распространяется на резисторы из ряда E-96, допуском 1% , типоразмеров **0805** и **1206**. Буква R играет роль десятичной запятой.

Пример: 4402 = 440 00 = 44 кОм

## 3. Маркировка 3-мя символами.

1 0 C

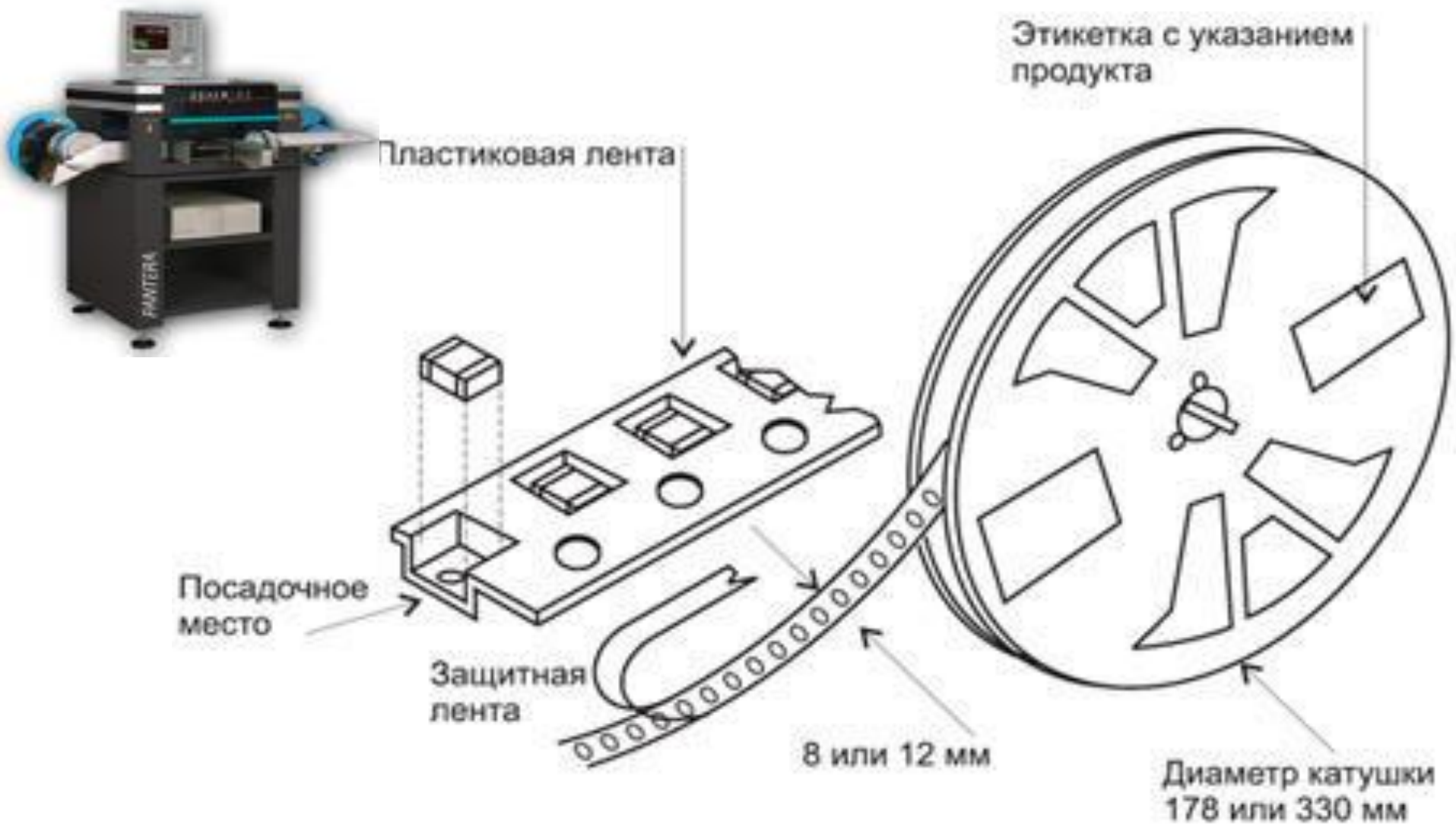
Первые два символа – цифры, указывающие значение сопротивления в омах, взятые из нижеприведенной таблицы последний символ - буква, указывающая значение множителя: S=10<sup>-2</sup>; R=10<sup>-1</sup>; B=10; C=10<sup>2</sup>; D=10<sup>3</sup>; E=10<sup>4</sup>; F=10<sup>5</sup>.

Распространяется на резисторы из ряда E-96, допуском 1%, типоразмером **0603**.

Пример: 10C = 124 x 10<sup>2</sup> = 12.4 кОм

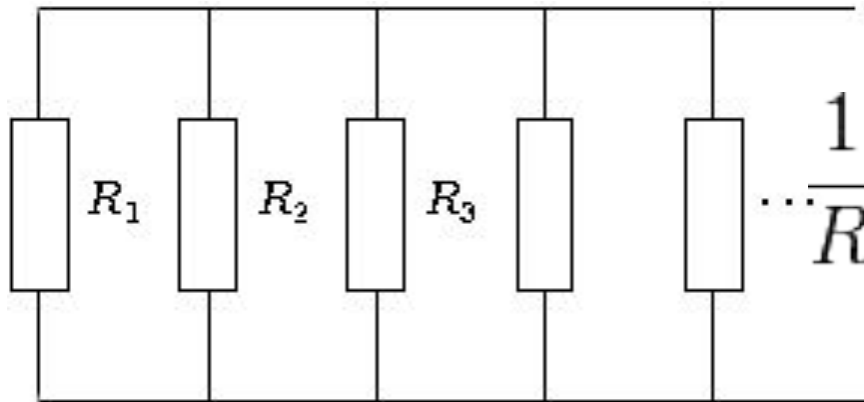
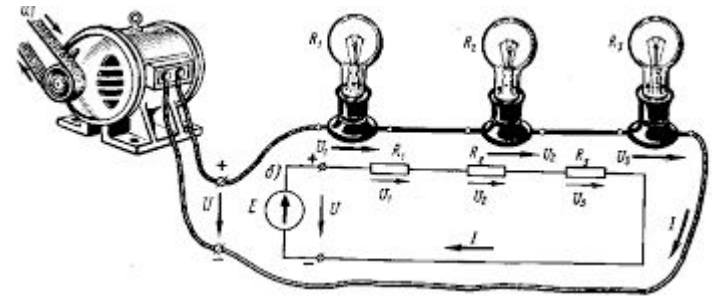
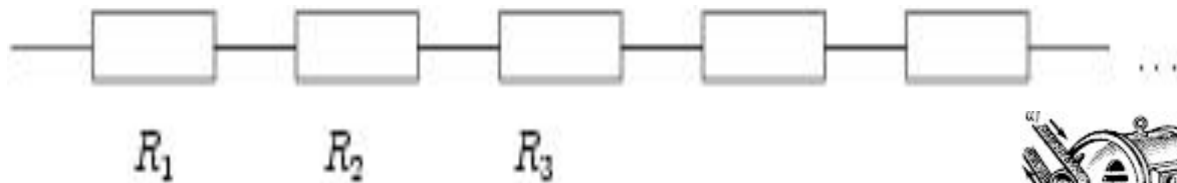


