

# ВМСиС

## Лекция 3

Транзисторная логика, сумматоры

# Проводники и диэлектрики

Электрический ток - это направленное движение носителей заряда

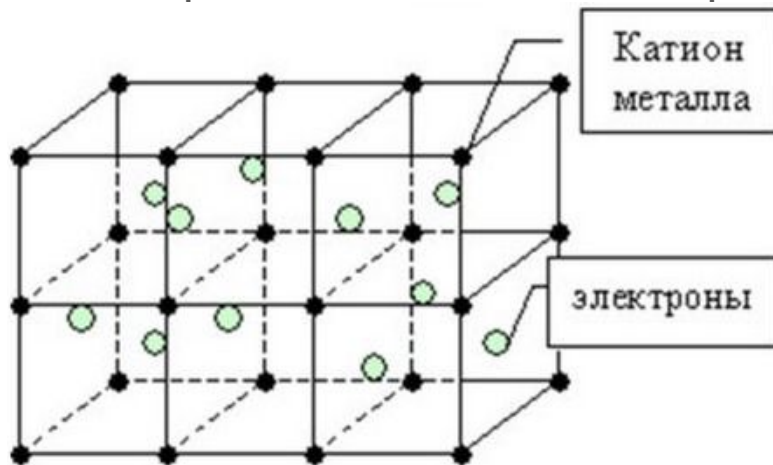
- Проводники проводят электрический ток
- Диэлектрики не проводят

# Проводники (conductors)

Проводником является вещество содержащее свободные носители заряда

По типу носителей заряда проводники можно разделить на две группы:

- Проводники с электронной проводимостью — металлы
- Проводники с ионной проводимостью — электролиты



# Диэлектрики (insulators)

Диэлектриком является вещество не проводящее или очень слабо проводящее электрический ток

- Полимеры
- Газы
- Минеральные масла и т.д.

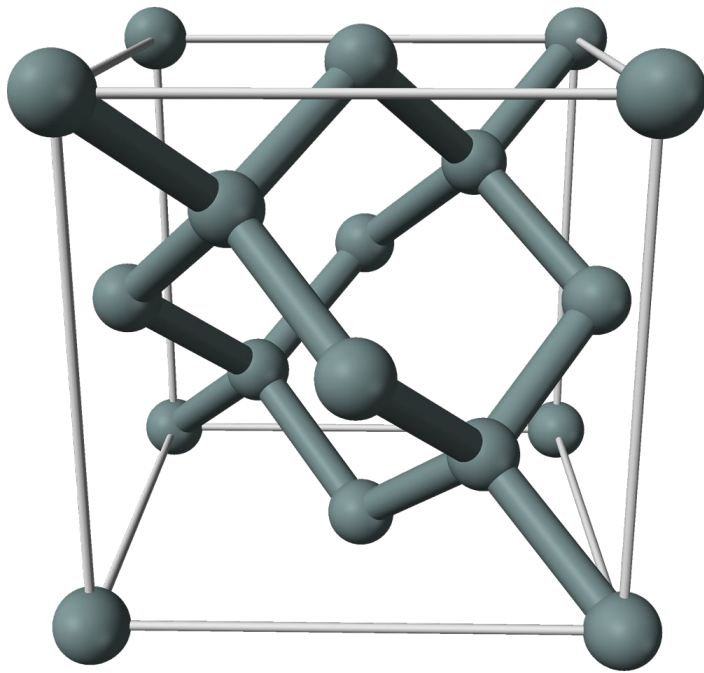
# Полупроводники (semiconductors)

Полупроводником является вещество изменяющее свою проводимость в зависимости от наличия примесей и воздействий внешней среды

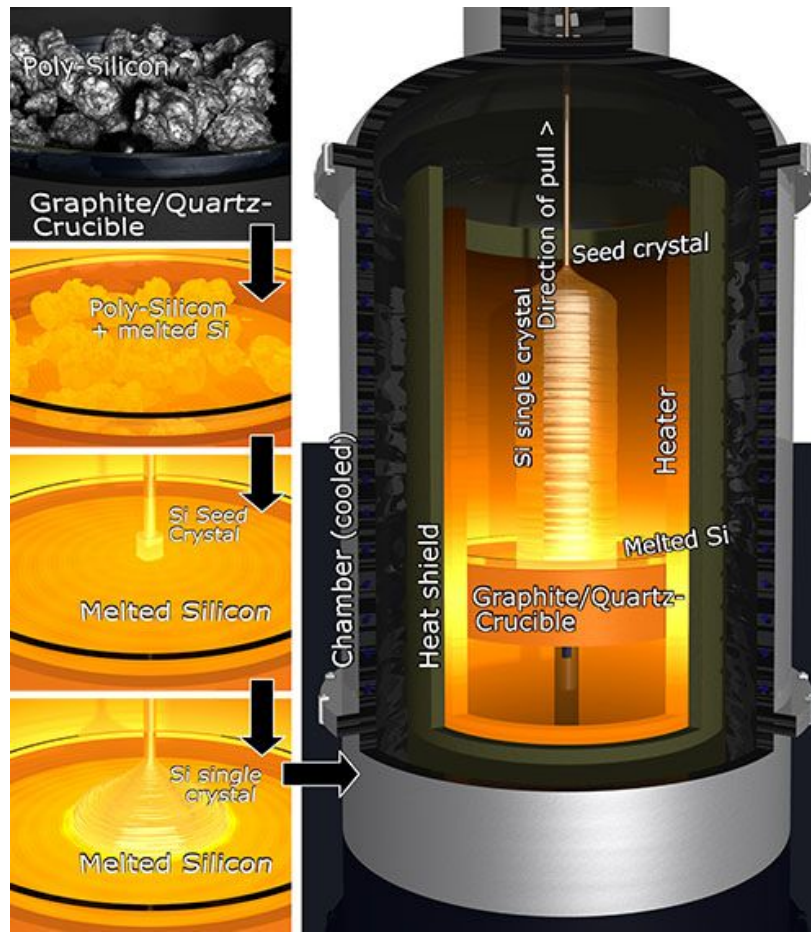
Свойства полупроводников:

- Кристаллическая структура
- Ширина запрещенной зоны составляет 0.3 - 10 эВ
- Энергия связи электронов 1-2 эВ

