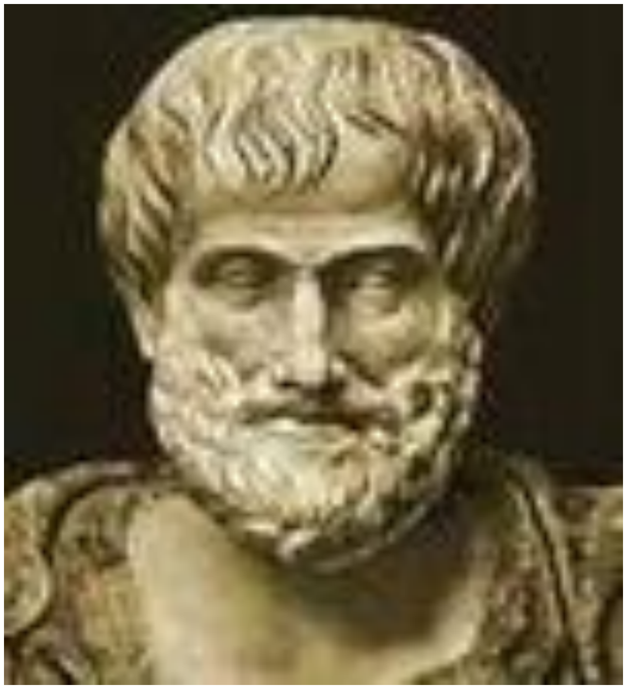
# Логические элементы

Вычислительная техника

# Логика

упорядоченная система мышления, которая создает взаимосвязи между заданными условиями и позволяет делать умозаключения, основываясь на предпосылках и предположениях

# Аристотель



384 — 322 до н. э.

Древнегреческий философ

Основоположник логики

Исследовал различные формы рассуждений , ввел понятие **силлогизма**

# Рене Декарт

1596 – 1650

Французский философ, математик, механик, физик и физиолог

Рекомендовал в логике использовать математические методы

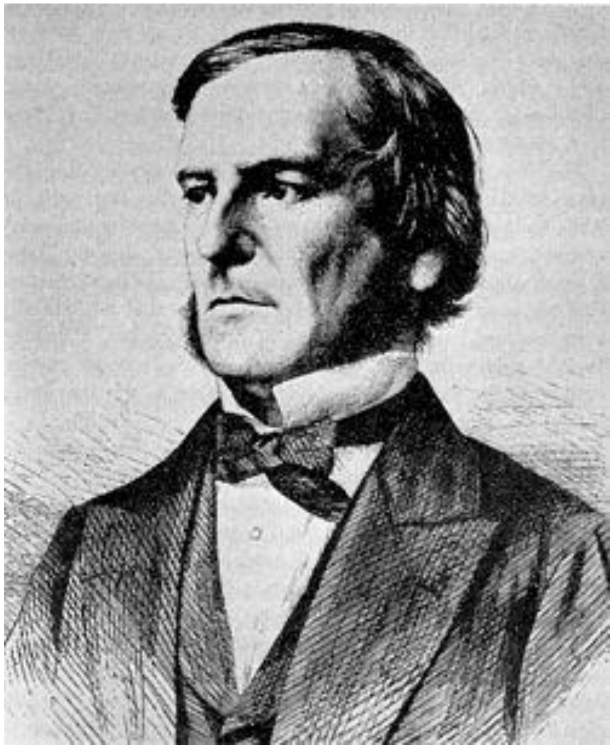
# Готфрид Вильгельм Лейбниц

**1646 – 1716**

Немецкий философ, логик, математик, механик, физик, юрист, историк, дипломат, языковед и изобретатель

Предложил в логике использовать двоичную систему счисления и математическую символику

# Джордж Буль



1815 – 1864

Английский математик и логик

Основоположник математической логики

«Математический анализ логики» 1847

# Математическая логика

- математизированная ветвь формальной логики

- *«Логика по предмету, математика по методу»*

  И.Н. Бродский

# Пауль Эренфест

1880 – 1933

Австрийский и нидерландский физик-теоретик

Член Нидерландской королевской АН,
член-корреспондент АН СССР,
иностранный член Датской АН