# Кассета SMD компонентов для автомата установки компонентов



# Последовательное и параллельное соединение резисторов

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

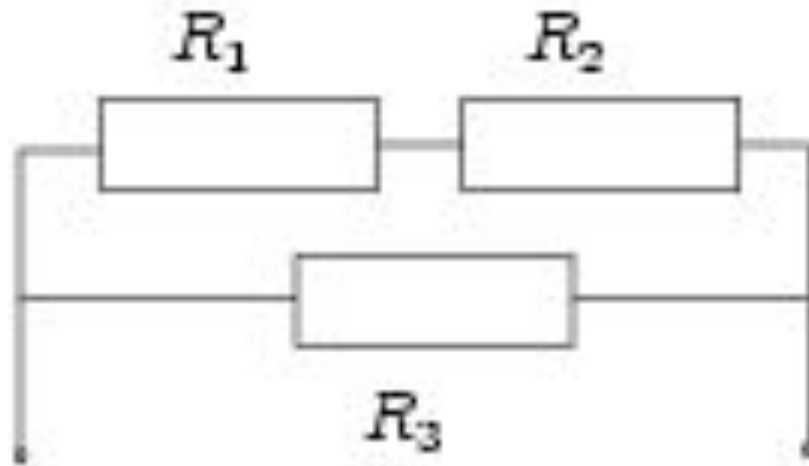


$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

Для двух параллельных резисторов

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

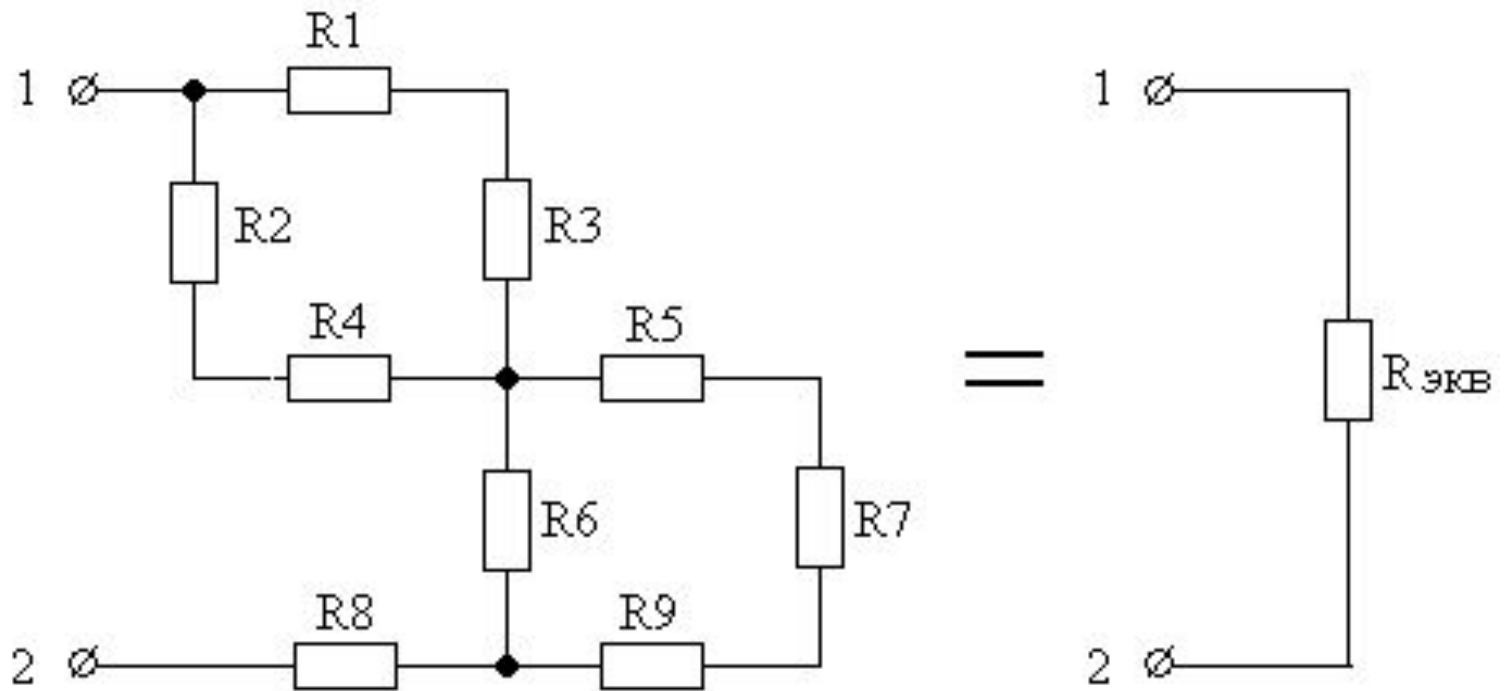
# Смешанная схема соединений резисторов



ВОПРОС Выведите формулу общего сопротивления  $R$

$$R = \frac{R_3(R_1 + R_2)}{R_1 + R_2 + R_3}$$

# Эквивалентная схема



Расчитайте  $R_{\text{экв}}$

# Мощность соединения резисторов

$$P_R = P_{R1} + P_{R2} + \dots + P_{Rn}$$

Суммарная мощность не зависит от типа соединения

$$P = I \times U$$

$$P = I^2 \times R$$

$$P = \frac{U^2}{R}$$

# ЗАДАЧИ

- **Упражнение 1.** Даны два резистора сопротивления 5 и 10 кОм. Чему равно сопротивление при последовательном и параллельном соединении резисторов?
- **Упражнение 2.** Какую мощность будет рассеивать резистор с сопротивлением 1 Ом подключенный к батарее с напряжением 1 В.

# ЗАДАЧА

- Дана схема работающая от батареи с напряжением 15 В. Докажите, что независимо от того, как будет включен в схему резистор номиналом более 1 кОм, мощность на нем не превысит  $\frac{1}{4}$  Вт.

# Интуитивное правило оценки сопротивления схемы

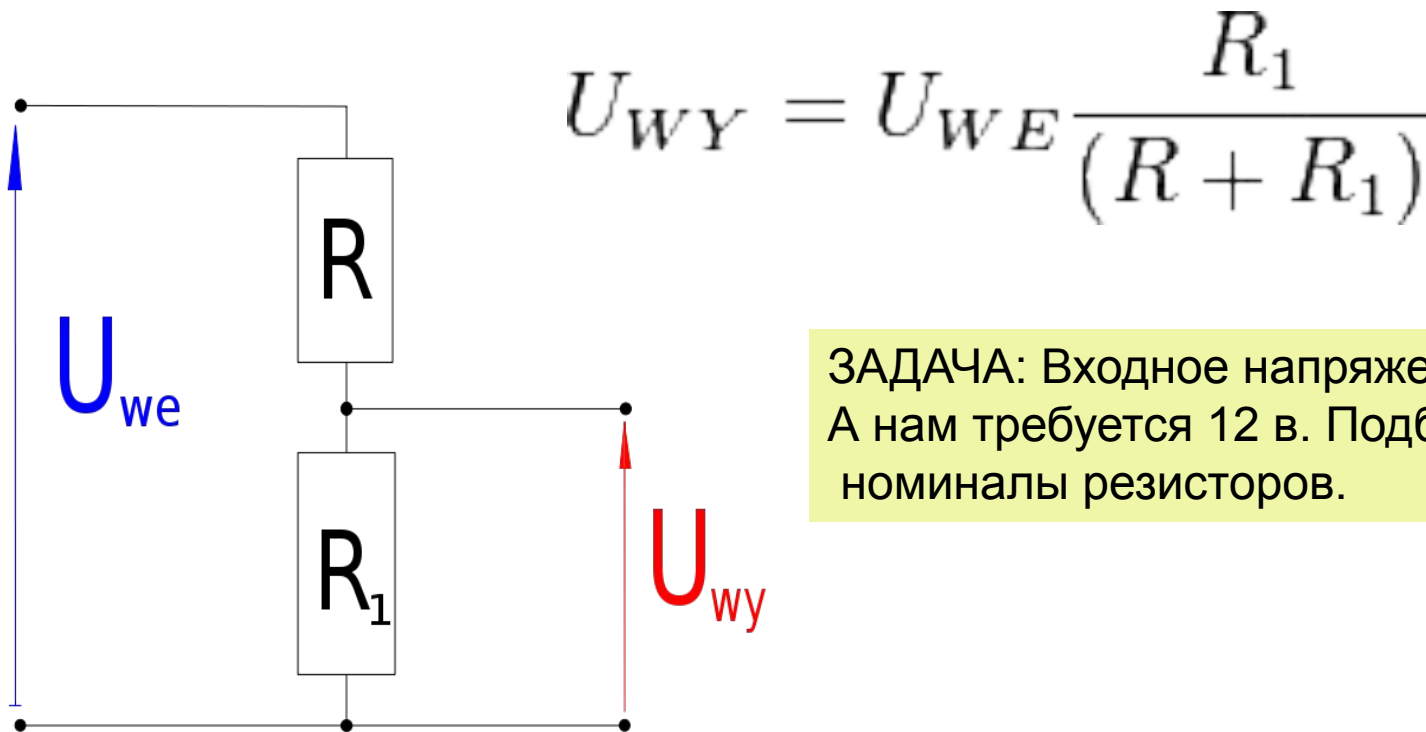
- **Правило** : Сопротивление двух параллельно соединенных резисторов, если номинал одного значительно больше номинала другого, приблизительно равно большему номиналу из двух резисторов.