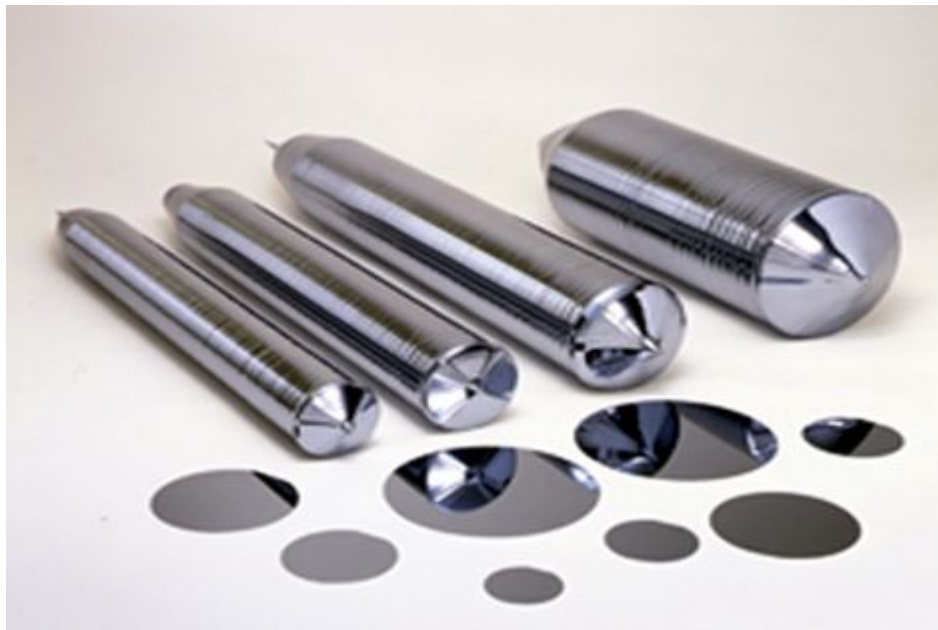
# Монокристаллический кремний



# Выращивание кристалла

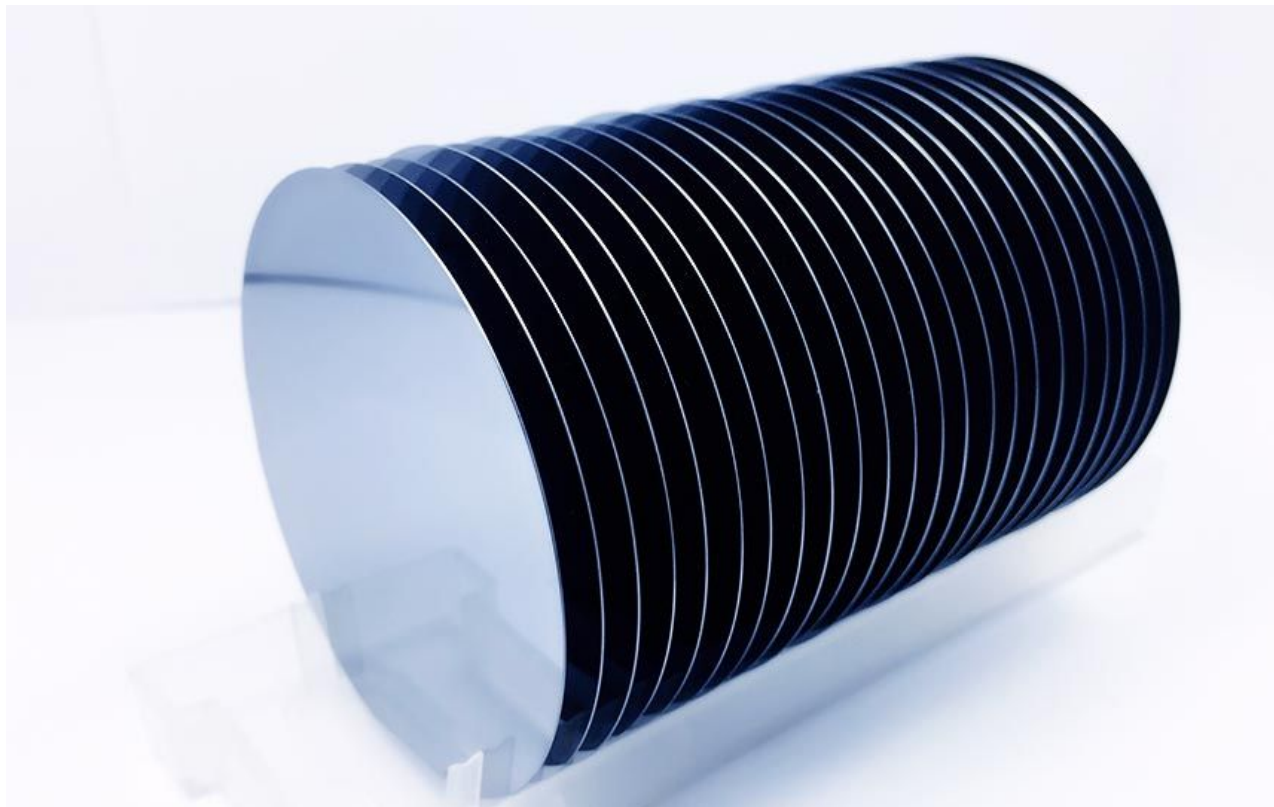


# Монокристаллический кремний





# Кремниевая подложка (silicon wafer)



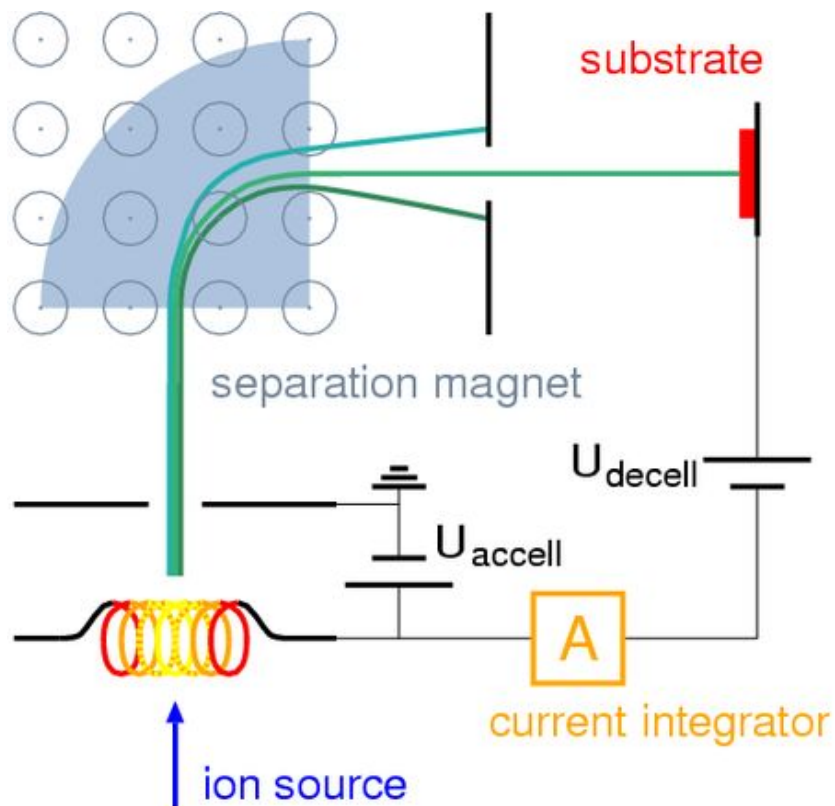
# Легирование полупроводника (doping)

Легирование - процесс внесения примеси в вещество для получения особых эффектов

При внесении примеси в кристаллическую структуру кремния, они образуют связи:

- с получением свободных электронов — n-type (negative)
- или дырок — p-type (positive)

# Ионная имплантация



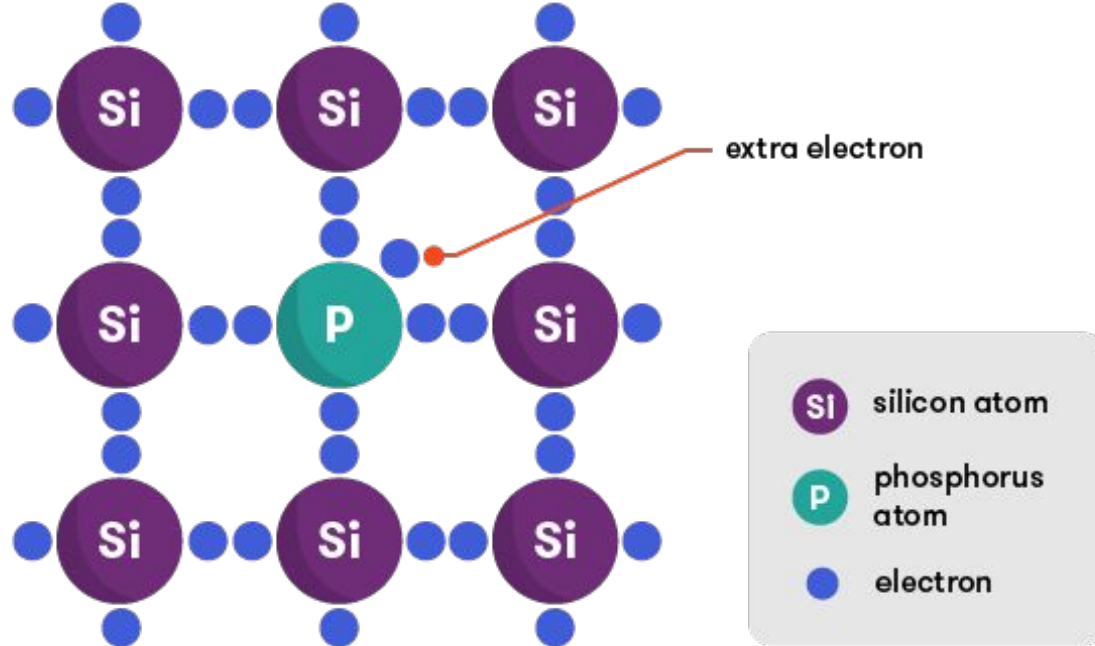
# Каким элементом легировать?

II	III	IV	V	
<div>4</div> <div>9.0122</div> <div>В</div> <div>Borum</div> <div>Бор</div>	<div>5</div> <div>10.811</div> <div>С</div> <div>Carboneum</div> <div>Углерод</div>	<div>6</div> <div>12.011</div> <div>Н</div> <div>Nitrogenium</div> <div>Азот</div>	<div>7</div> <div>14.007</div> <div>О</div> <div>Oxygen</div> <div>Кислород</div>	
<div>12</div> <div>24.305</div> <div>Al</div> <div>Aluminium</div> <div>Алюминий</div>	<div>13</div> <div>28.982</div> <div>Si</div> <div>Silicium</div> <div>Кремний</div>	<div>14</div> <div>28.086</div> <div>P</div> <div>Phosphorus</div> <div>Фосфор</div>	<div>15</div> <div>30.974</div> <div>S</div> <div>Sulfur</div> <div>Сера</div>	
<div>20</div> <div>40.08</div> <div>Sc</div> <div>Scandium</div> <div>Скандий</div>	<div>21</div> <div>44.956</div> <div>Ti</div> <div>Titanium</div> <div>Титан</div>	<div>22</div> <div>47.90</div> <div>V</div> <div>Vanadium</div> <div>Ванадий</div>	<div>23</div> <div>50.942</div> <div>Cr</div> <div>Chromium</div> <div>Хром</div>	<div>24</div> <div>51.996</div> <div>Mn</div> <div>Manganese</div> <div>Марганец</div>
<div>30</div> <div>65.38</div> <div>Zn</div> <div>Zincum</div> <div>Цинк</div>	<div>31</div> <div>69.72</div> <div>Ga</div> <div>Gallium</div> <div>Галлий</div>	<div>32</div> <div>72.50</div> <div>Ge</div> <div>Germanium</div> <div>Германий</div>	<div>33</div> <div>74.9216</div> <div>As</div> <div>Arsenicum</div> <div>Мышьяк</div>	<div>34</div> <div>78.9718</div> <div>Se</div> <div>Selenium</div> <div>Селен</div>
<div>38</div> <div>87.62</div> <div>K</div> <div>Potassium</div> <div>Калий</div>	<div>39</div> <div>89.904</div> <div>Y</div> <div>Yttrium</div> <div>Иттрий</div>	<div>40</div> <div>91.224</div> <div>Zr</div> <div>Zirconium</div> <div>Цирконий</div>	<div>41</div> <div>92.906</div> <div>Nb</div> <div>Niobium</div> <div>Ниобий</div>	<div>42</div> <div>95.94</div> <div>Mo</div> <div>Molybdenum</div> <div>Молибден</div>

