

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

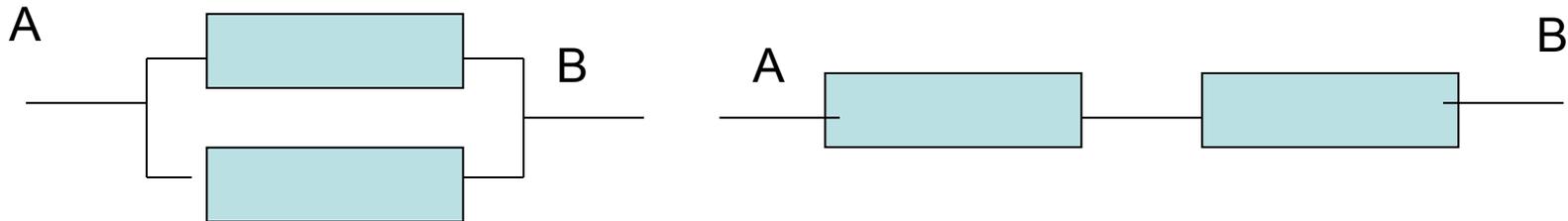
- Напряжение создается путем воздействия на электрические заряды в таких устройствах, как батареи (электрохимические реакции), генераторы (взаимодействие электромагнитных сил), солнечные батареи (фотогальванический эффект энергии фотонов).
- Ток получается прикладыванием напряжения между точками схемы.

# 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.

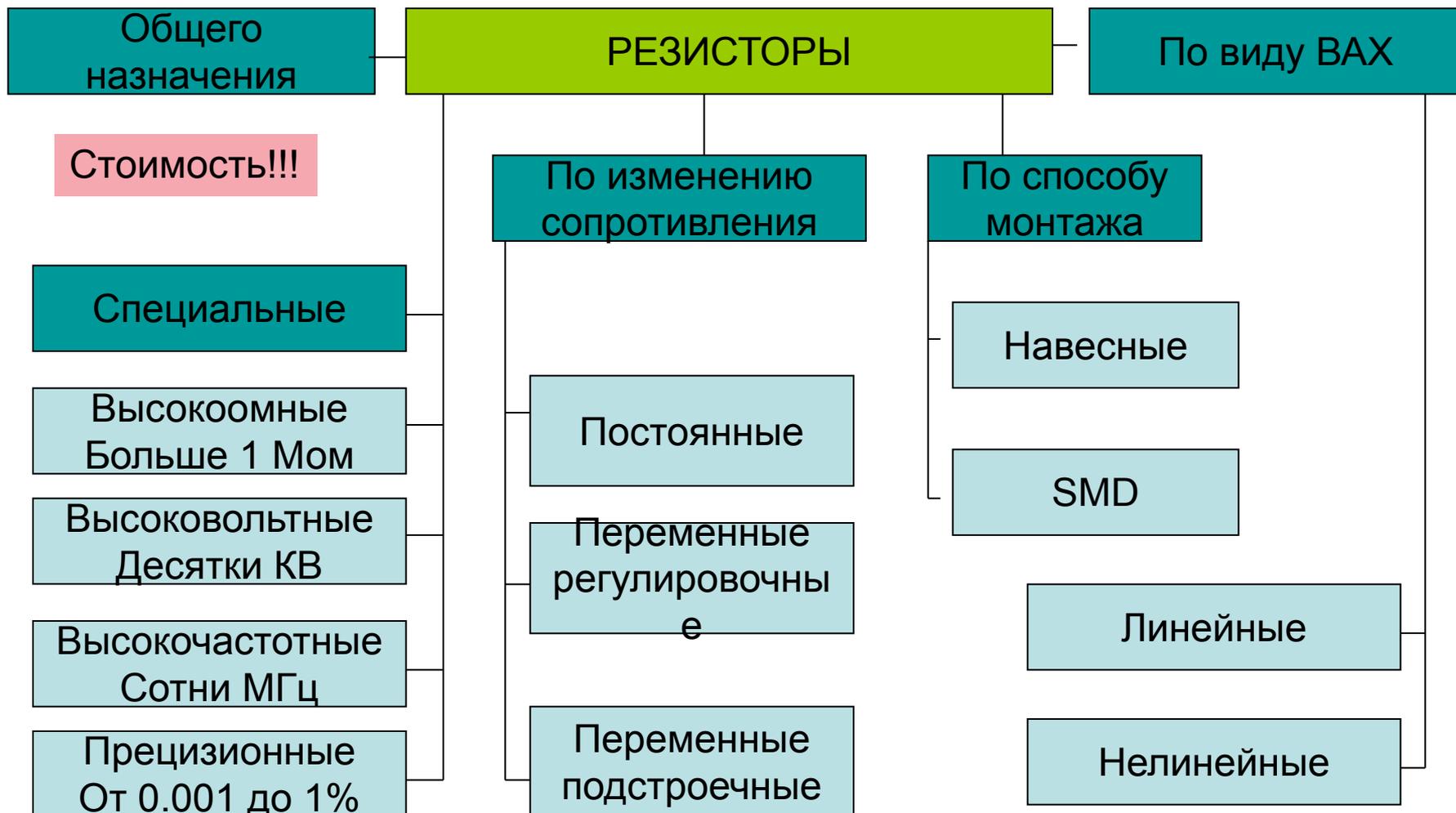
Резистор – ток пропорционален напряжению.

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.

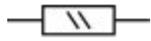
# Обозначение резисторов в схемах



Постоянный резистор без указания мощности



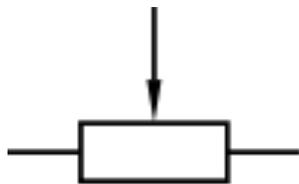
Постоянный резистор  $P = 0.05 \text{ Вт}$



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



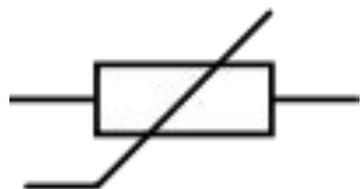
Постоянный резистор  $P = 0.25 \text{ Вт}$



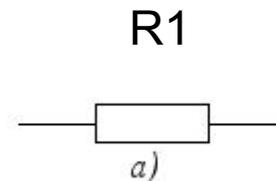
Переменный резистор



Фоторезистор

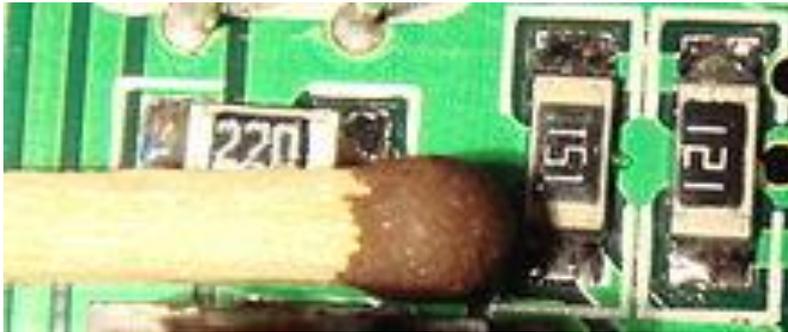


Терморезистор



# Корпуса резисторов

SMD

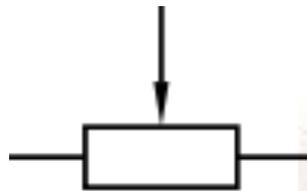


Подстроечные резисторы

Постоянный  
навестной

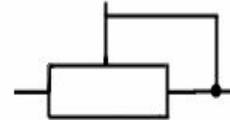
SMD-технология (от [англ.](#) *surface mounted device*)