# Проводимость

- Проводимостью называют величину обратную сопротивлению  $G=1/R$ .
- Единица измерения проводимости – **сименс** или **мо** (от обратного Ом).
- Тогда закон Ома приводится к виду  $I=GU$ .
- Из формулы очевидно, чем больше проводимость, тем больше величина тока и наоборот.

# Делитель напряжения



ЗАДАЧА: Входное напряжение 220В, А нам требуется 12 в. Подберите номиналы резисторов.

Выходное напряжение всегда меньше входного, поэтому схему называют делителем.

# Регулируемый делитель напряжения

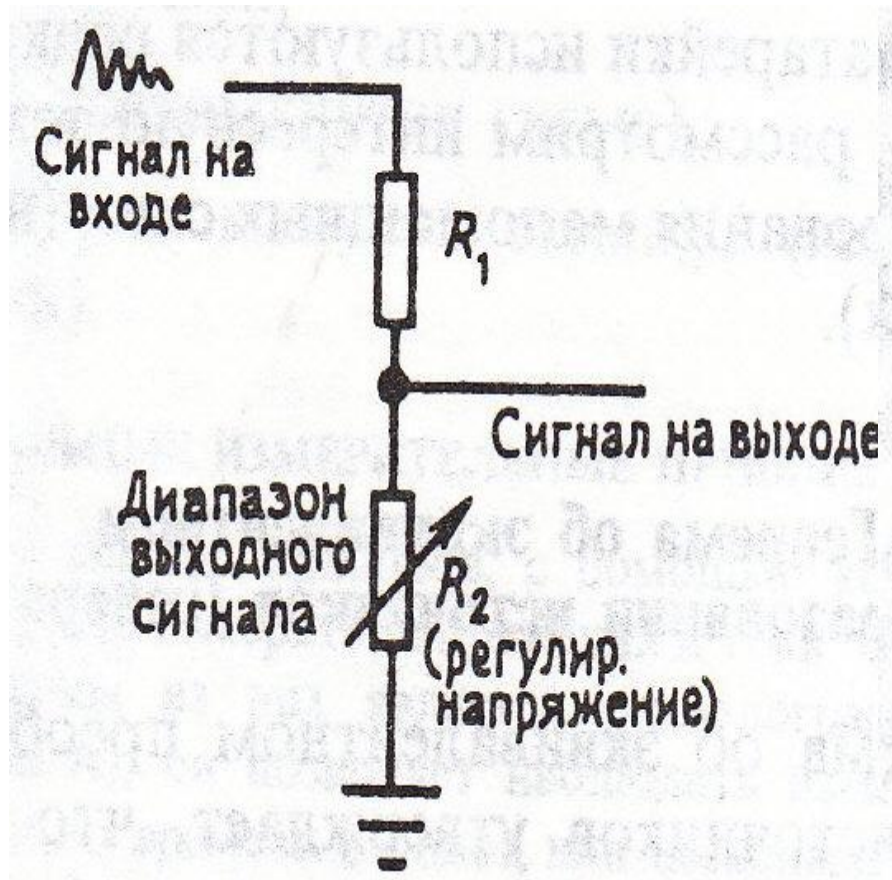
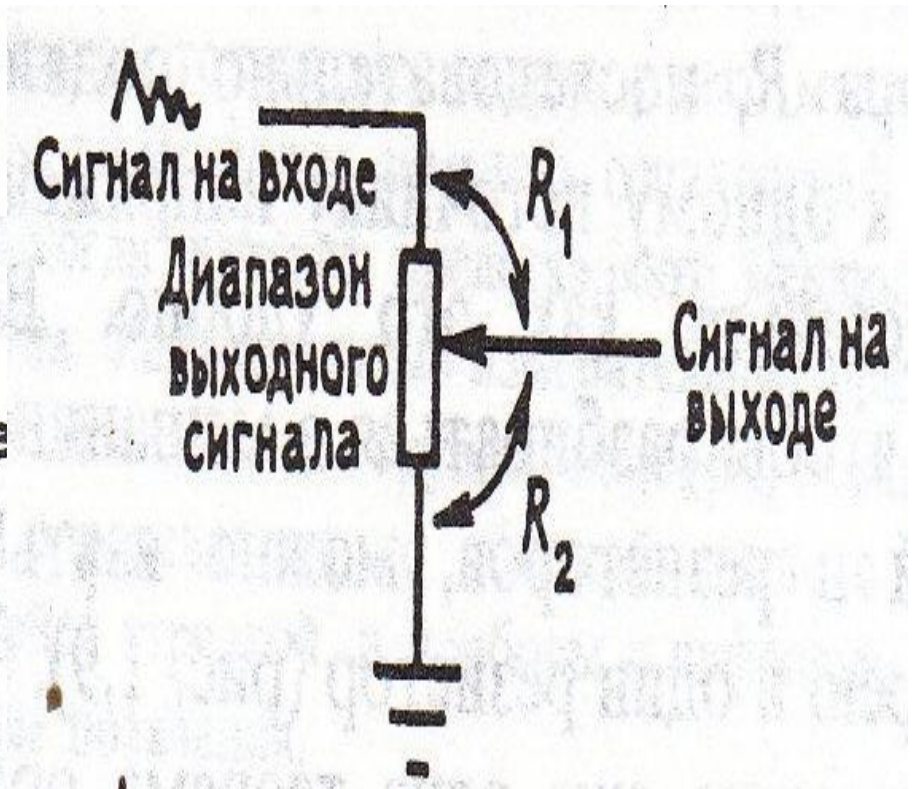