# Легируем элементом с дополнительным электроном

## N (negative) -тип — электронная проводимость

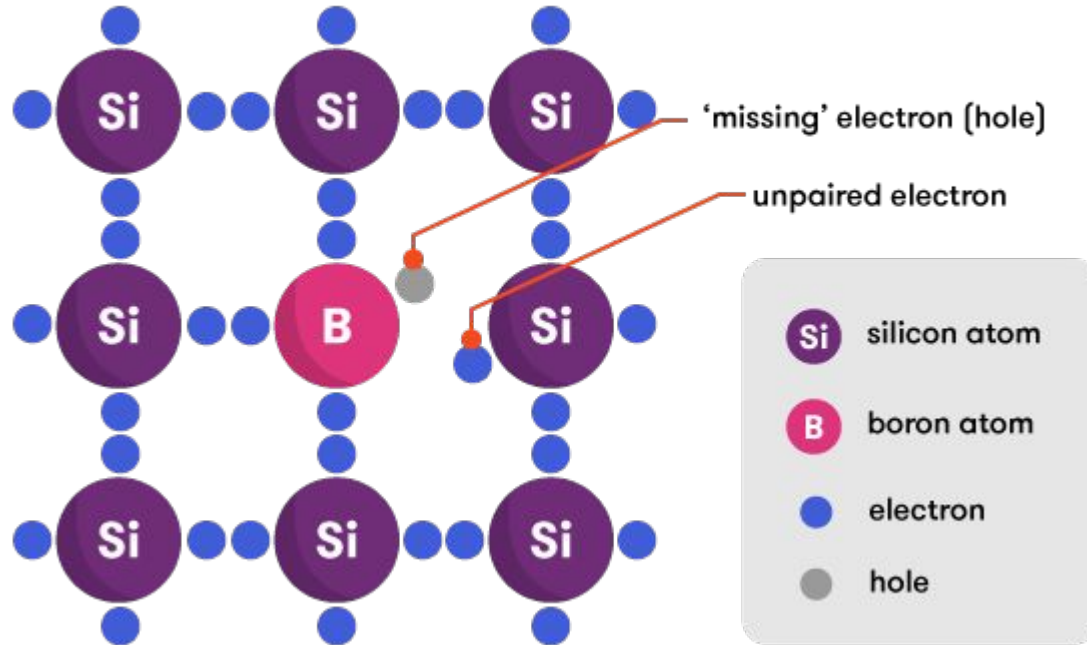
**n-type material**



# Легируем элементом с отсутствующим электроном

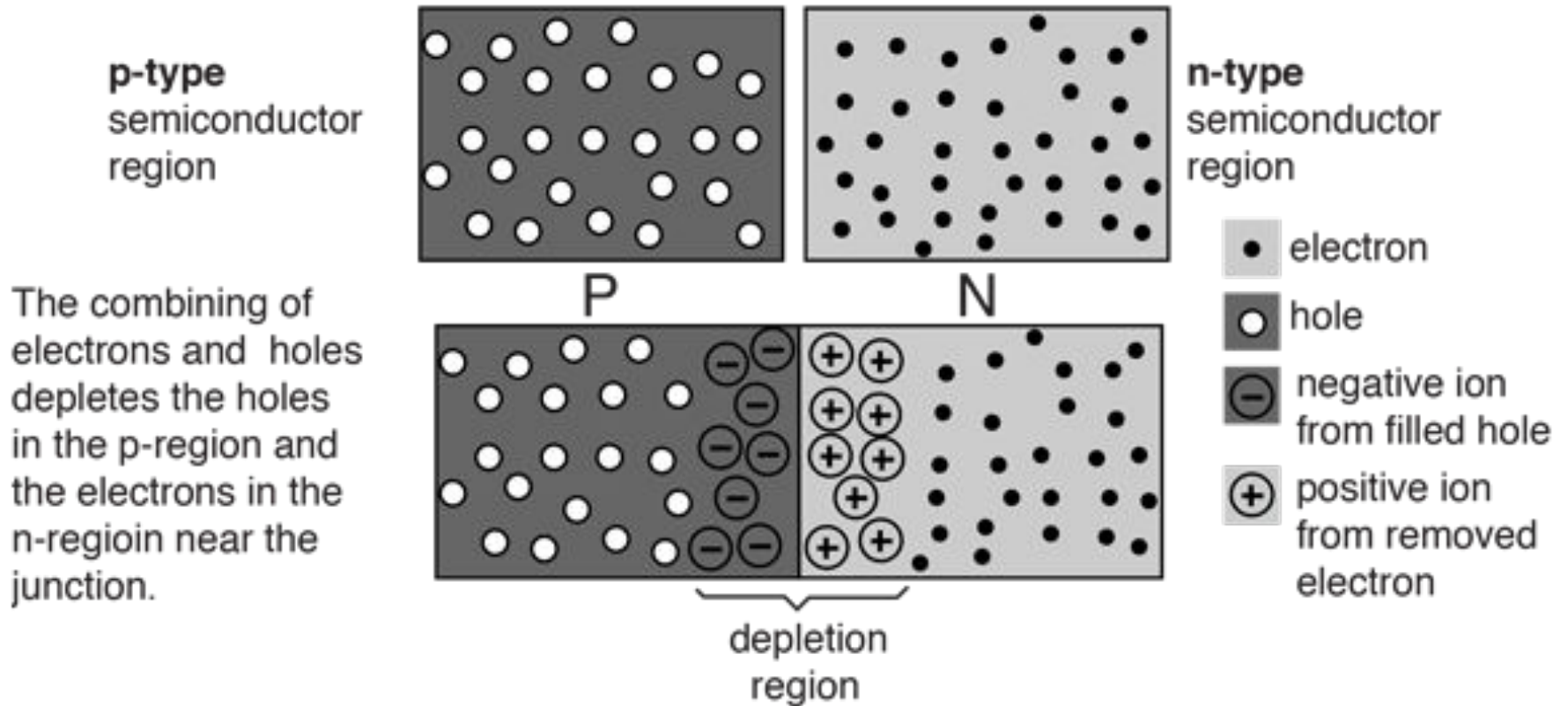
## P(positive)-тип — дырочная проводимость

**p-type material**

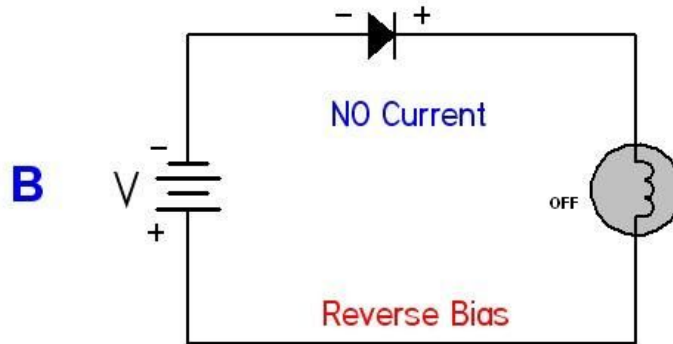
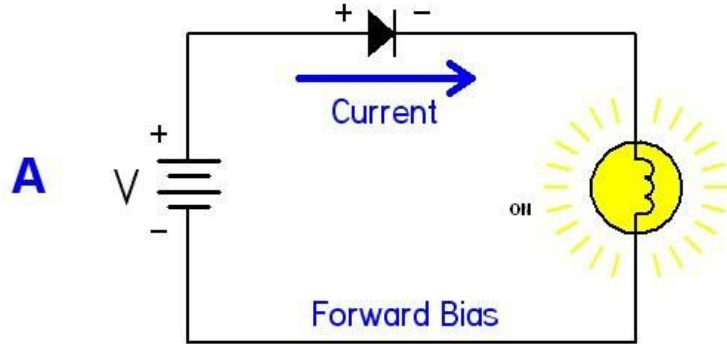