Переменный проволочный  
На керамике

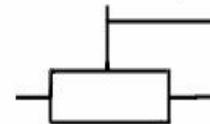


Переменный регулировочный

Реостат

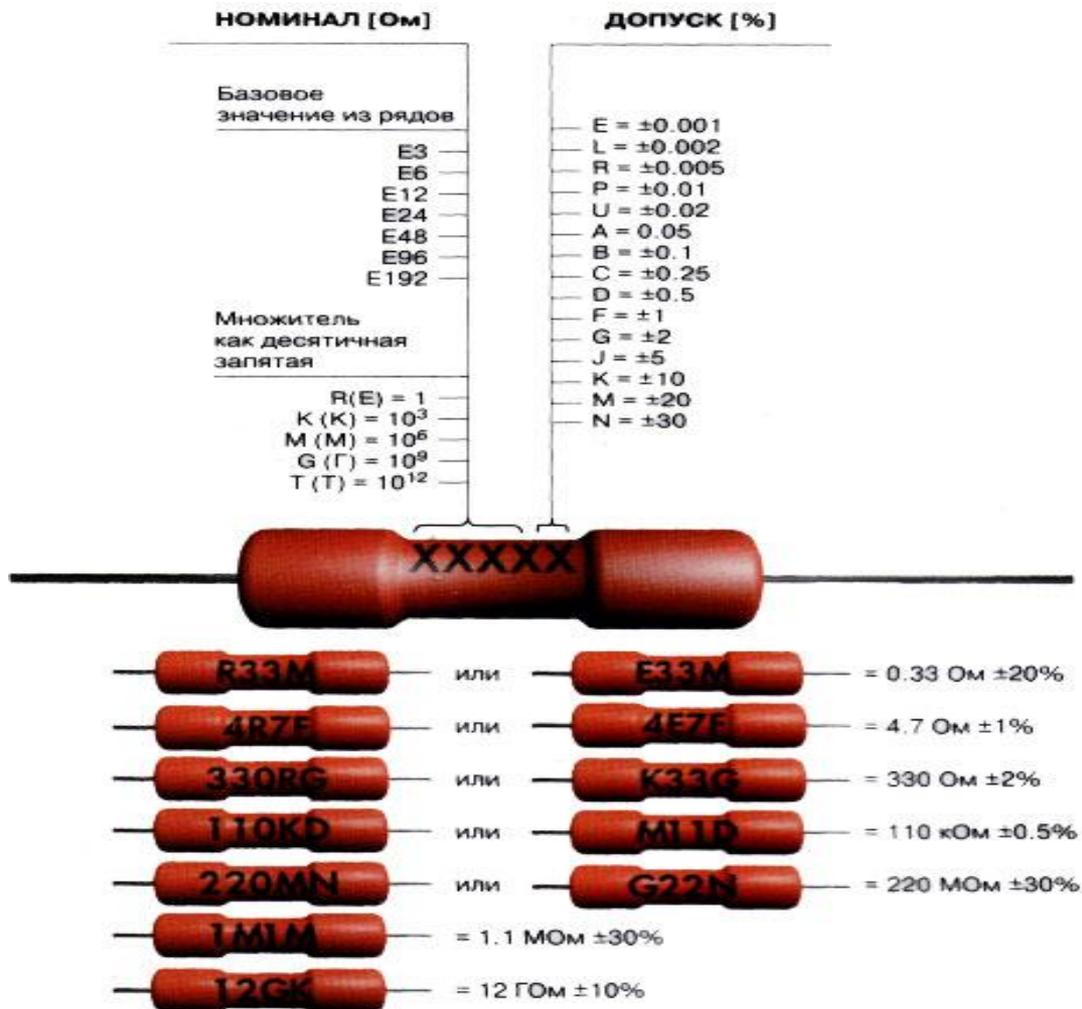


Потенциометр

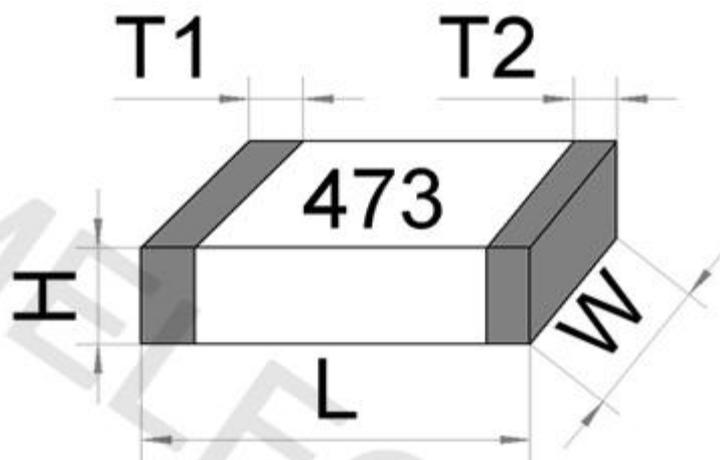




# Маркировка отечественных навесных резисторов



# Размеры SMD корпусов резисторов



| Типоразмер |      | L<br>(мм) | W<br>(мм) | H<br>(мм) | T1<br>(мм) | T2<br>(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.

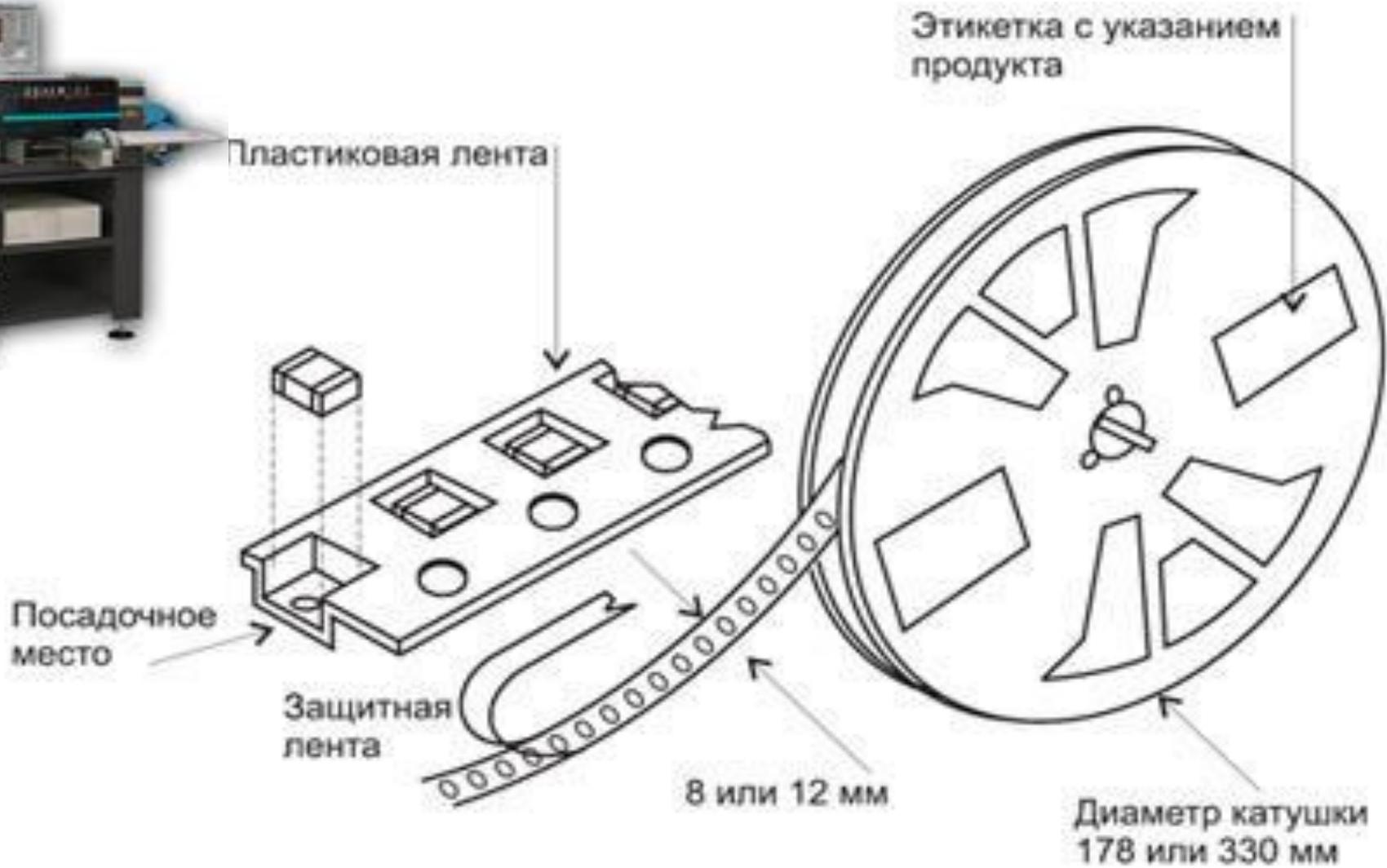
1 0 C

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**.

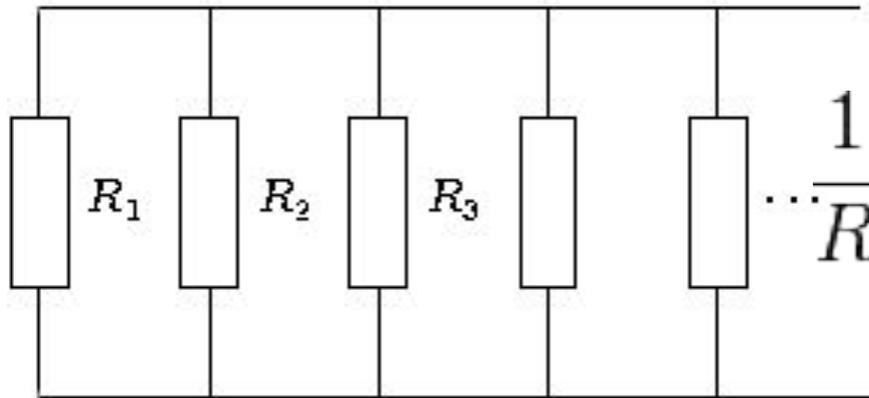
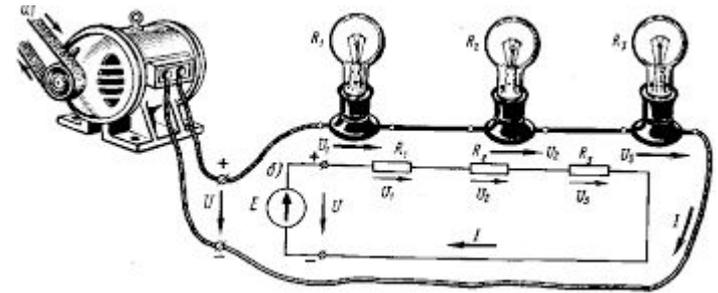
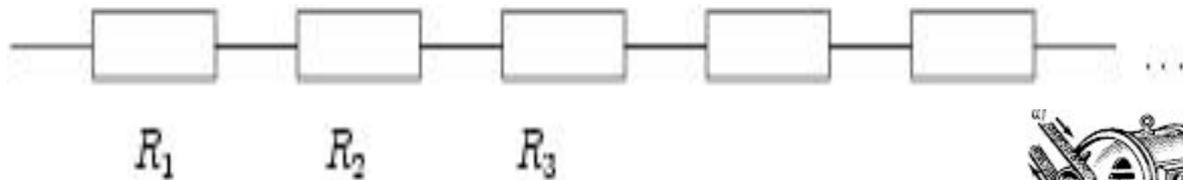
Пример: 10C = 124 x 10<sup>2</sup> = 12.4 кОм