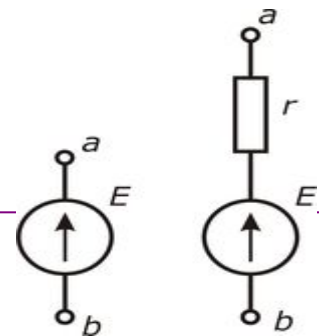
Схема с управляемым выходом



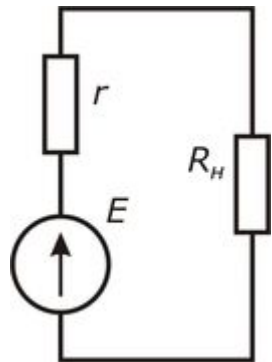
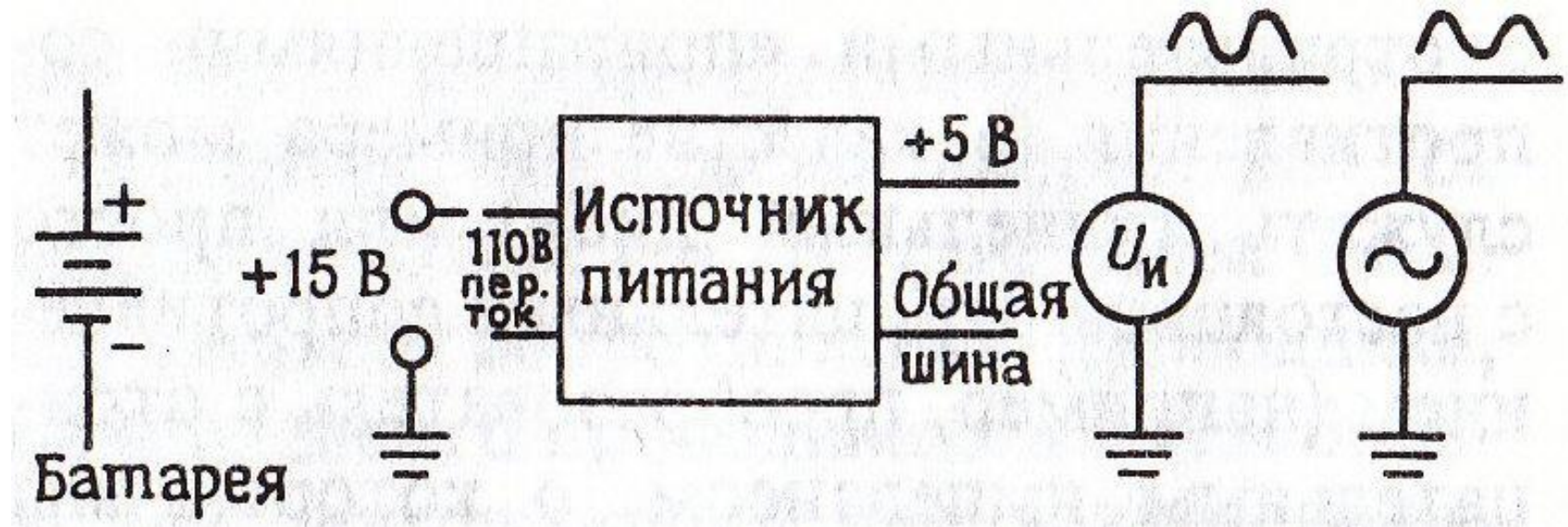
Реостатная схема

# Источник напряжения

- **Идеальный источник напряжения** это «черный ящик», имеющий два вывода, между которыми он поддерживает постоянное напряжение независимо от величины сопротивления нагрузки.
- **Реальный источник напряжения** не может дать ток, больший некоторого предельного максимального значения и в общем случае он ведет себя как идеальный источник напряжения, к которому подключен последовательно резистор с небольшим сопротивлением.

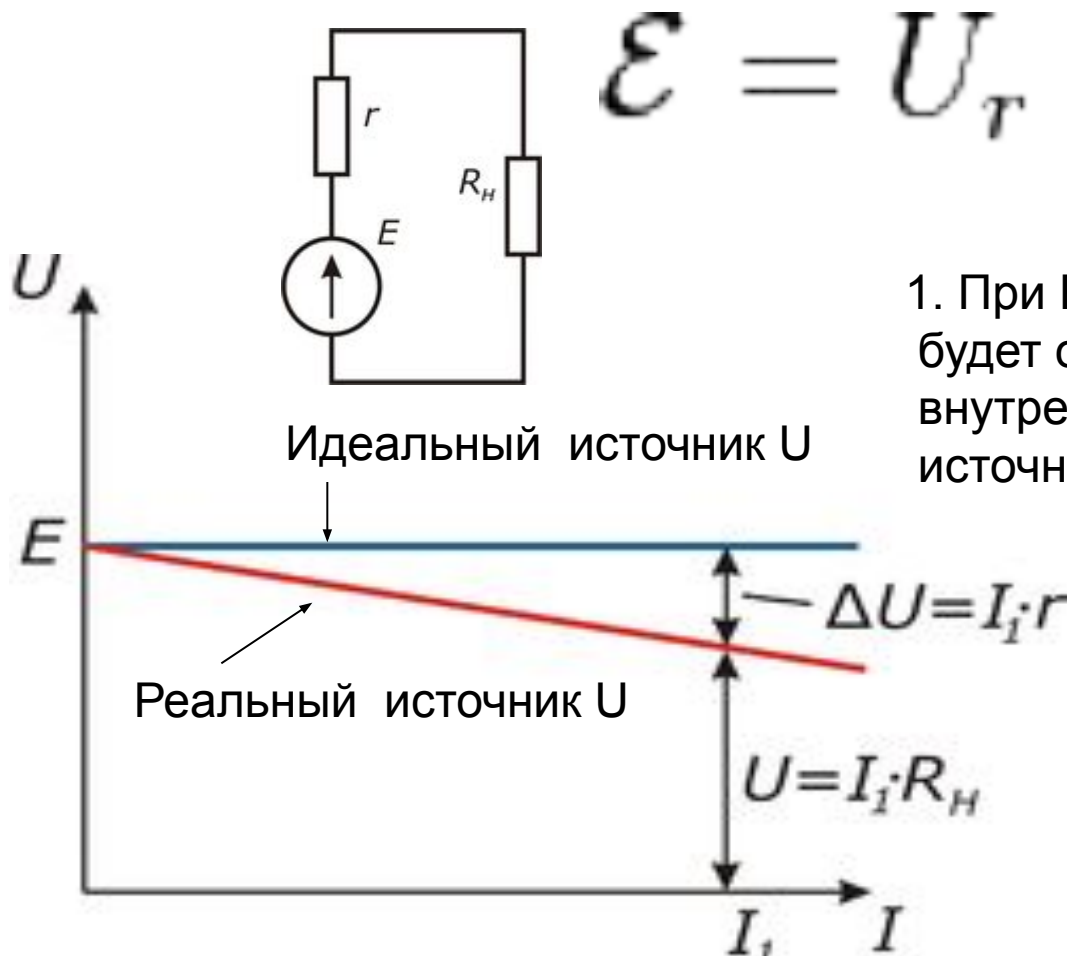


# Источник напряжения обозначения



1. Реальный источник напряжения всегда имеет внутреннее Сопротивление « $r$ ».
2. На рисунке показана эквивалентная схема реального Источника напряжения с подключенной нагрузкой « $R_H$ ».

# Нагрузочная характеристика реального источника напряжения



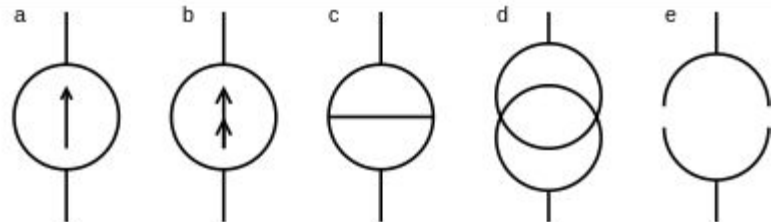
$$\mathcal{E} = U_r + U_R,$$

1. При  $R_H=0$  (короткое замыкание), ток будет определяться значением внутреннего сопротивления « $r$ » источника напряжения.

Источники напряжения «любят» разомкнутые цепи и хорошо описывают работу химических источников напряжения, генераторов постоянного тока.

# Источник тока

- **Идеальный источник тока** – это «черный ящик», имеющий два вывода и поддерживающий постоянный ток во внешней цепи независимо от величины сопротивления.
- **Реальный источник тока** имеет ограниченный диапазон, в котором может меняться создаваемое им напряжение.