# Соединим два типа полупроводника

## p-n переход

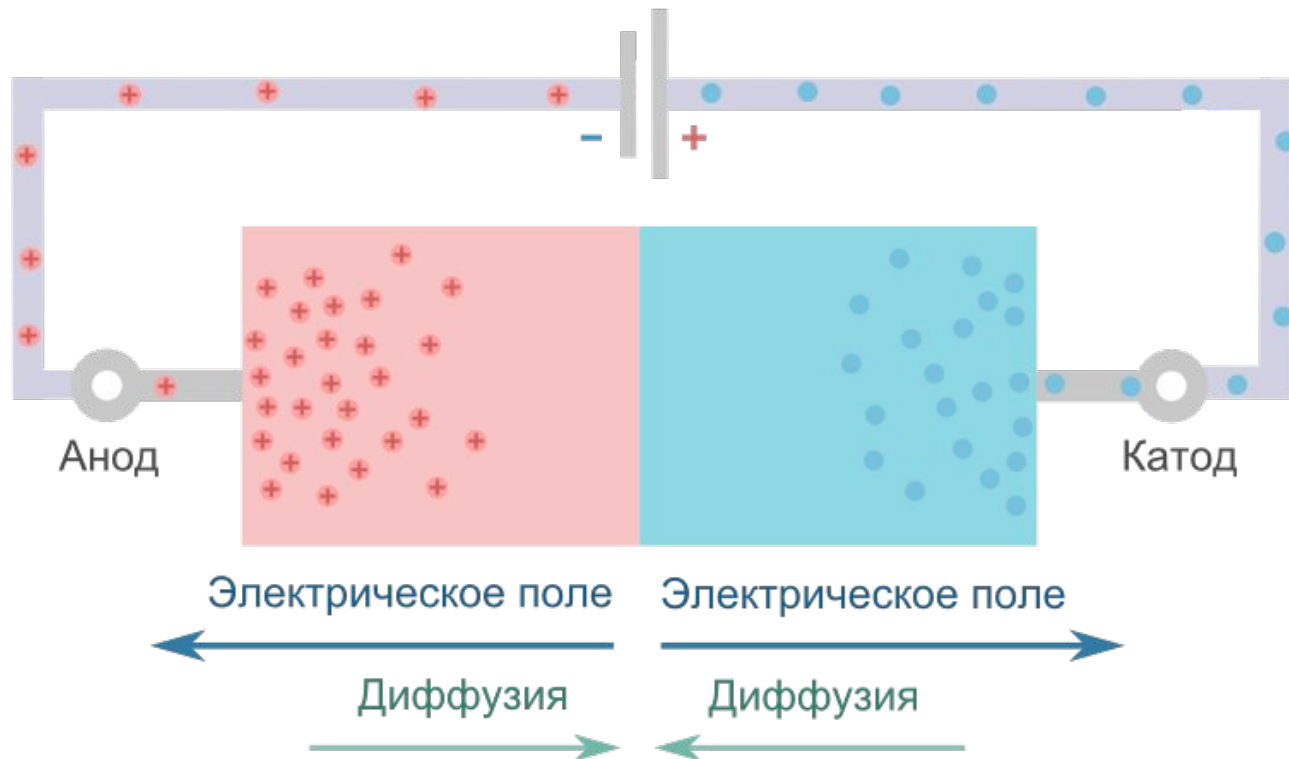


Диод — элемент содержащий один p-n переход

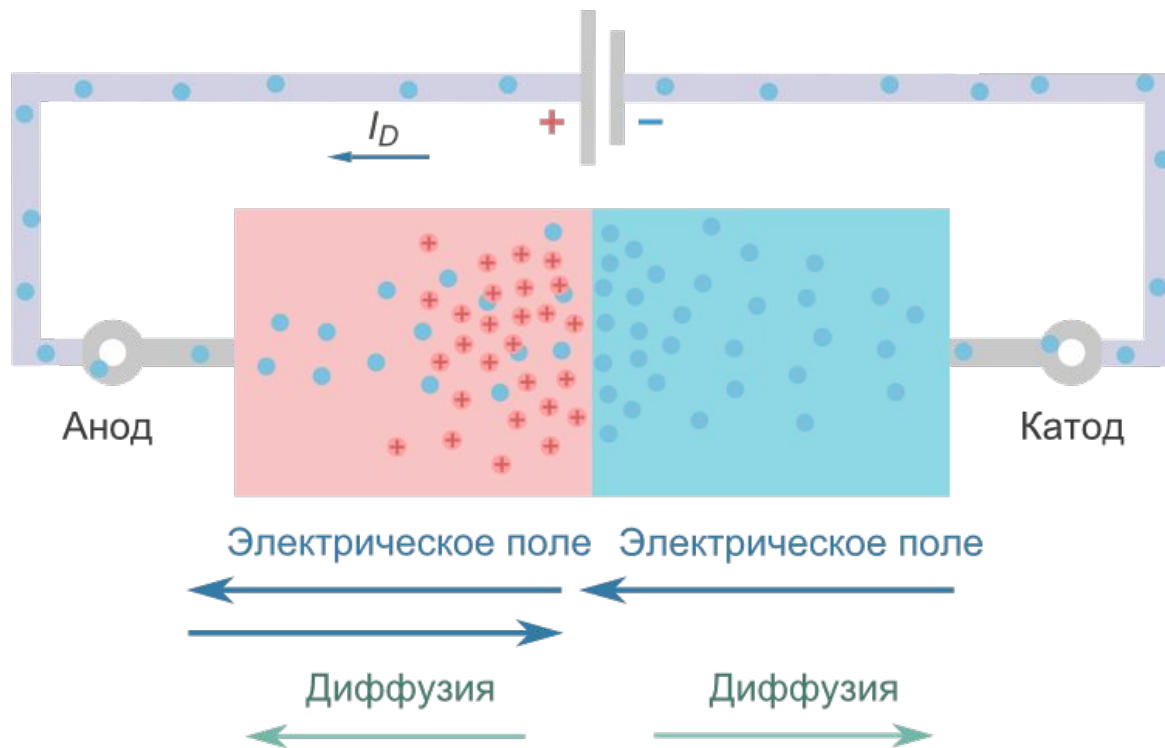




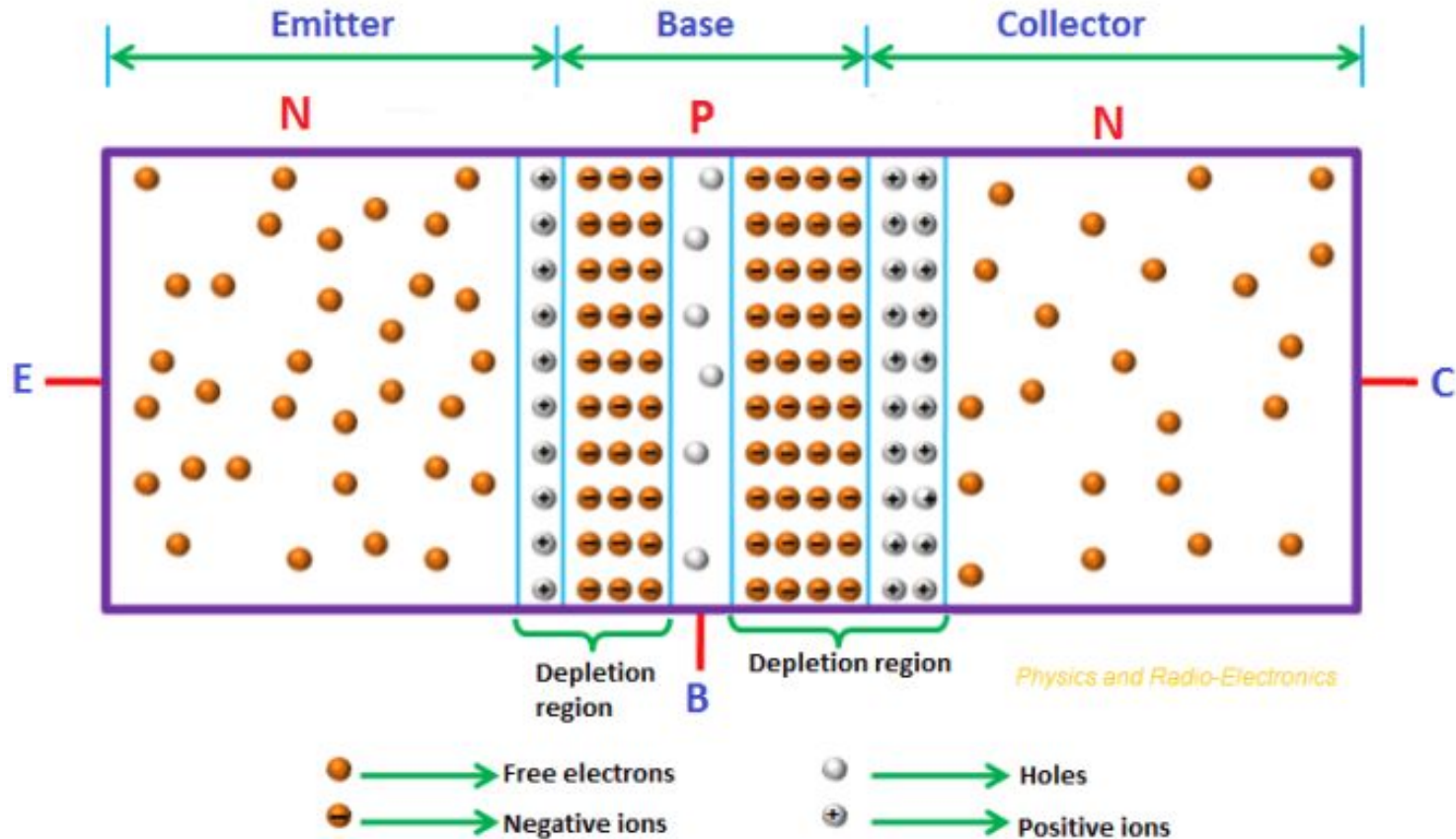
# Обратное включение диода



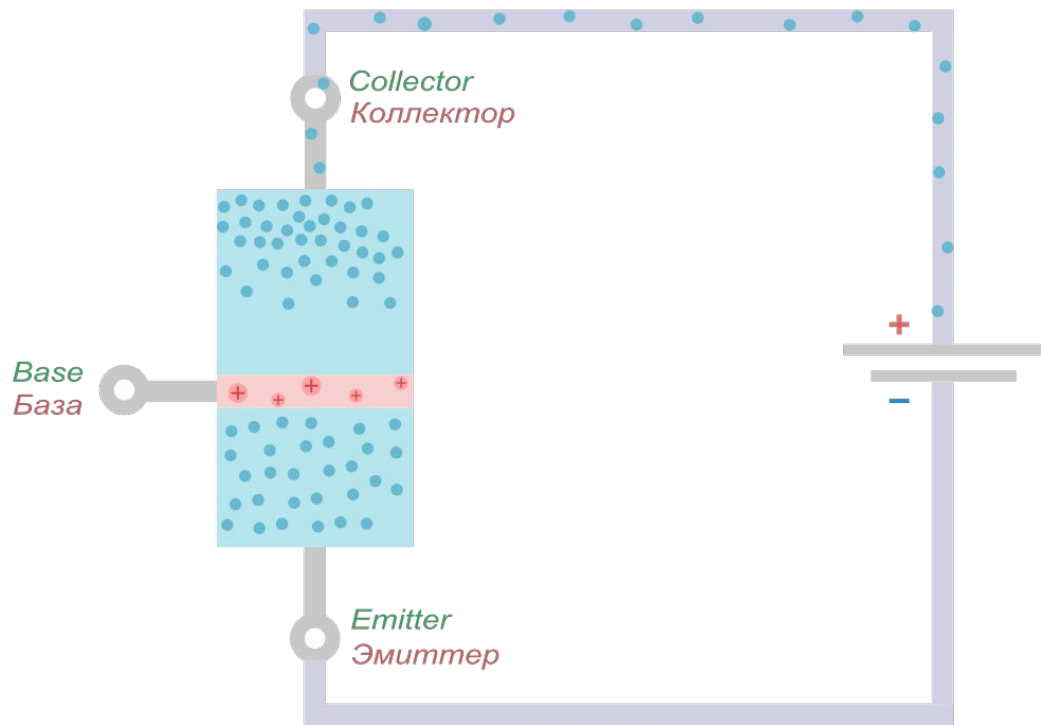
# Прямое включение диода



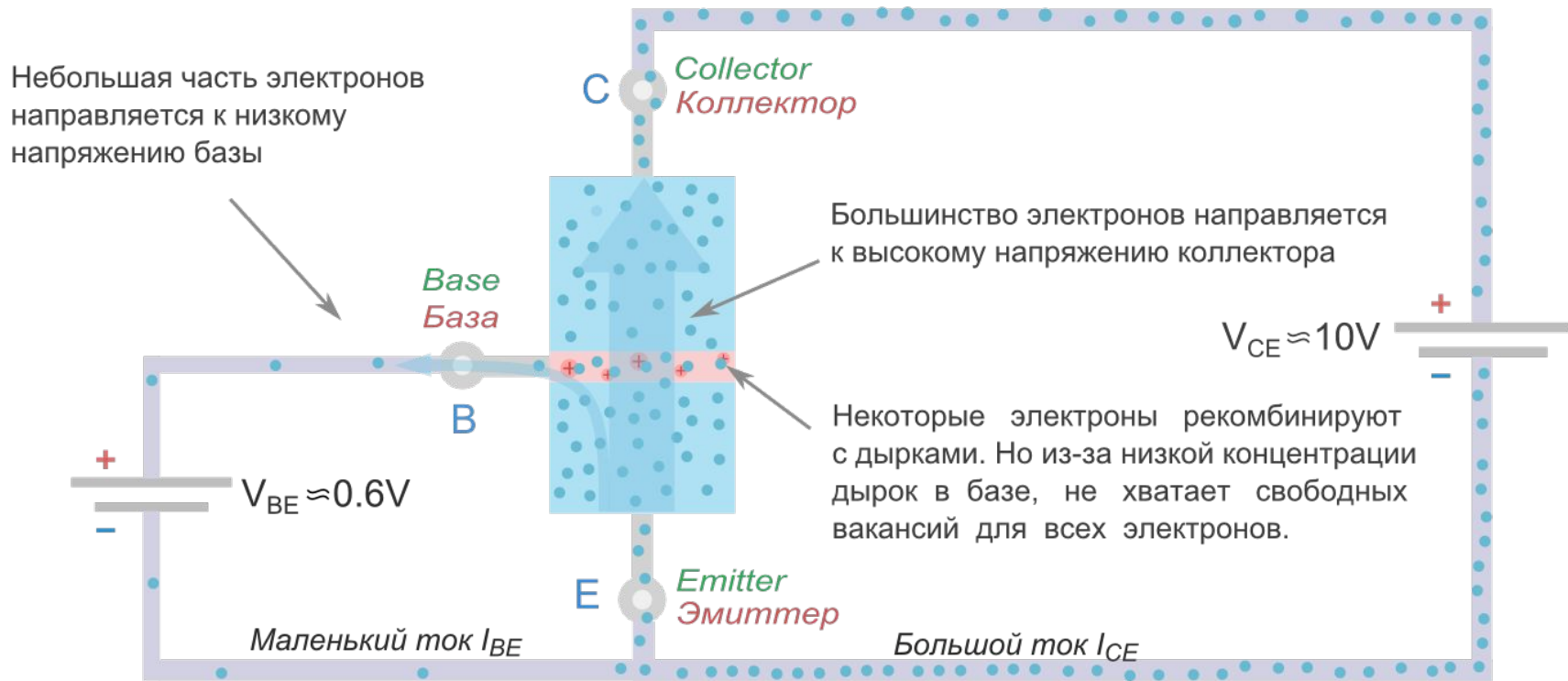
# Соединим два диода — n-p-n переход



# Биполярный транзистор



Подключение напряжения между коллектором и эмиттером



Подключение двух источников питания:

1. Низкой мощности между базой и эмиттером  $V_{BE}$
2. Высокой мощности между коллектором и эмиттером  $V_{CE}$

# Логические элементы

**Логический элемент** – это схема, имеющая один или несколько входов и один выход. Каждому состоянию сигнала на входе соответствует определенный сигнал на выходе.