# Кассета SMD компонентов для автомата установки компонентов



# Последовательное и параллельное соединение резисторов

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

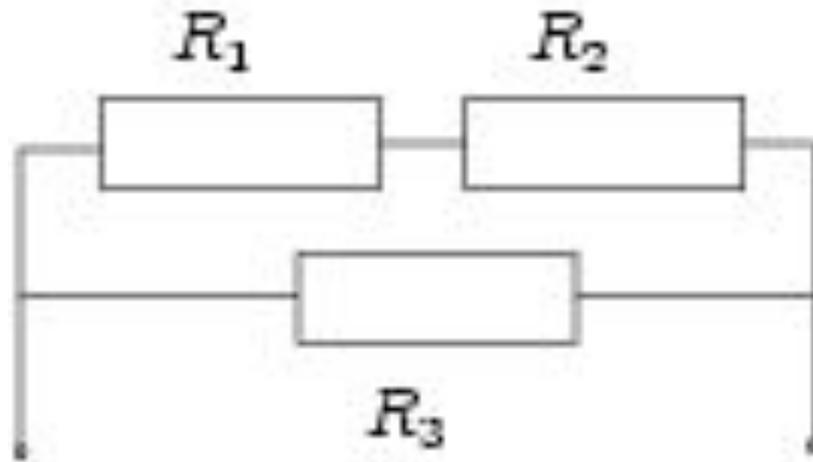


$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

Для двух параллельных резисторов

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

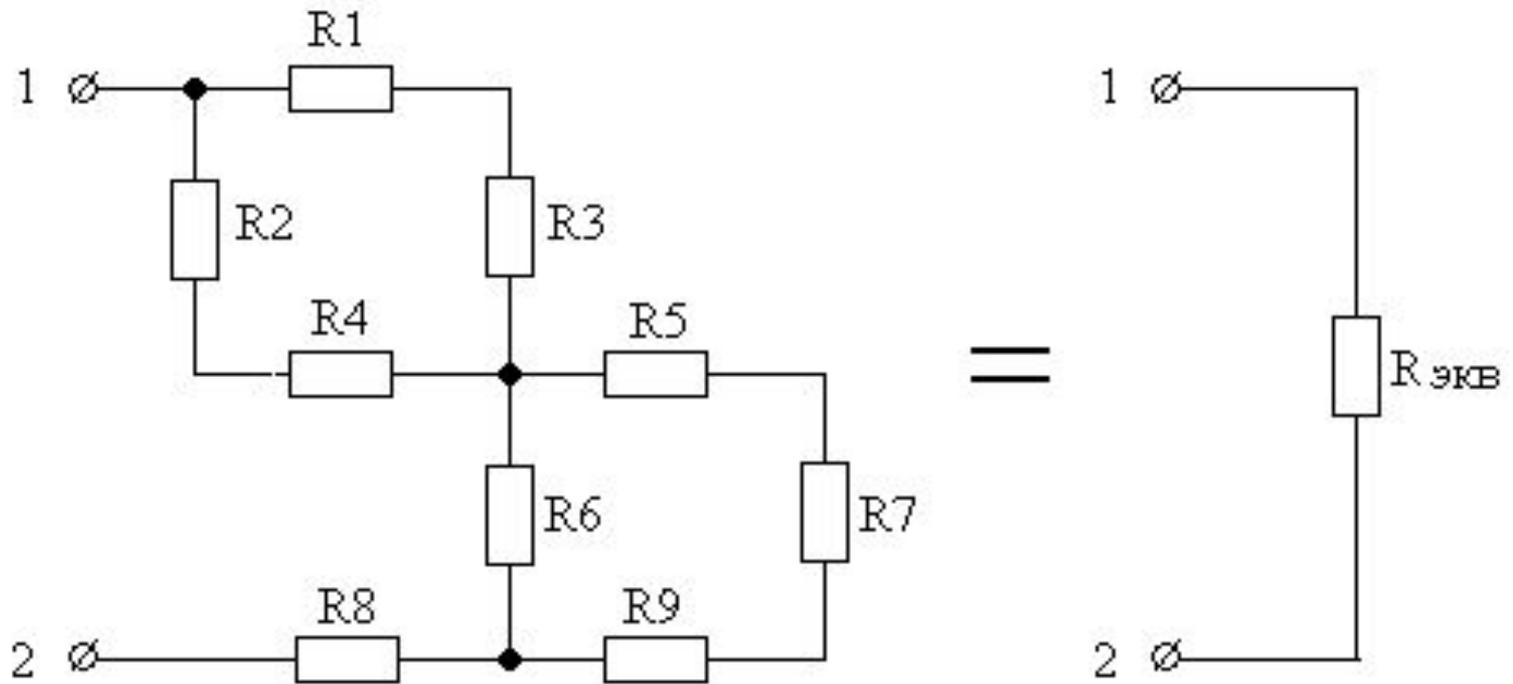
# Смешанная схема соединений резисторов



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.

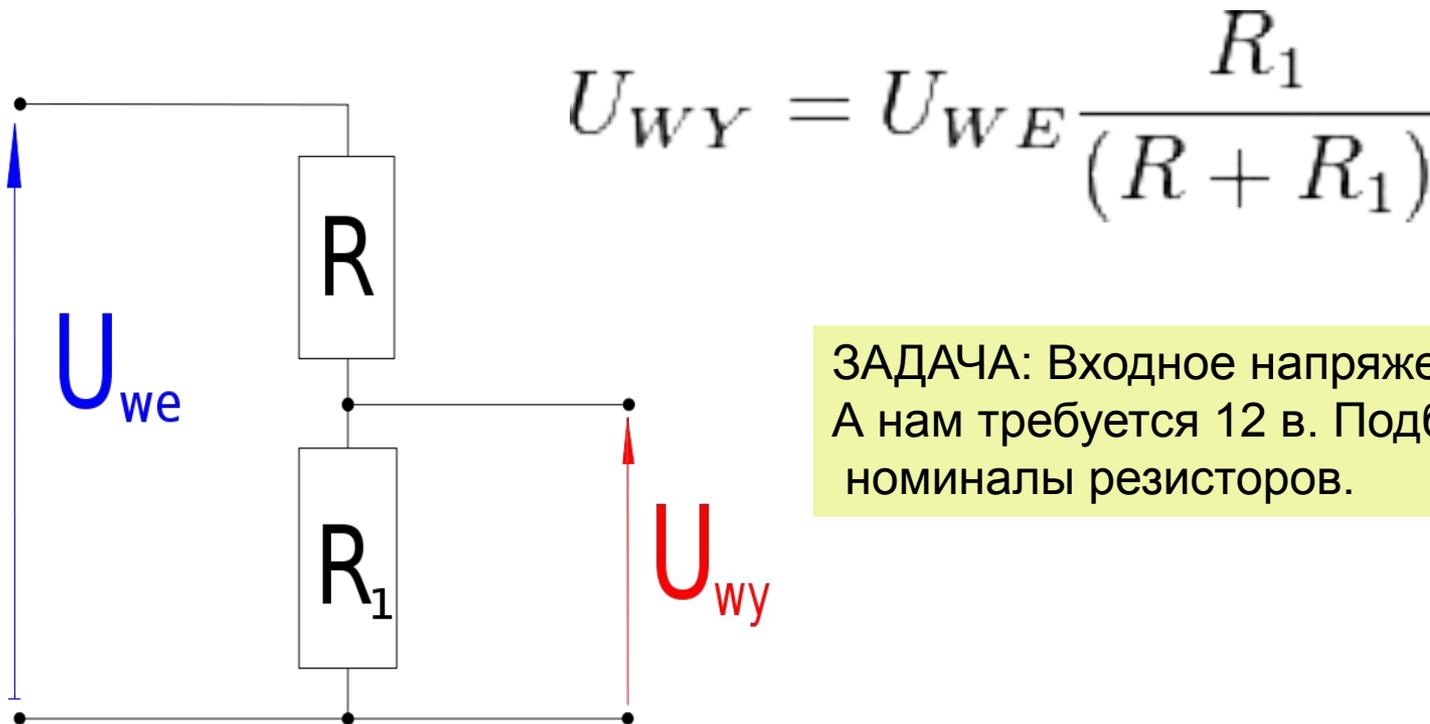
# Интуитивное правило оценки сопротивления схемы