# Реальный источник тока

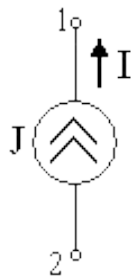
$$U_{\text{out}} = I \frac{R \cdot r}{R + r} = I \frac{R}{1 + R/r}.$$

делим на R

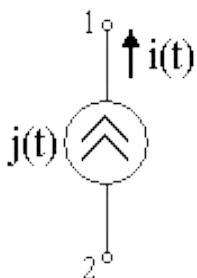
$$I_{\text{out}} = I \frac{r}{R + r} = I \frac{1}{1 + R/r}.$$

$P=UI$

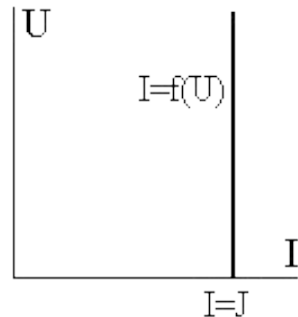
$$P_{\text{out}} = I^2 \frac{R}{(1 + R/r)^2}.$$



а



б



в

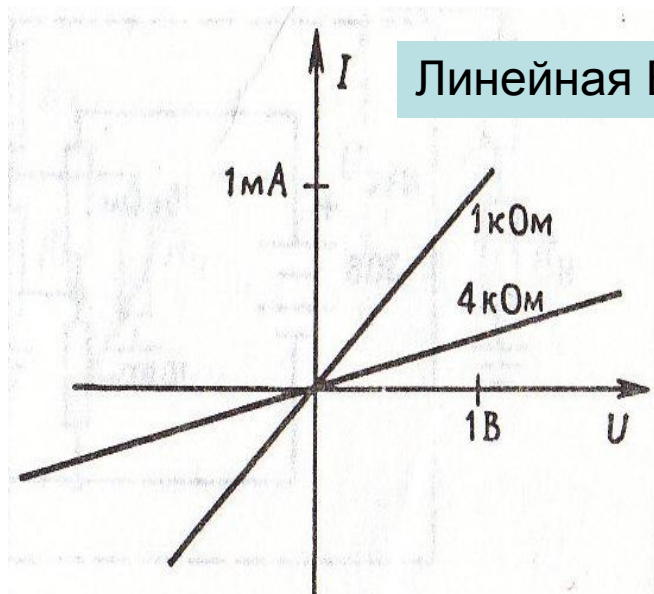
Мощность реального источника тока отдаваемая в сеть равна

Источники тока не «любят» разомкнутые цепи.



# Понятие - динамическое сопротивление

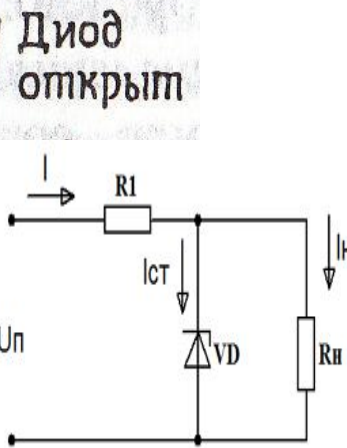
- Электронные устройства, в которых при работе ток не пропорционален напряжению и имеют нелинейную вольт амперную характеристику, обладают динамическим сопротивлением:  $\Delta U / \Delta I$



Линейная ВАХ



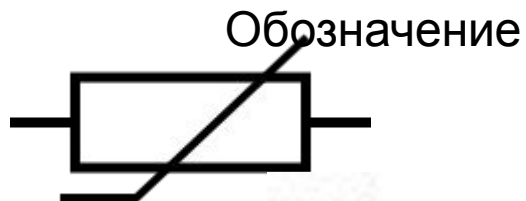
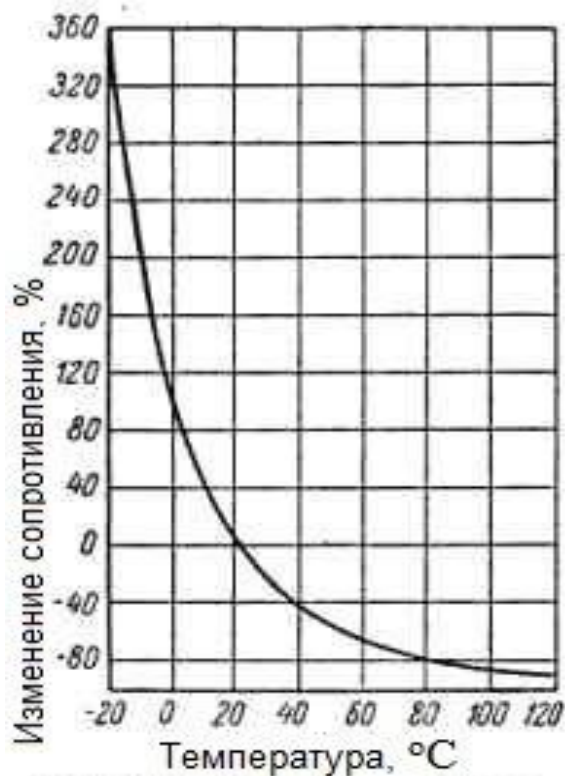
Нелинейная ВАХ



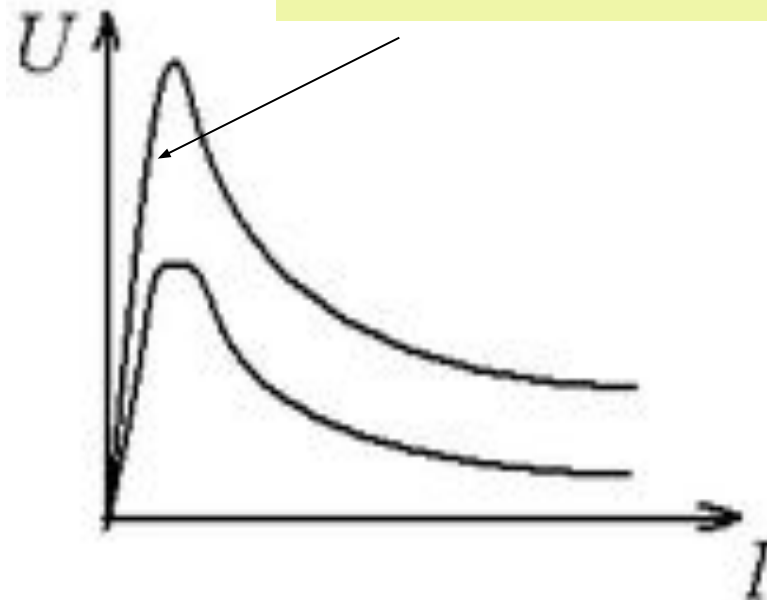
Динамическое сопротивление это отношение приращения напряжения к соответствующему приращению тока на вольт амперной характеристике

# Терморезистор

- Терморезистор – полупроводниковый прибор, сопротивление которого меняется при изменении температуры.

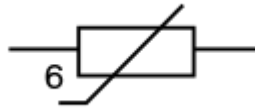
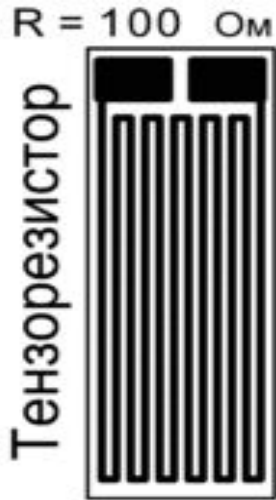


Выбирается рабочая точка на линейной части ВАХ

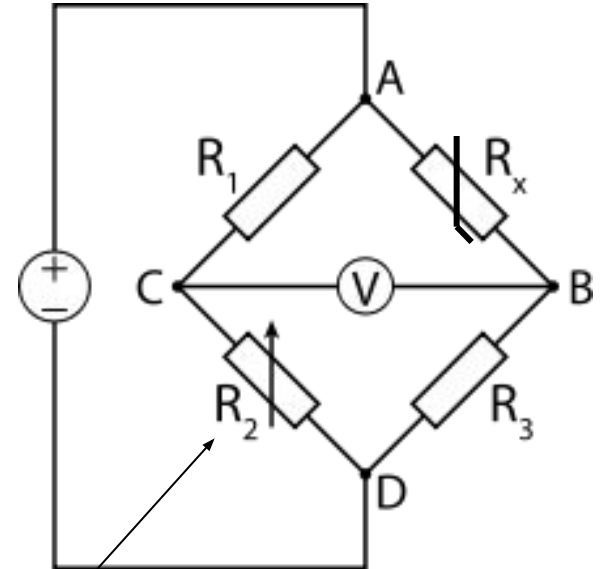


# Тензорезистор

- Тензорезистор - это резистор меняющий свое сопротивление при механической деформации.