# Михаил Гаврилов

1903 – 1979

Советский учёный, стоявший у истоков отечественных информатики и кибернетики

Создал теорию релейно-контактных схем

# Логический элемент (вентиль)

- электрическая схема, выполняющая какую-либо логическую операцию (операции) над входными данными, заданными в виде уровней напряжения, и возвращающая результат операции в виде выходного уровня напряжения

# Логический элемент

Реализация

КОНТАКТНО-
РЕЛЕЙНЫЕ

ЭЛЕКТРОНН
ЫЕ

СХЕМ
Ы

# Логический элемент

- электрическая схема, выполняющая какую-либо **логическую операцию** (операции) над **входными данными**, заданными в виде уровней напряжения, и возвращающая **результат операции** в виде выходного уровня напряжения

# Логическая операция (функция)

Истинностные значения

- Истина – **1**
- Ложь – **0**

На входе – набор из **0** и **1**

На выходе – **0** или **1**

# Логический элемент

- Входные данные – в виде **высокого** и **низкого** уровней напряжения на входах

Значения определяются электрическими параметрами схемы и одинаковы как для входных и для выходных сигналов

# Положительная логика

- Высокий уровень (замкнутый ключ, светящийся индикатор)= Истина = **1**
- Низкий уровень (разомкнутый ключ, не светящийся индикатор)= Ложь = **0**

# Отрицательная логика –

наоборот

# Таблица истинности

Все возможные комбинации входных сигналов и соответствующий каждой комбинации выходной сигнал

| Вход X | Вход Y | Выход |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |

# Таблица истинности

**Количество столбцов** = Количество входов + Количество выходов

**Количество строк** $= 2^{\text{количество входов}}$

# Логические элементы

- **НЕ** – инвертирование
- **И** – логическое умножение
- **ИЛИ** – логическое сложение

# Инвертор

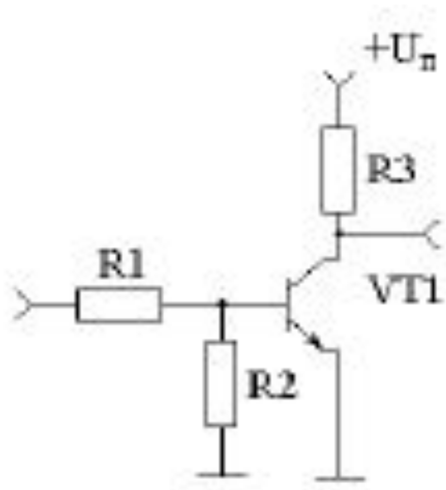
- изменяет значение входного сигнала на прямо противоположное значение

$$F(x) = \bar{x} = \neg x$$

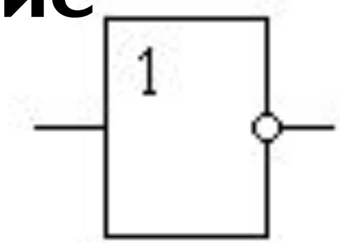
| Вход | Выход |
|---|---|
| 0 | 1 |
| 1 | 0 |

# Инвертор (НЕ)

**Реализация**




**Условно-графическое изображение**



# Логическое умножение

- **Конъюнктор**

$$F(x,y) = x \wedge y = x \,\&\, y = x \cdot y$$

| Вход X | Вход Y | Выход |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |

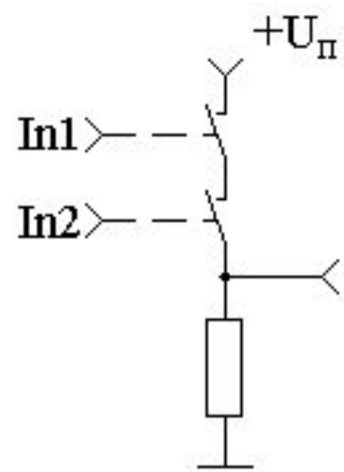
# Активный логический уровень

однозначно задает состояние на выходе элемента независимо от логических уровней на остальных входах