- **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

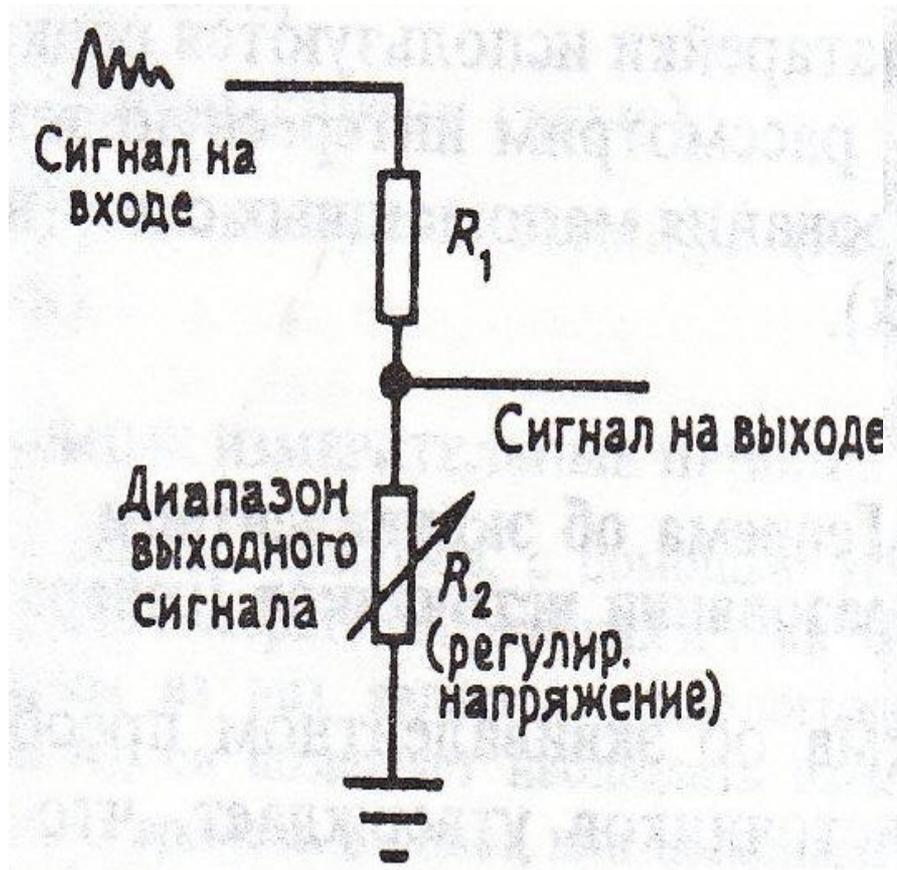
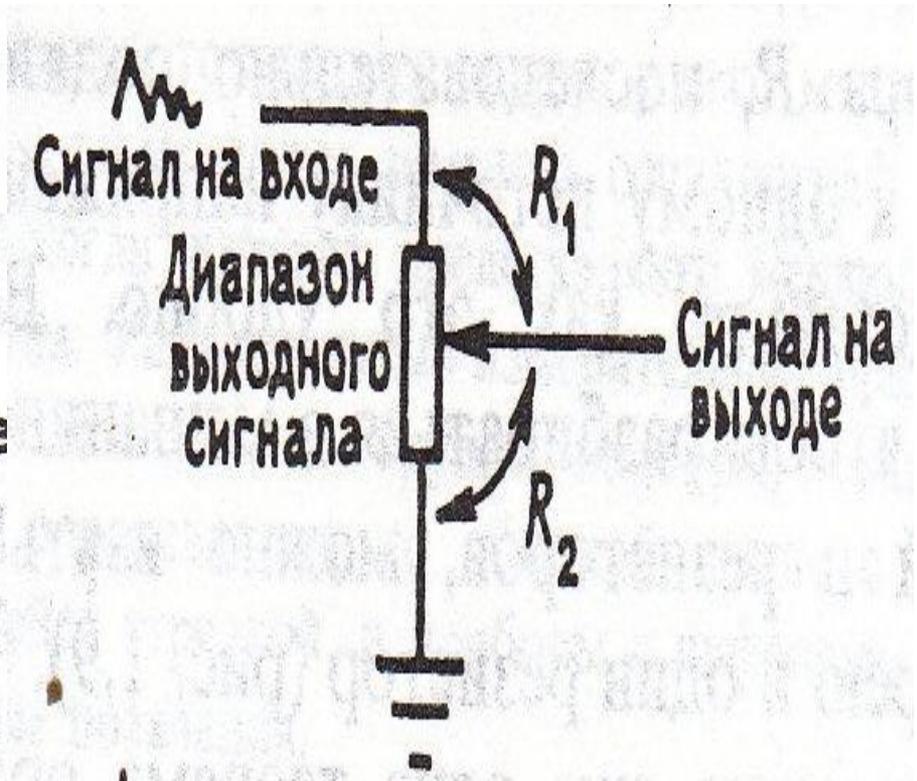


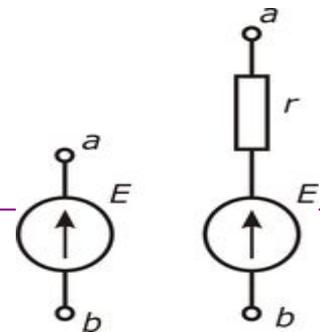
Схема с управляемым выходом



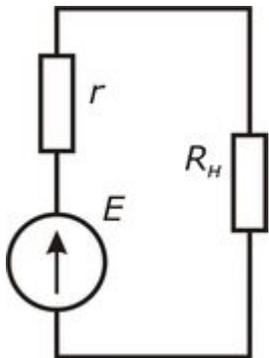
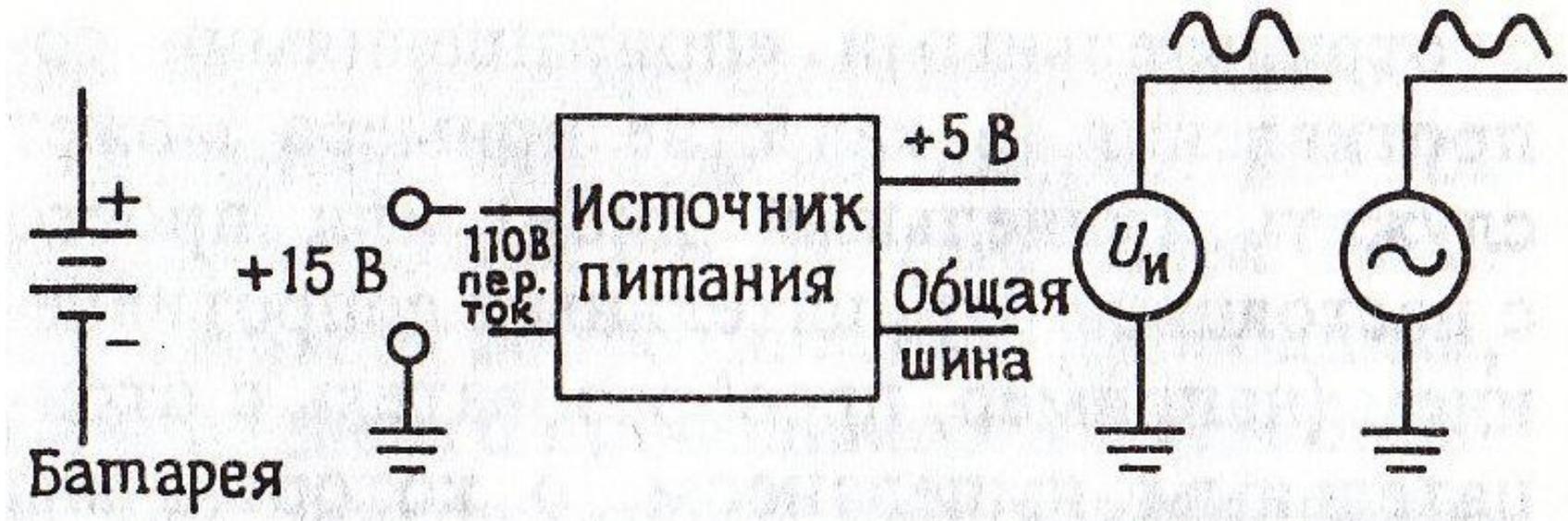
Реостатная схема