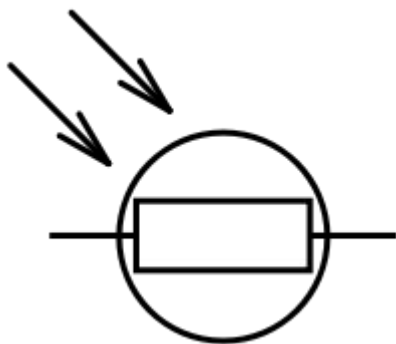
При соотношении  $R_1/R_2 = R_x/R_3$   
Напряжение между С и В равно нулю.  
При деформации  $R_x$  Меняет сопротивление и Появляется разница Потенциалов в С\_В



Для балансировки моста

# Фоторезистор

- Это полупроводниковый (без «п-р» перехода) элемент, меняющий сопротивление под воздействием светового потока.



# Типы сигналов

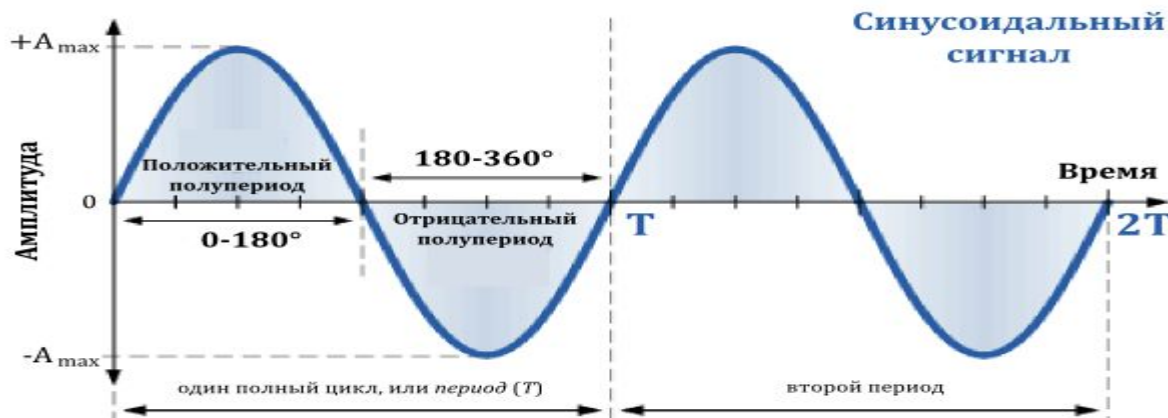
- Синусоидальные.
- Линейно-меняющиеся.
- Треугольный.
- Сигнал шумовой.
- Прямоугольный.
- Импульсный.
- Скачкообразный и пиковый.
- Аналоговый и дискретный сигнал.

# Синусоидальный сигнал

- Математическое выражение описывающее синусоидальный сигнал.

$$U = A \sin 2\pi f t$$

*Достоинством этой функции является то, что она является решением целого ряда линейных дифференциальных уравнений, которые описывают как физические явления так и свойства линейных цепей.*



Поведение схемы принято оценивать по амплитудно-частотной характеристике

# Синусоидальный сигнал

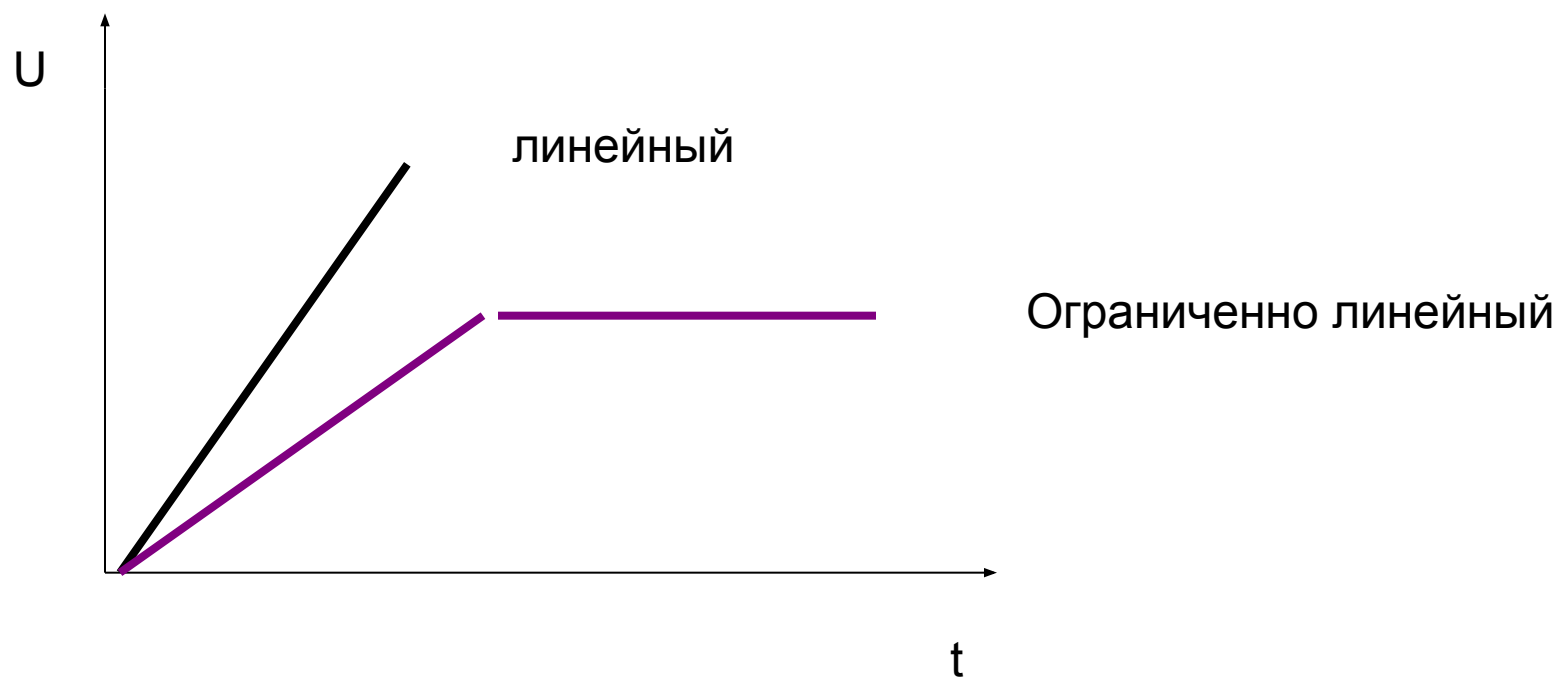
- ВАЖНО. Линейная цепь обладает свойством: выходной сигнал, порожденный суммой двух входных сигналов, равен сумме двух выходных сигналов действующих отдельно.
- $\text{Вых.}(A+B) = \text{Вых.}(A) + \text{Вых.}(B)$