# Элемент «НЕ» (NOT) - Инвертор



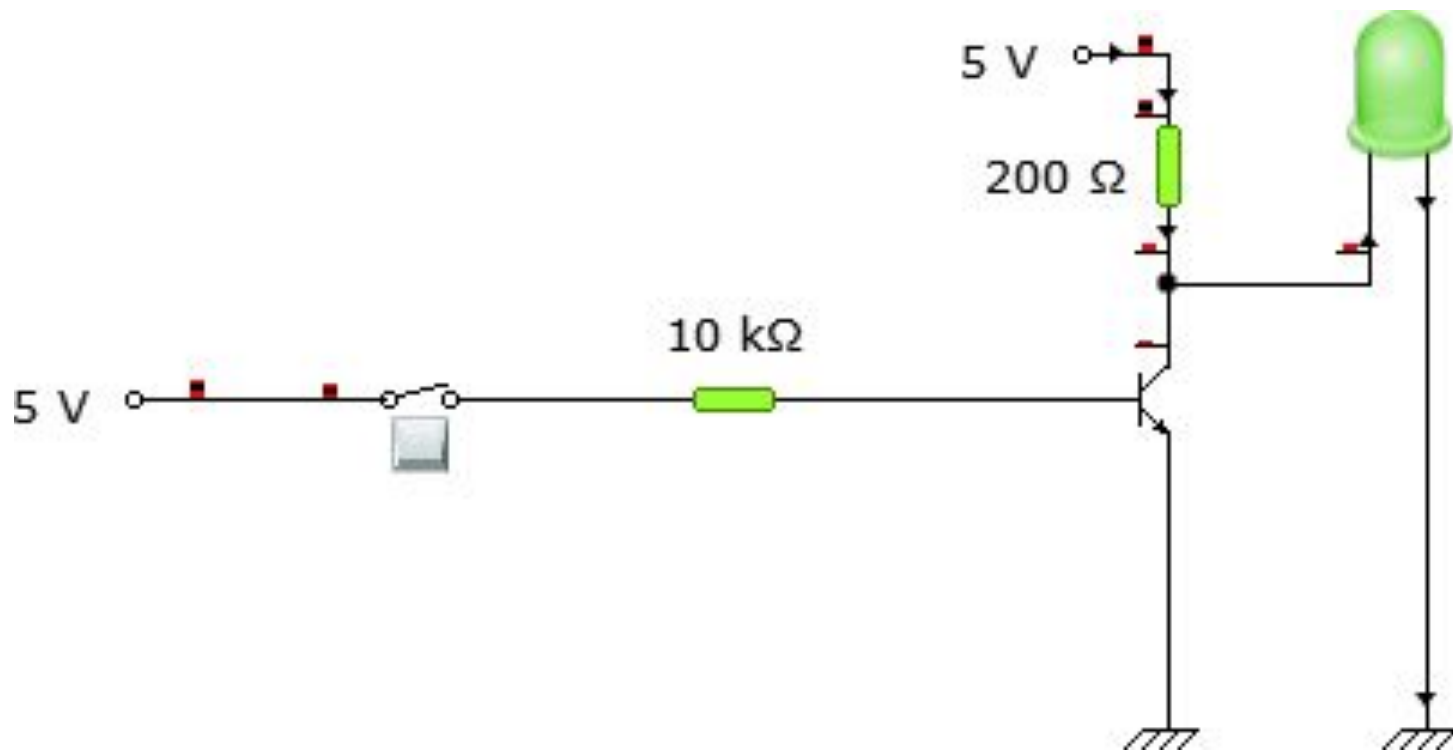
ГОСТ

<b>a</b>	<b>b</b>
<b>0</b>	<b>1</b>
<b>1</b>	<b>0</b>



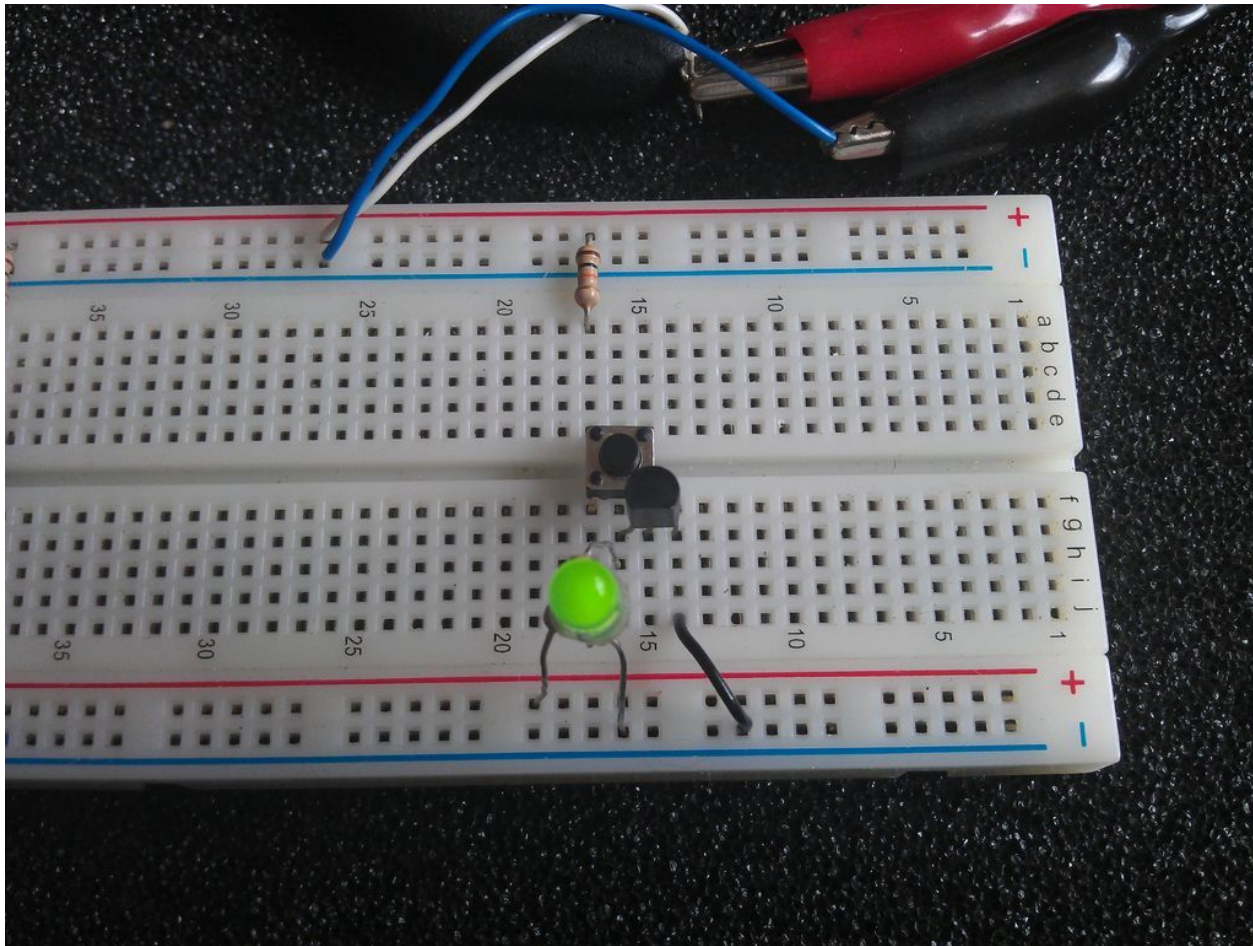
ANSI

# Элемент «НЕ» (NOT) - Инвертор

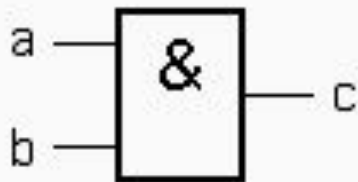




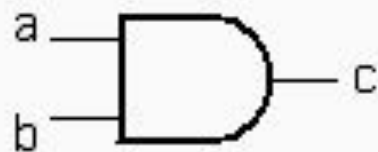
# Элемент «НЕ» (NOT) - Инвертор



# Элемент «И» (AND) - Конъюнктор



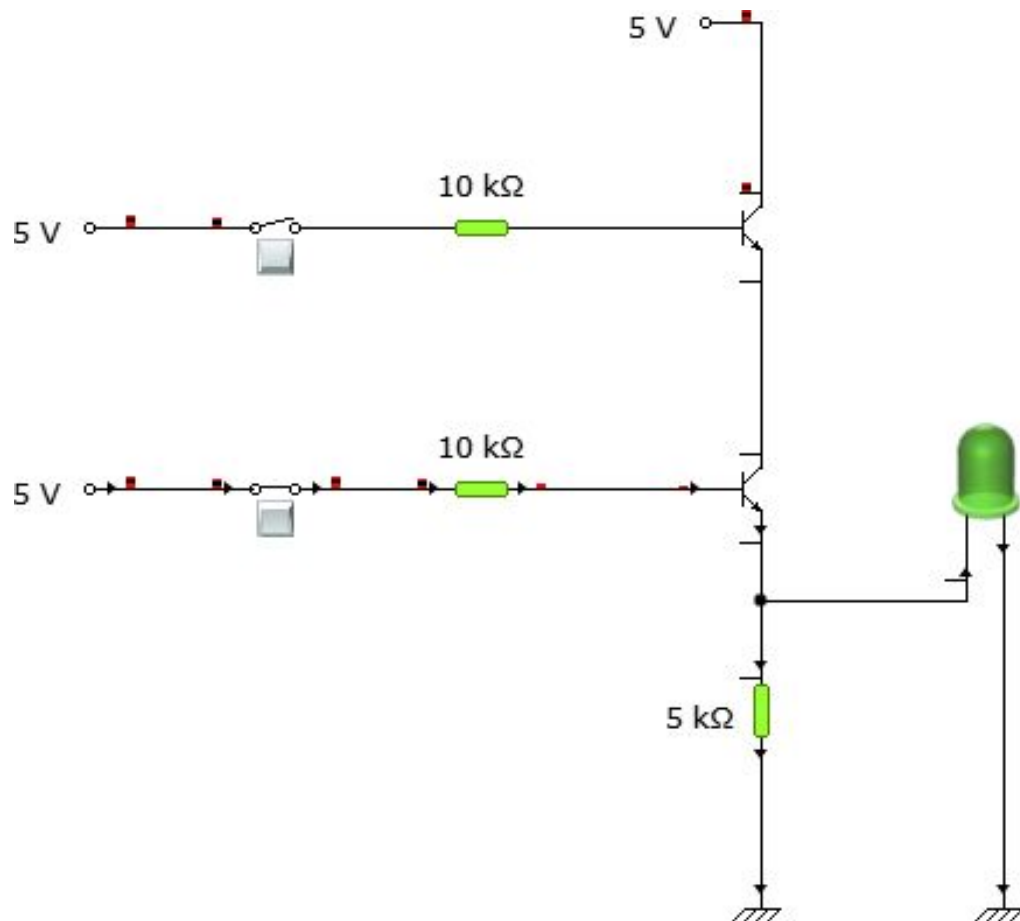
ГОСТ



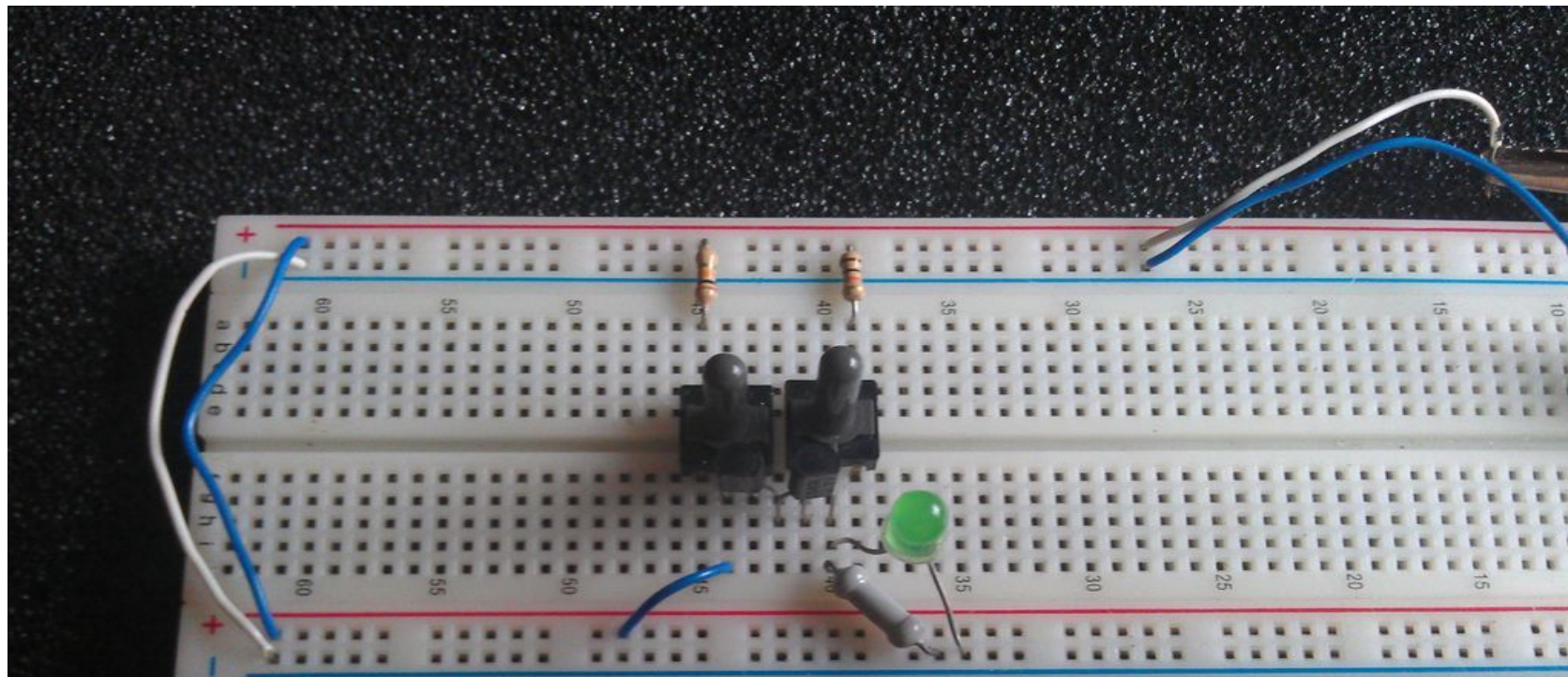
ANSI

<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>
<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