# 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.

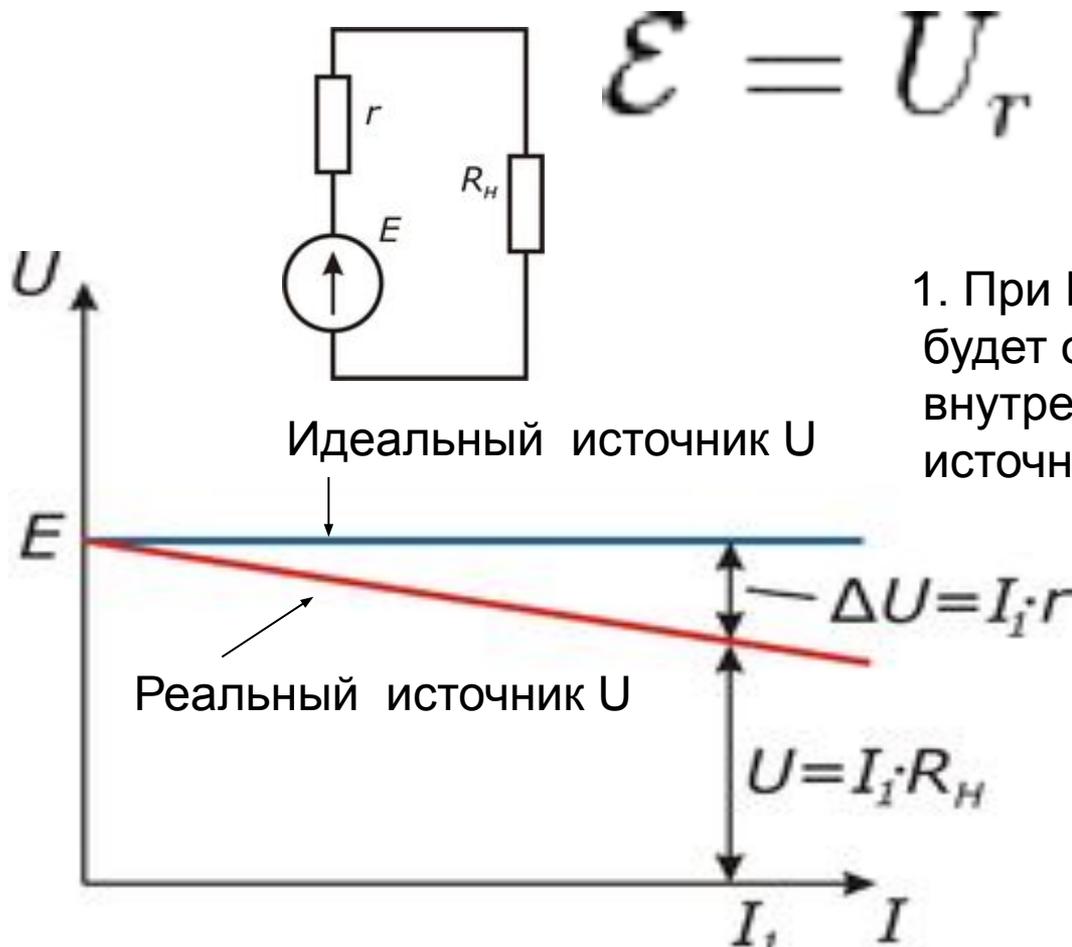


# Источник напряжения обозначения



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

# Нагрузочная характеристика реального источника напряжения



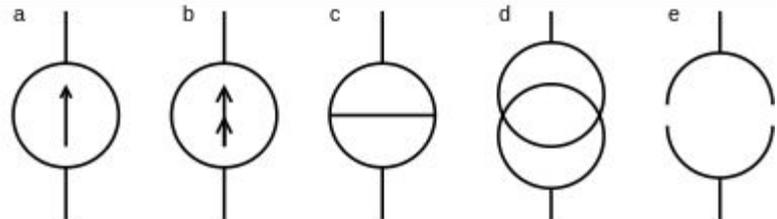
$$\mathcal{E} = U_r + U_R,$$

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

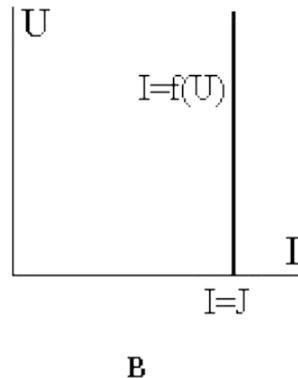
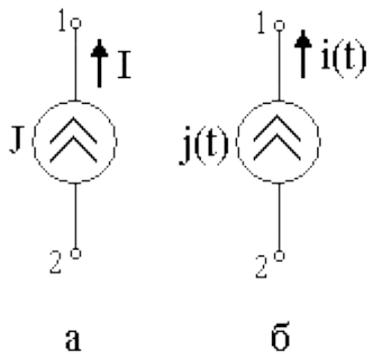
$$U_{\text{out}} = I \frac{R \cdot r}{R + r} = I \frac{R}{1 + R/r}.$$

делим на R

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

$P=UI$

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



Мощность реального источника тока отдаваемая в сеть равна

Источники тока не «любят» разомкнутые цепи.

# Понятие - динамическое сопротивление

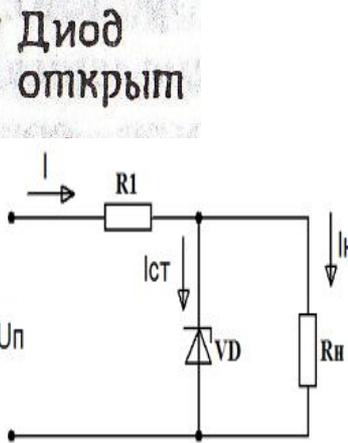
- Электронные устройства, в которых при работе ток не пропорционален напряжению и имеют нелинейную вольт амперную характеристику, обладают динамическим сопротивлением:  $\Delta U / \Delta I$



Линейная ВАХ



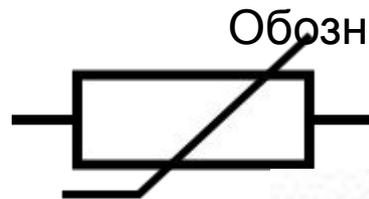
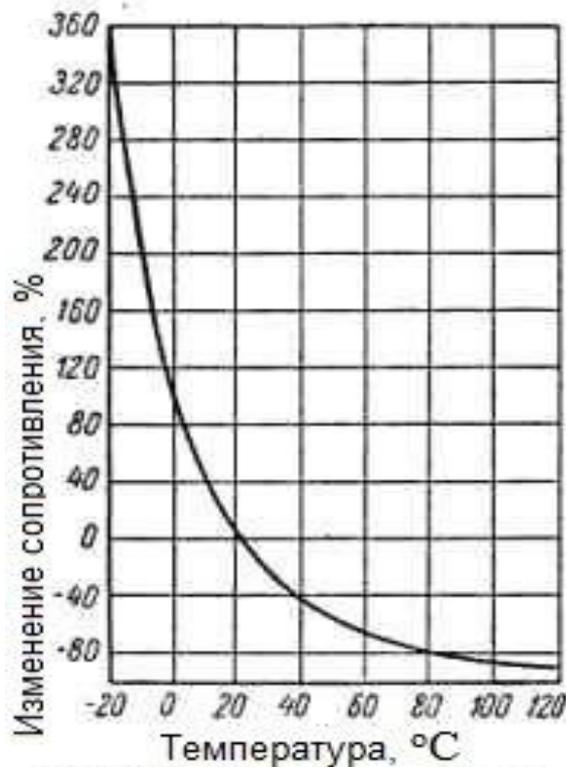
Нелинейная ВАХ



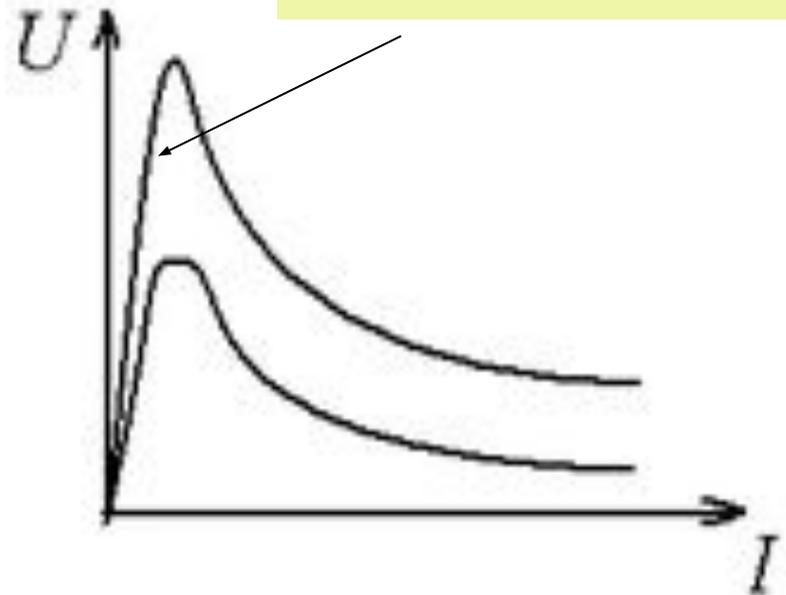
Динамическое сопротивление это отношение приращения напряжения к соответствующему приращению тока на вольт амперной характеристике

# Терморезистор

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

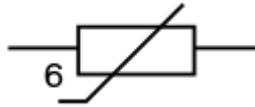
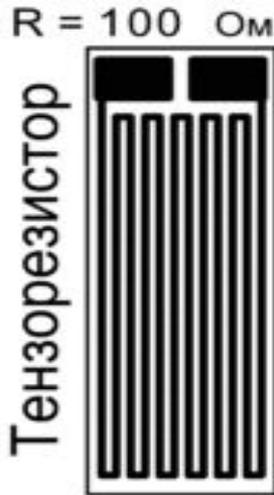