# Сложение синусоидальных сигналов



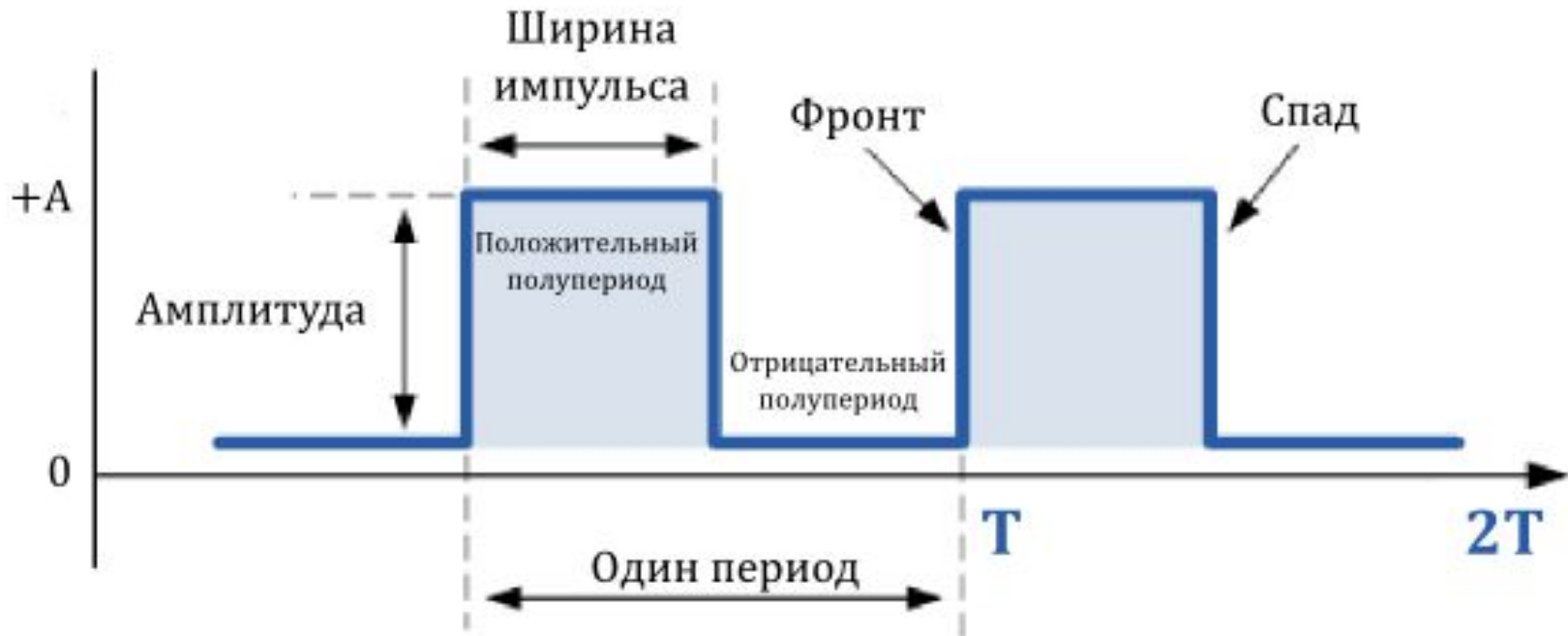


# Линейно меняющийся сигнал



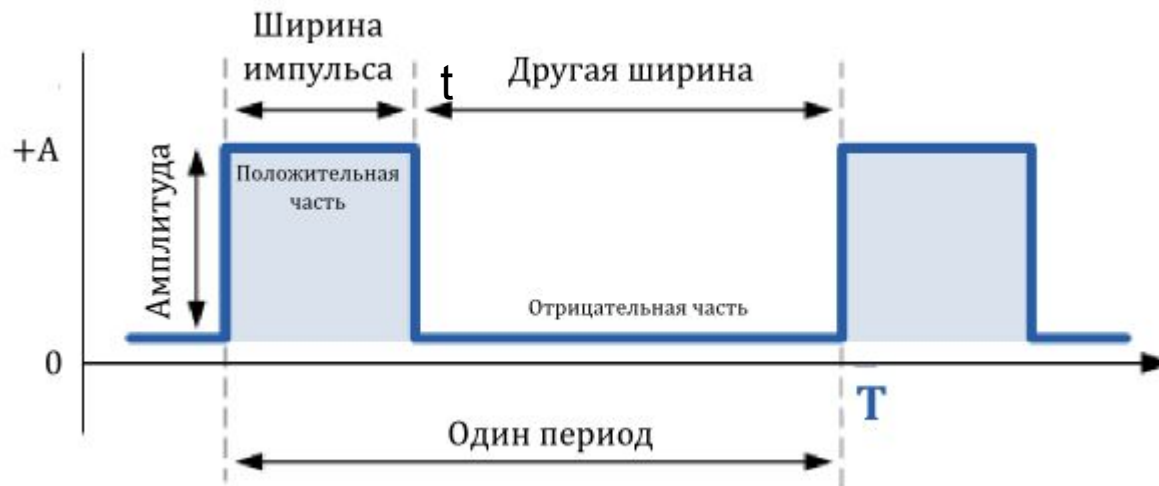
# Меандр

- Форма меандра симметрична



# Прямоугольный сигнал

- В отличие от меандра длительность положительной части и отрицательной не равны. Вводится понятие скважности.

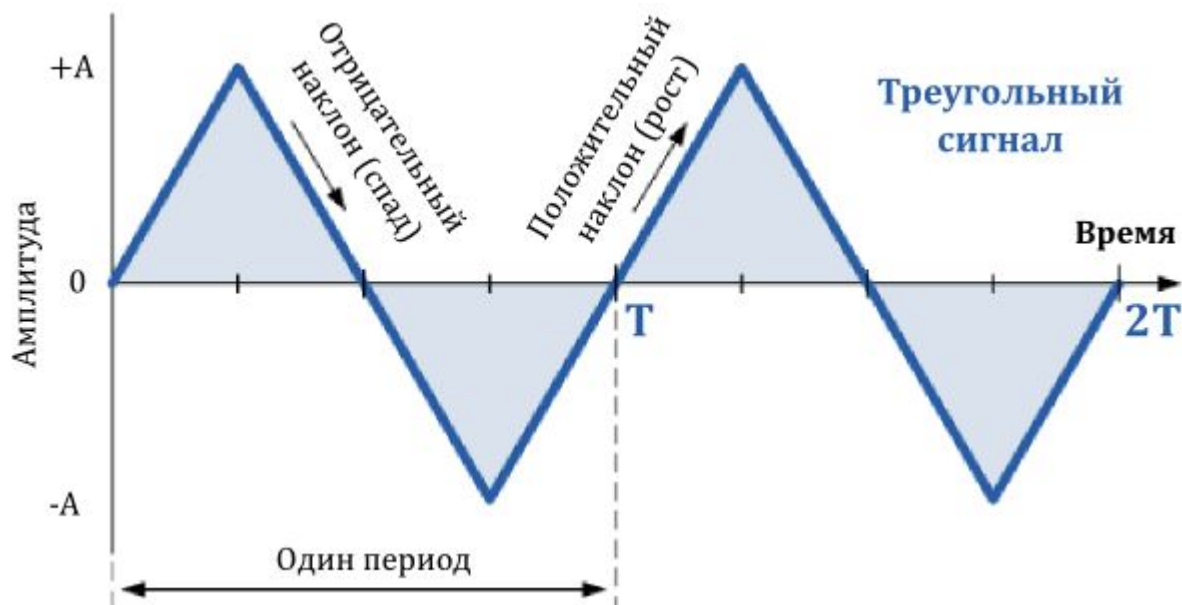


$$S = \frac{T}{\tau}$$

Изменение скважности при работе схемы называют широтно-импульсной модуляцией – ШИМ.