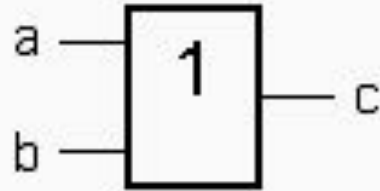
# Элемент «И» (AND) - Конъюнктор



# Элемент «И» (AND) - Конъюнктор



# Элемент «ИЛИ» (OR) - Дизъюнктор



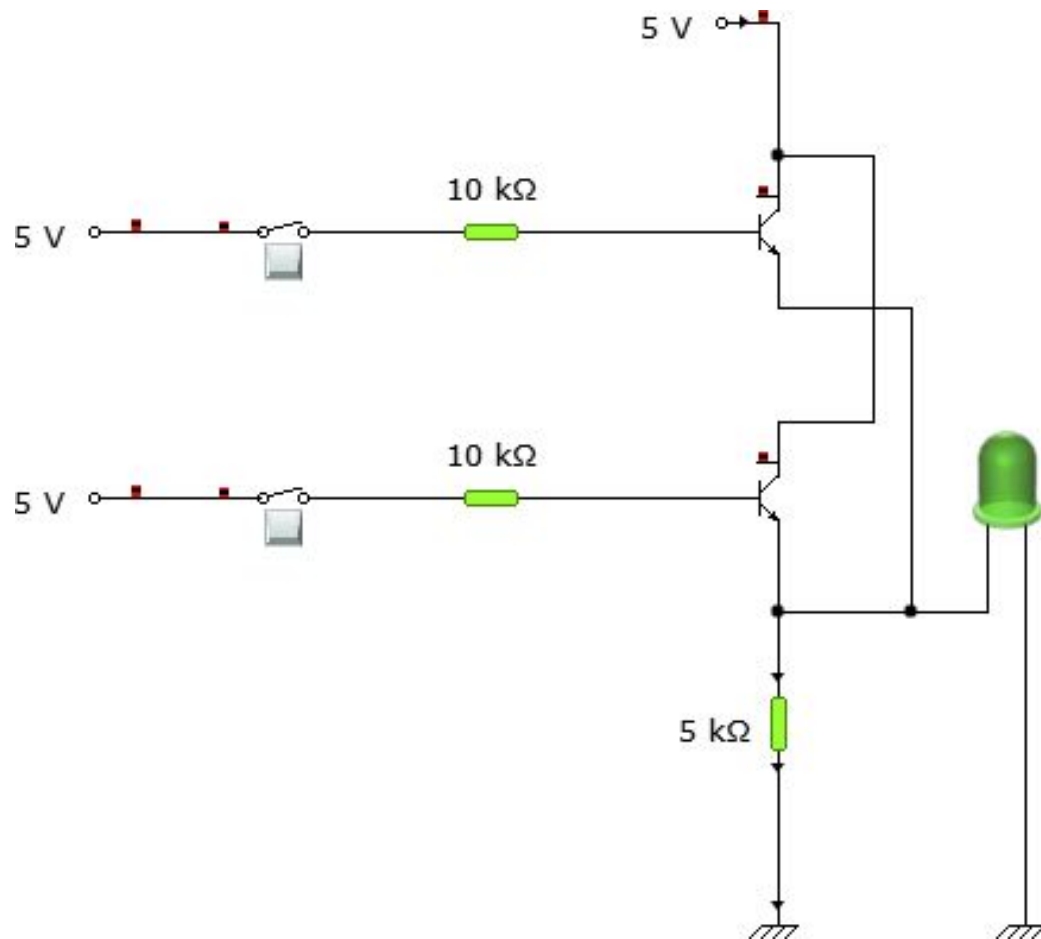
ГОСТ



ANSI

a	b	c
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

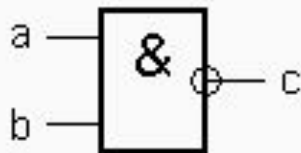
# Элемент «ИЛИ» (OR) - Дизъюнктор







# Элемент «И-НЕ» (NAND)

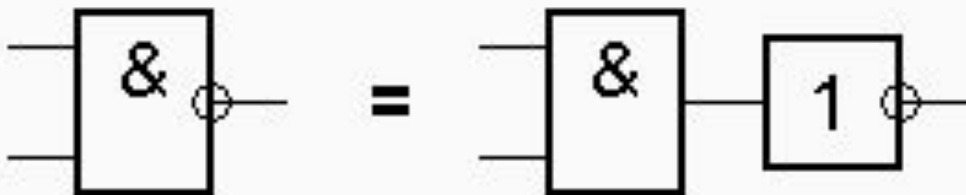


ГОСТ



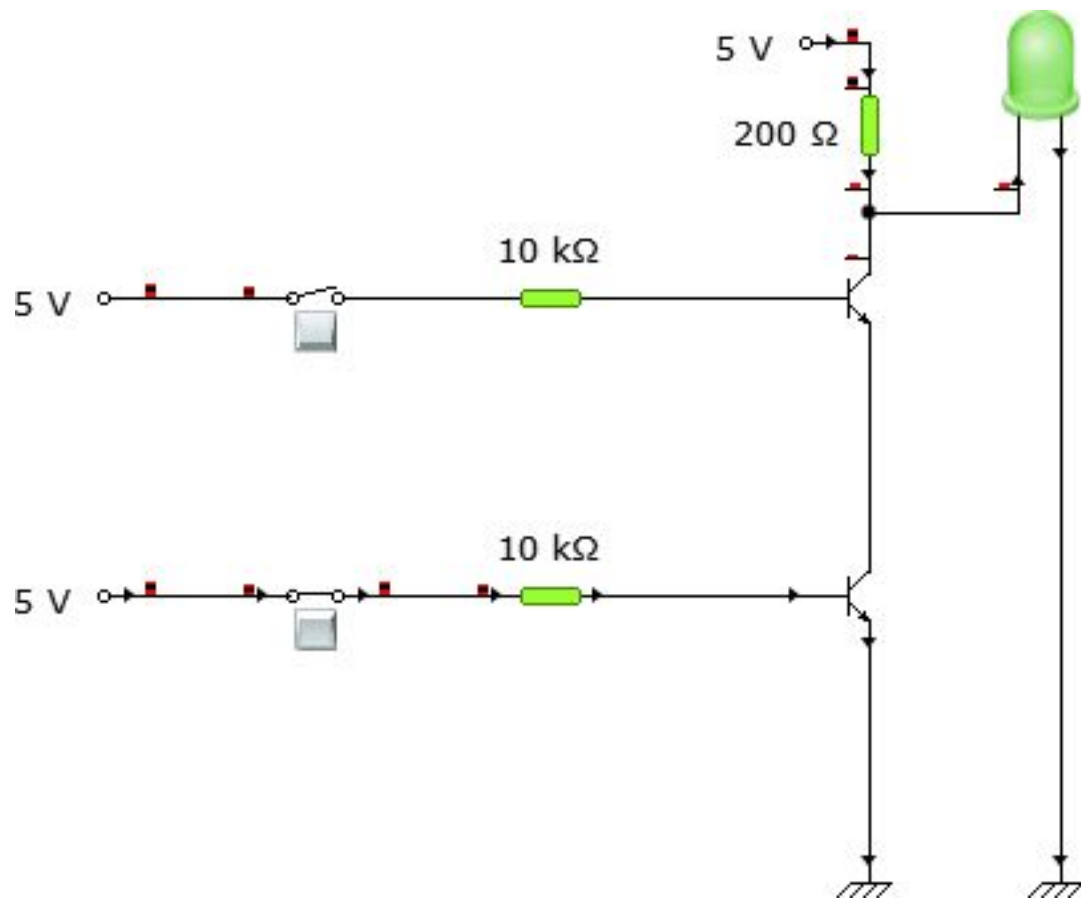
ANSI

a	b	c
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

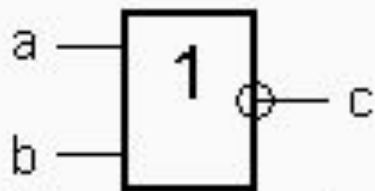




# Элемент «И-НЕ» (NAND)



# Элемент «ИЛИ-НЕ» (NOR)



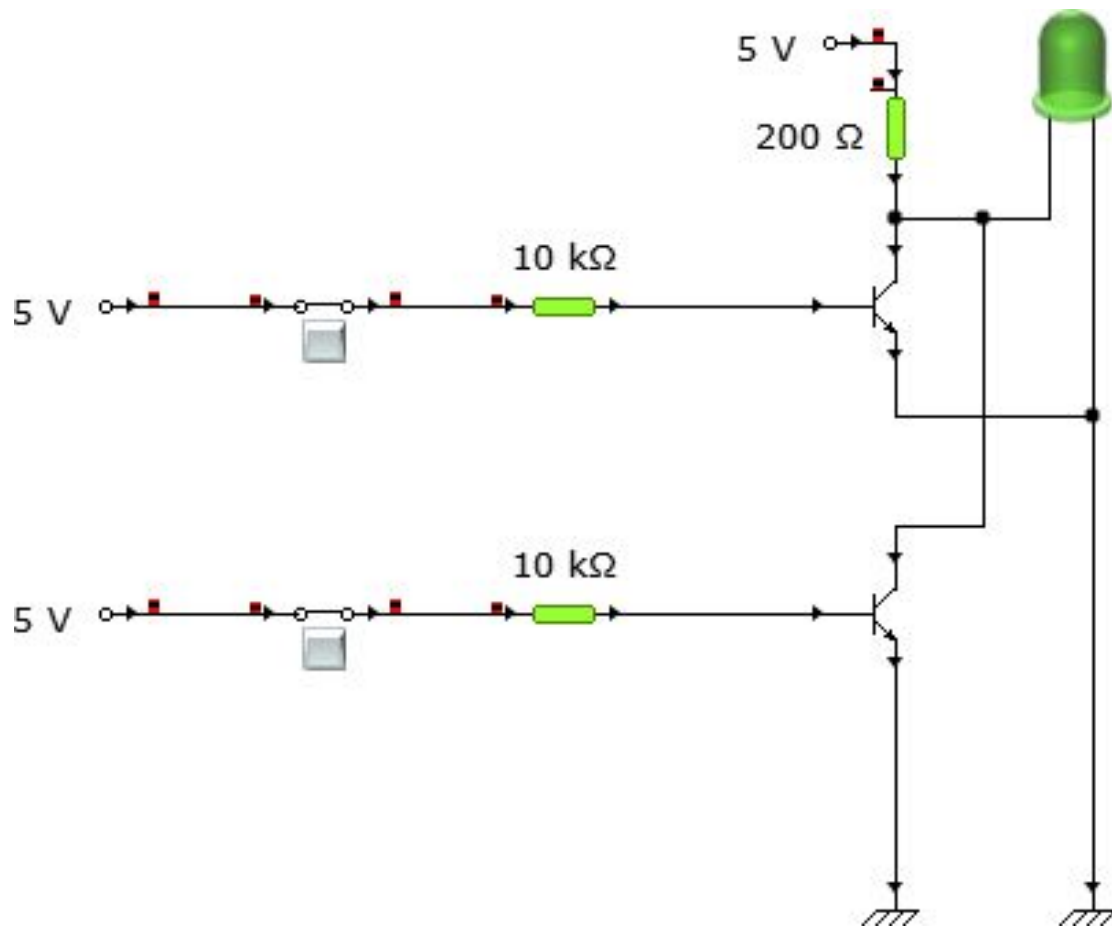
ГОСТ



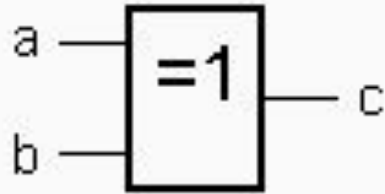
ANSI

a	b	c
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

# Элемент «ИЛИ-НЕ» (NOR)



# Элемент «Исключающее ИЛИ» (XOR)



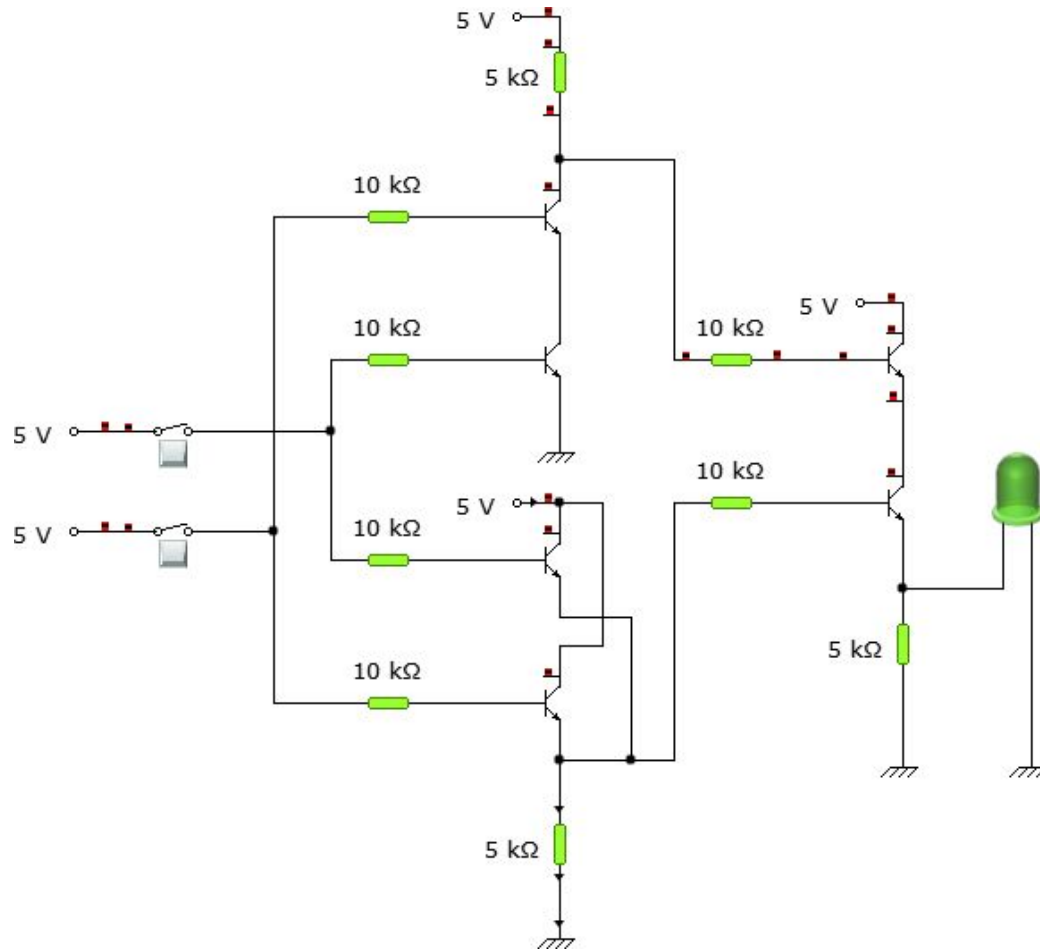
ГОСТ



ANSI

<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>
<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>

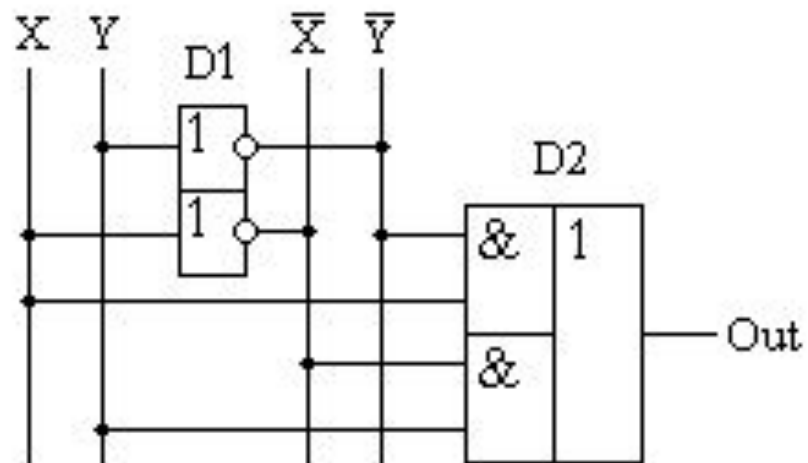