Выбирается рабочая точка на линейной части ВАХ

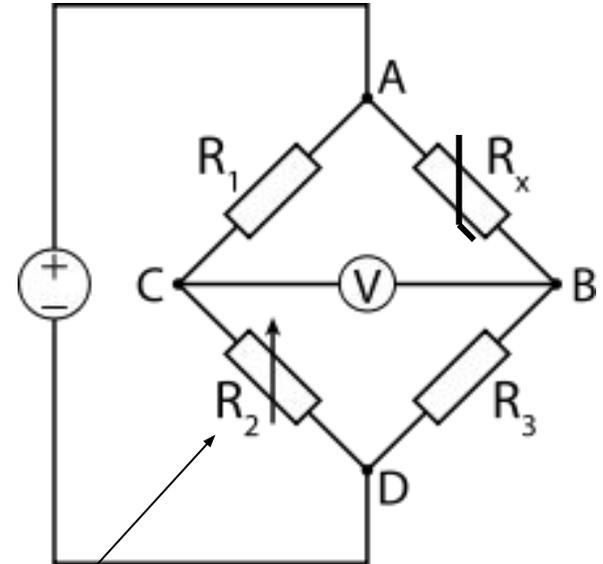


# Тензорезистор

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



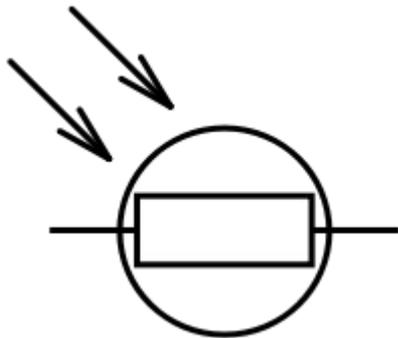
При соотношении  $R_1/R_2 = R_x/R_3$   
Напряжение между С и В равно нулю.  
При деформации  $R_x$  Меняет сопротивление и Появляется разница Потенциалов в С\_В



Для балансировки моста

# Фоторезистор

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



# Типы сигналов

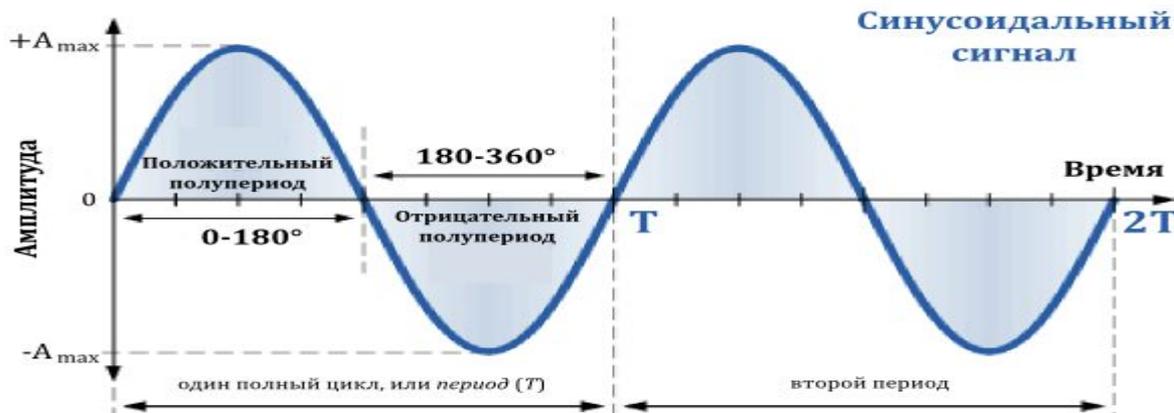
- Синусоидальные.
- Линейно-меняющиеся.
- Треугольный.
- Сигнал шумовой.
- Прямоугольный.
- Импульсный.
- Скачкообразный и пиковый.
- Аналоговый и дискретный сигнал.

# Синусоидальный сигнал

- Математическое выражение описывающее синусоидальный сигнал.