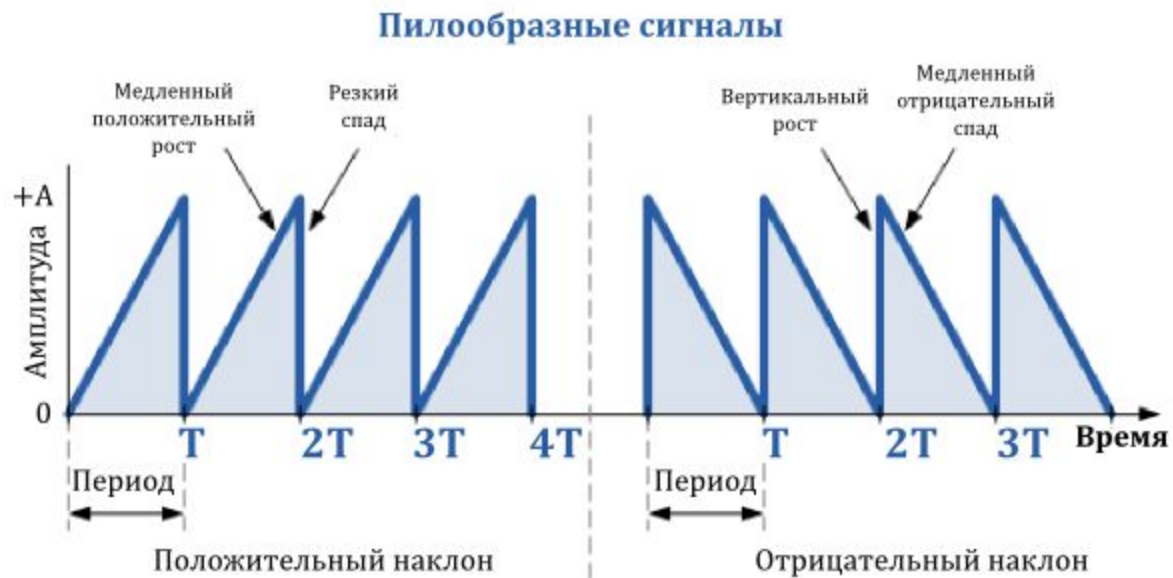
# Треугольные сигналы

- Двунаправленный несинусоидальный сигнал, изменяющийся линейно от положительного до отрицательного пика с определенным периодом.



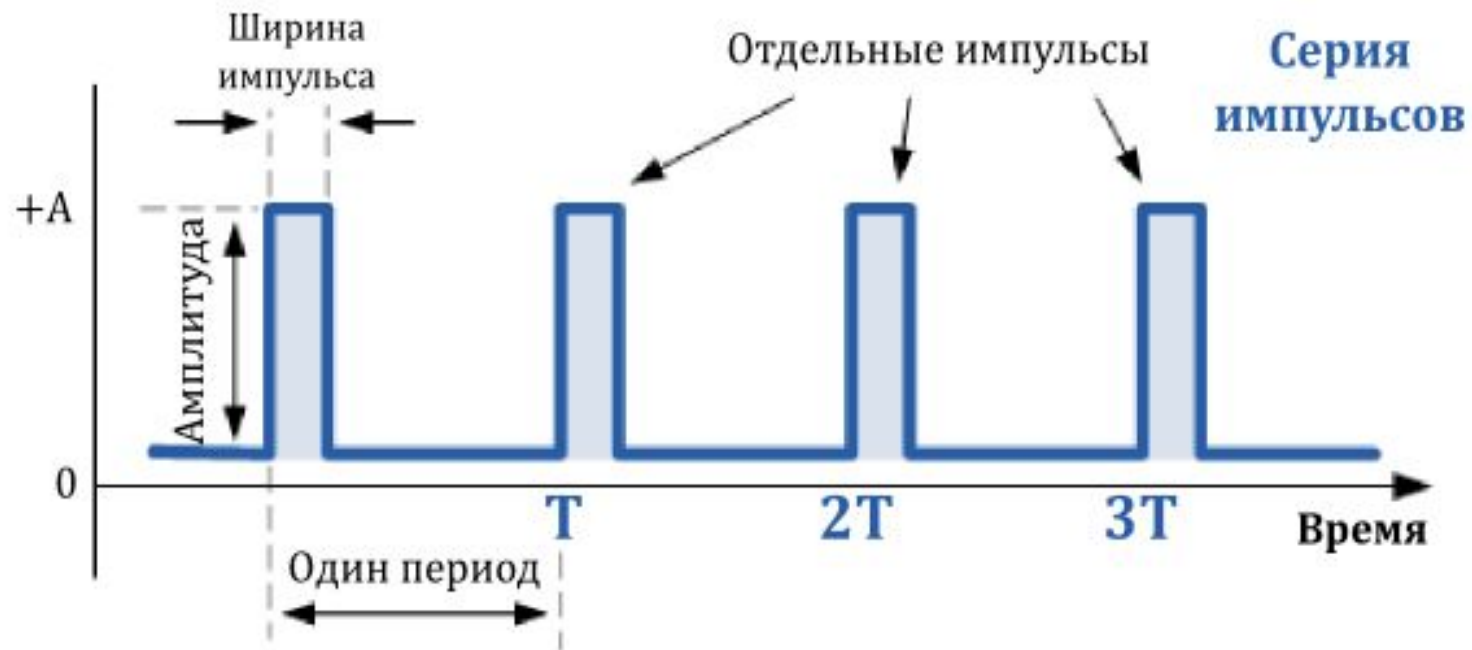
# Треугольный сигнал

- Периодический сигнал характерной формы.



# Импульсный сигнал

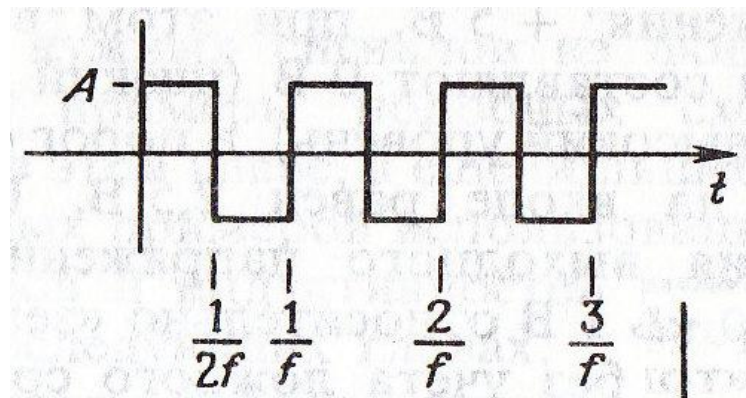
- Непериодический сигнал – одиночный.



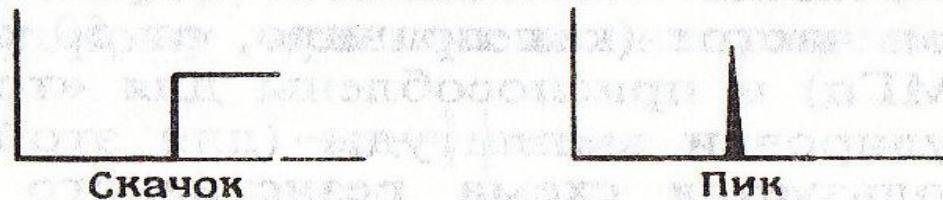
# Другие виды сигналов



Шумовой сигнал



Прямоугольный дифференциальный



Возможно смешение (микширование) различных типов сигналов.  
Фильтрация – процесс

# Схемы на резисторах

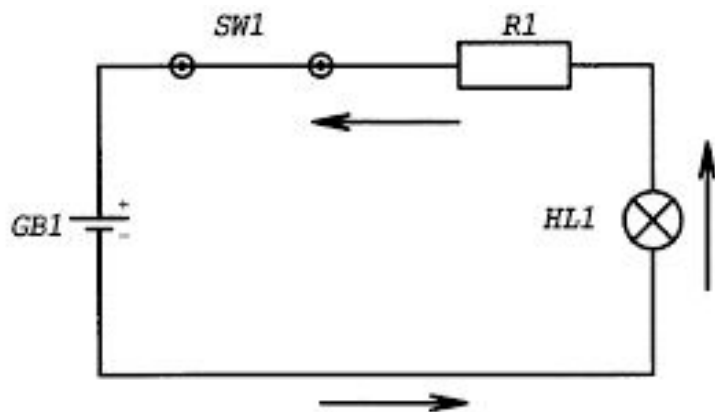


Рис. 7.3. Та же схема с добавленным резистором позволяет получить любую освещенность