# Элемент «Исключающее ИЛИ» (XOR)



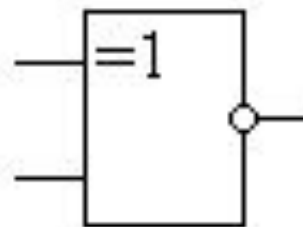
# Двоичные сумматоры

Двоичный сумматор - основной элемент арифметико-логического устройства любой вычислительной машины. Современные АЛУ содержат сотни тысяч этих элементов

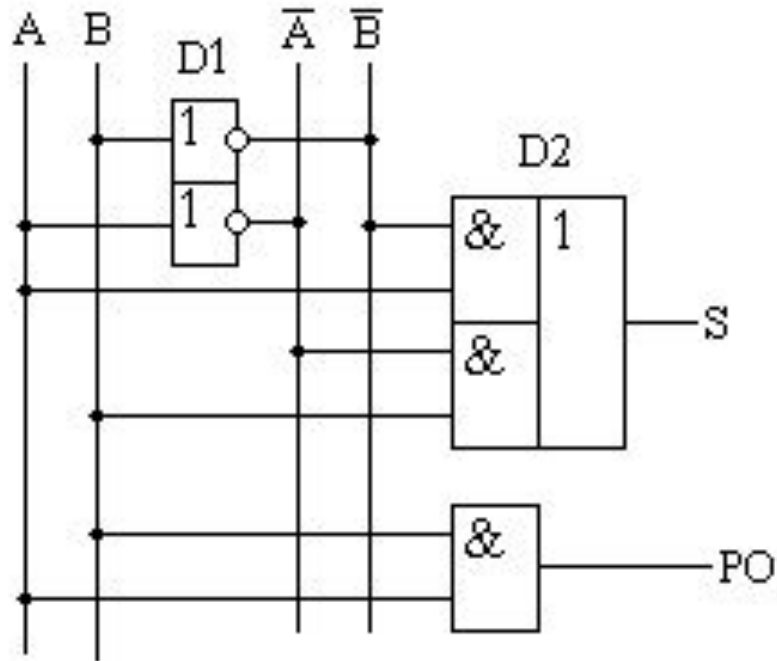
# Одноразрядный ДС



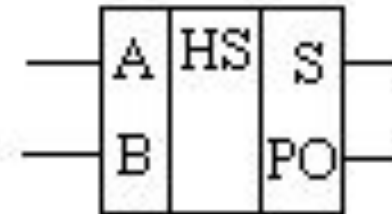
X	Y	Out
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0



# Одноразрядный ДС с переносом - полусумматор

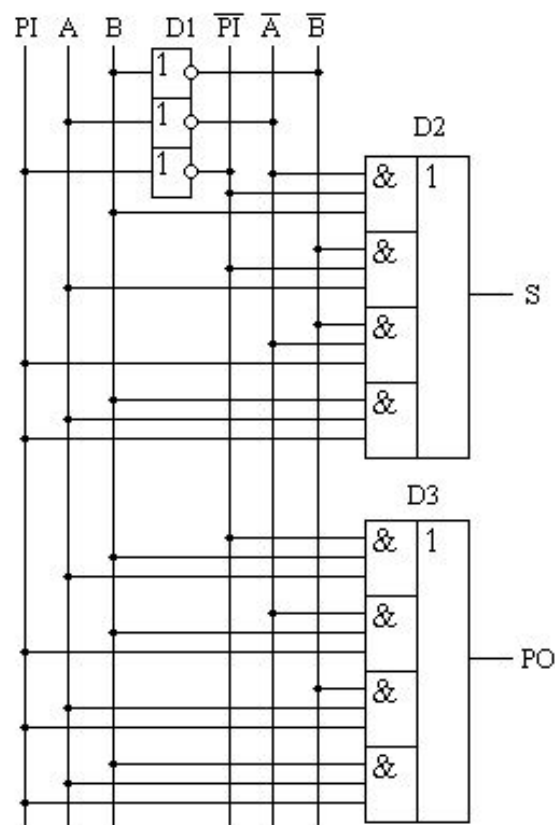


A	B	S	PO
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

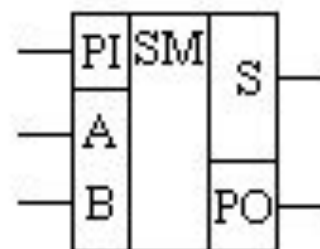




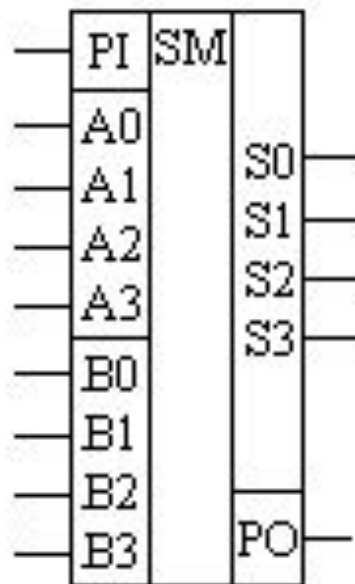
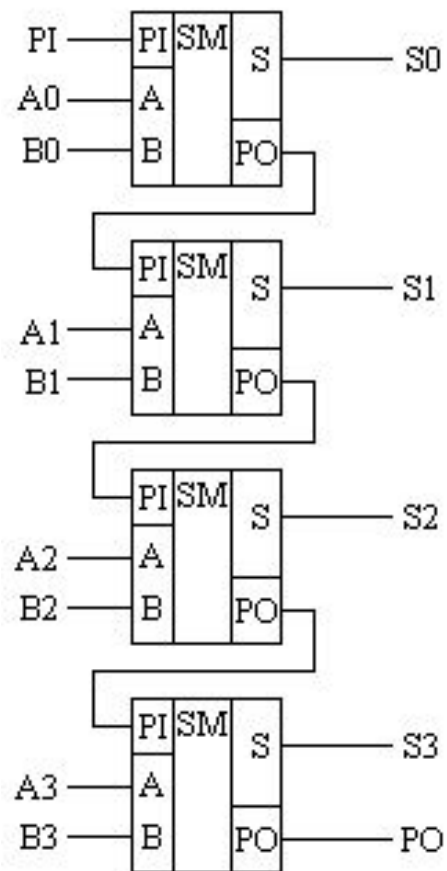
# Полный одноразрядный ДС



PI	A	B	S	PO
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1



# Многоразрядный ДС



# Вычитание чисел

Вычитание чисел в АЛУ заменяется сложением с отрицательным числом представленным в дополнительном коде

Для приведения к виду в дополнительном коде необходимо:

1. Инвертировать все биты числа
2. Прибавить единицу к результату
3. Получается число в дополнительном коде

# Вычитатель