$$U = A \sin 2\pi ft$$

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

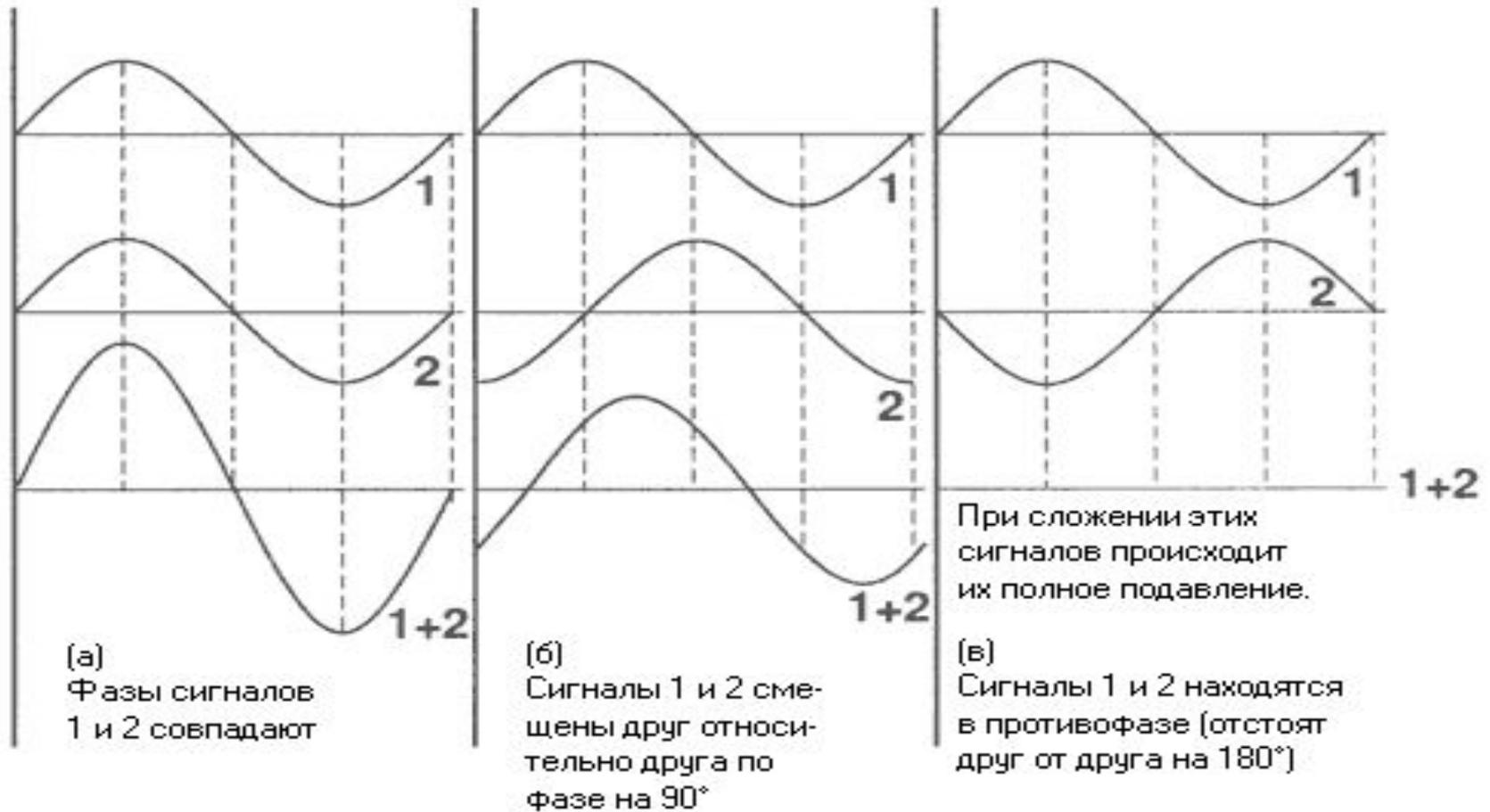


Поведение схемы принято оценивать по амплитудно-частотной характеристике

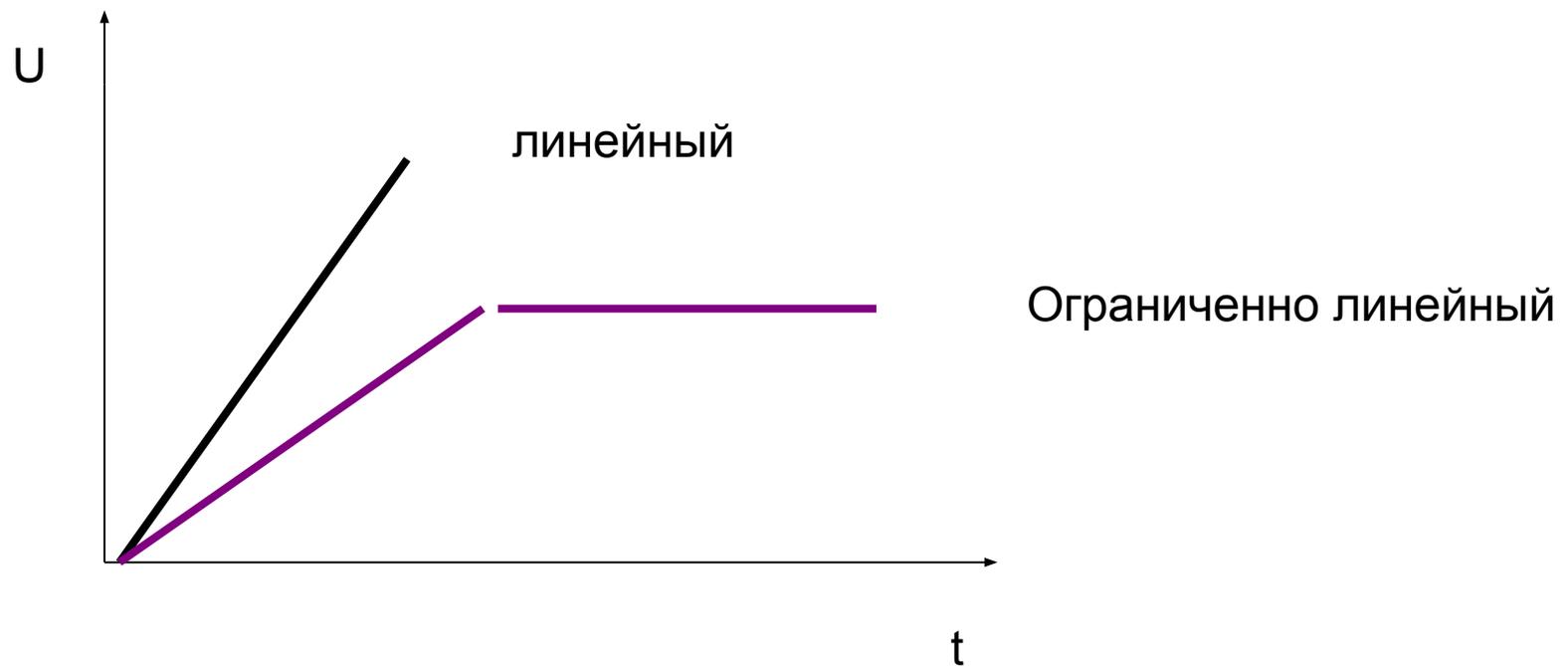
# Синусоидальный сигнал

- 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

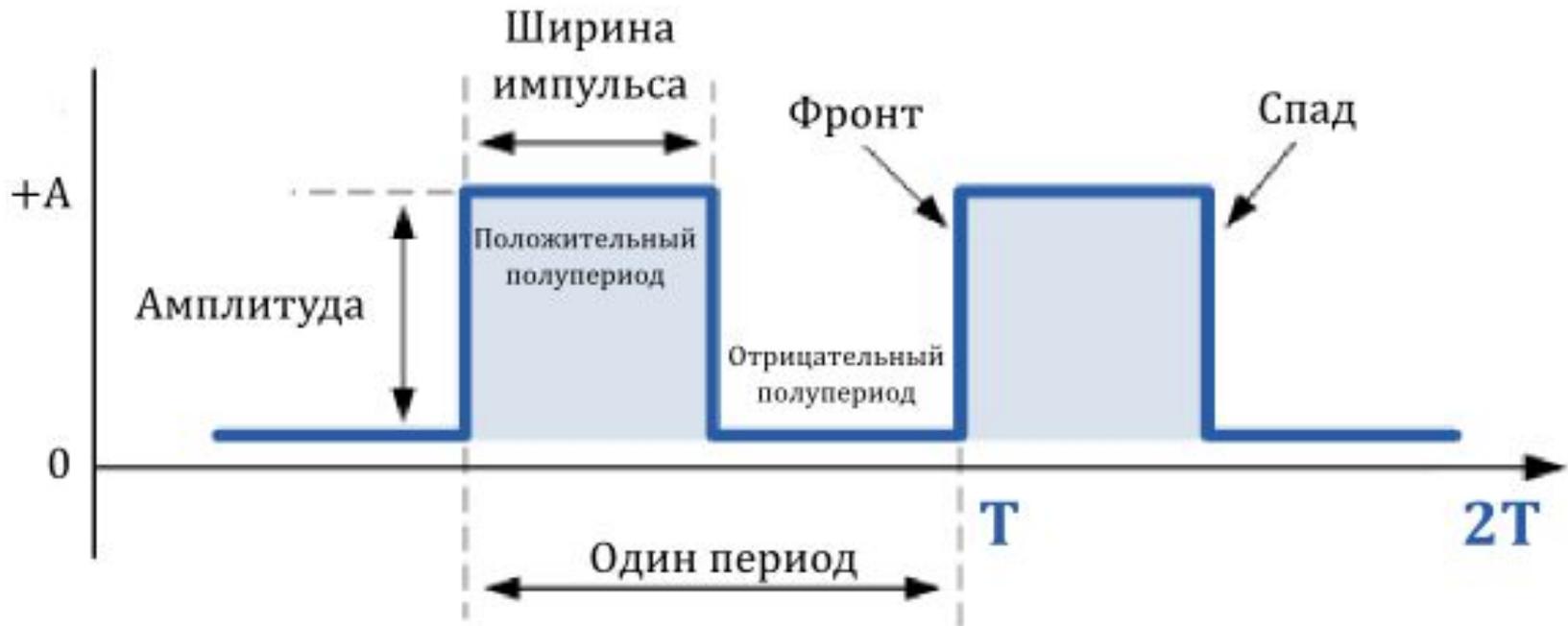


# Линейно меняющийся сигнал



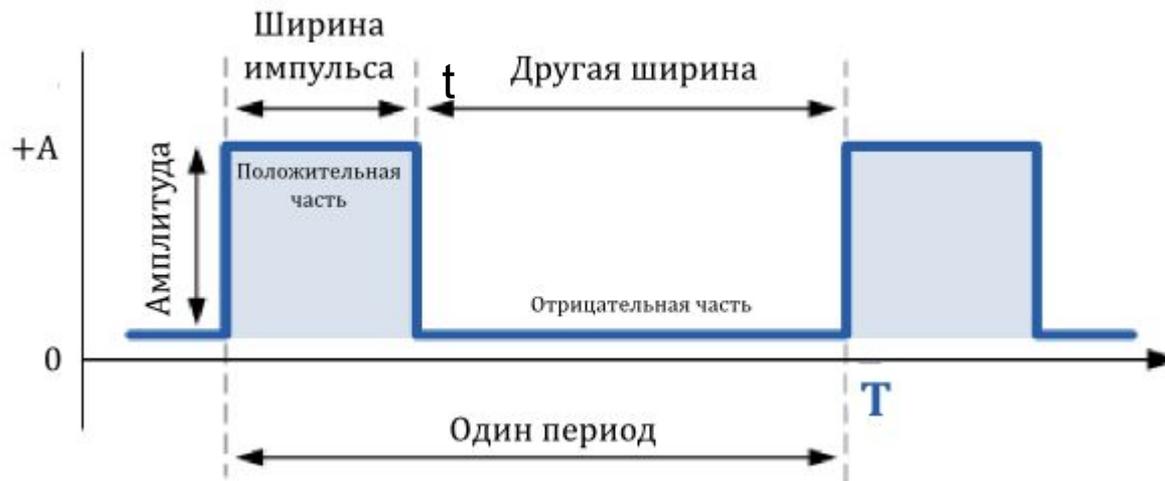
# Меандр

- Форма меандра симметрична



# Прямоугольный сигнал

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

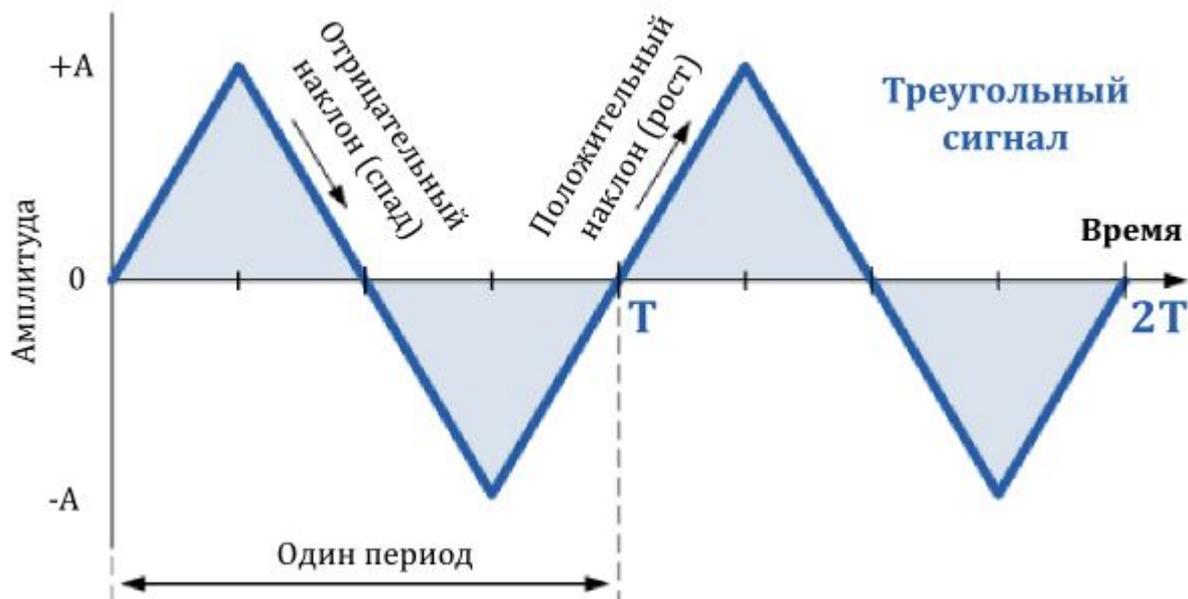


$$S = \frac{T}{t}$$

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

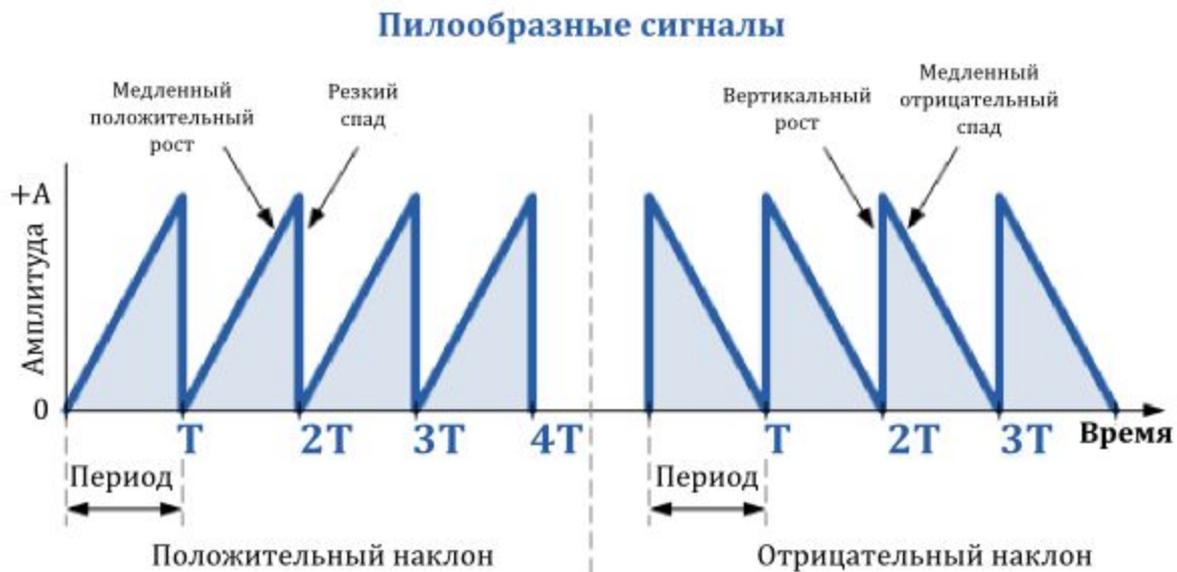
# Треугольные сигналы

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



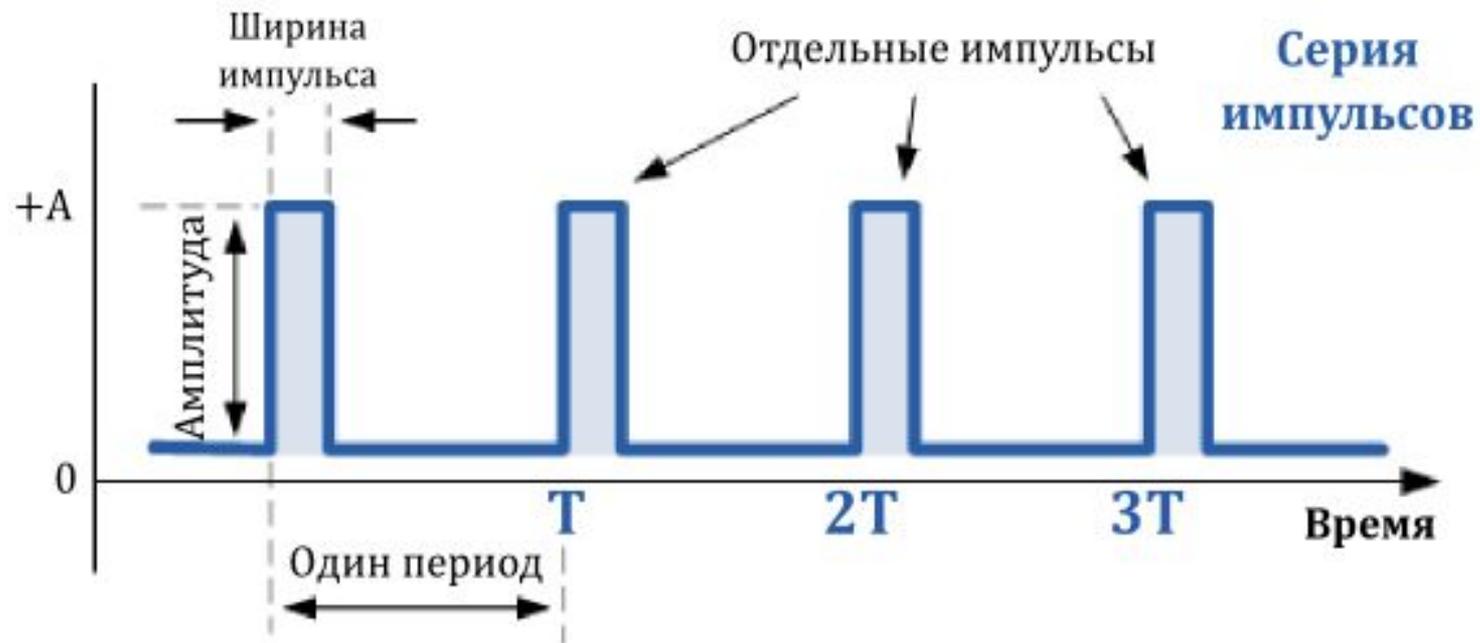
# Треугольный сигнал

- Периодический сигнал характерной формы.



# Импульсный сигнал

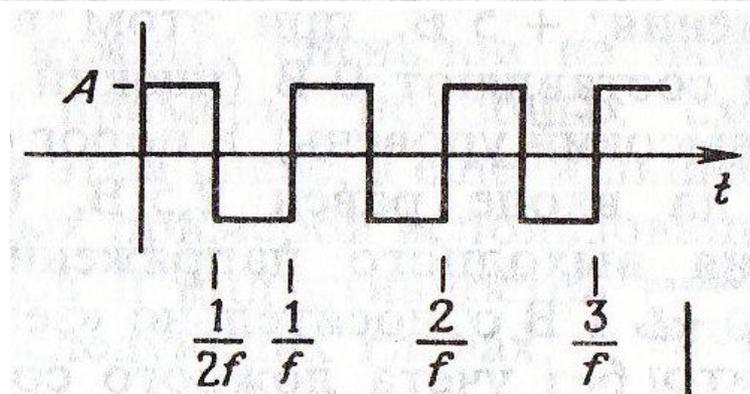
- Непериодический сигнал – одиночный.



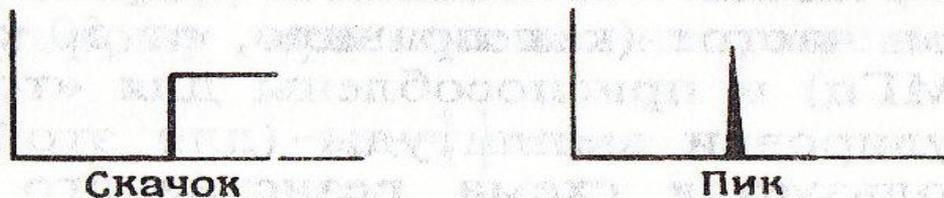
# Другие виды сигналов



Шумовой сигнал



Прямоугольный дифференциальный



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

# Схемы на резисторах

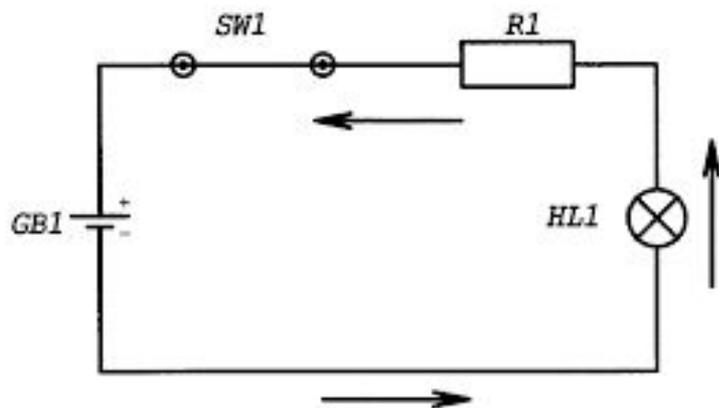


Рис. 7.3. Та же схема с добавленным резистором позволяет получить любую освещенность