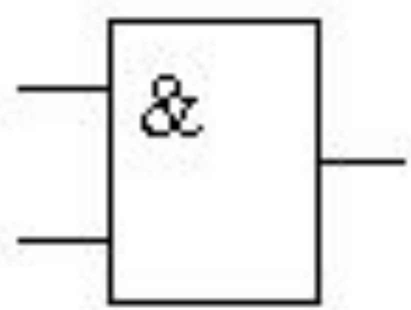
| Вход X | Вход Y | Выход |
|---|---|---|
| **0** | **0** | **0** |
| **0** | 1 | **0** |
| 1 | **0** | **0** |
| 1 | 1 | 1 |

# Логическое умножение (2И)

**Реализация**




**Условно-графическое изображение (УГО)**



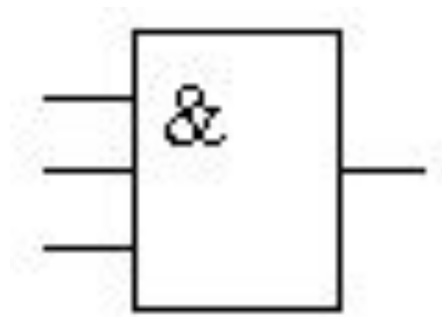
# Логическое умножение 3И

$$F(x, y, z) = x \wedge y \wedge z$$

| Вход X | Вход Y | Вход Z | Выход |
|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 |

# Логическое умножение 3И

**Условно-графическое изображение**



# Логическое сложение

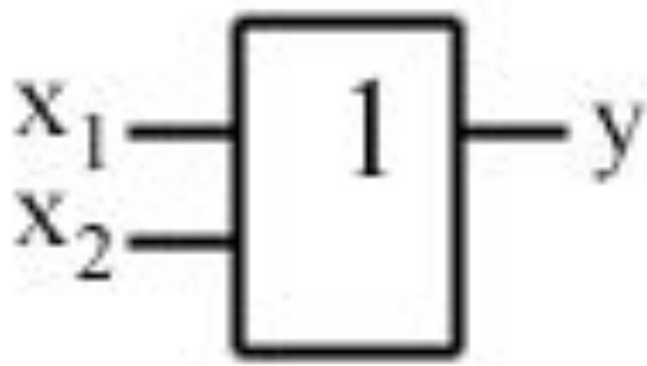
- **Дизъюнктор**

$$F(x, y) = x \vee y = x + y$$

| Вход X | Вход Y | Выход |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |

# Логическое сложение (2ИЛИ)

## Условно-графическое изображение (УГО)



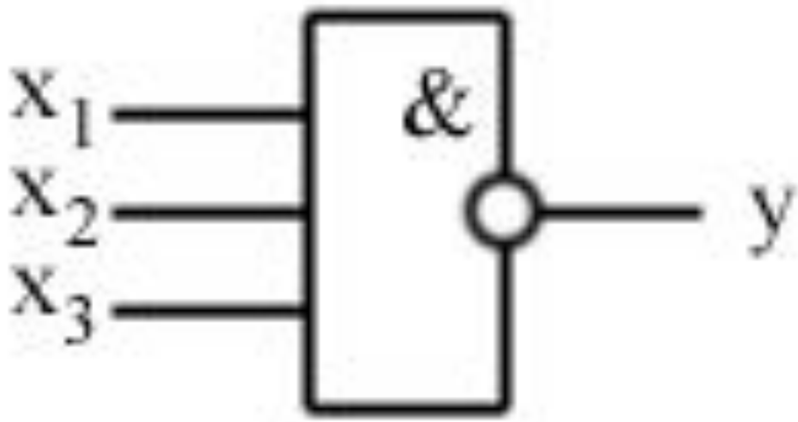
# Элемент 2И-НЕ

**Штрих Шеффера**

$$F(x, y) = \neg(x \wedge y)$$

| Вход X | Вход Y | Выход |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 |

# Элемент NИ-НЕ




3И-НЕ

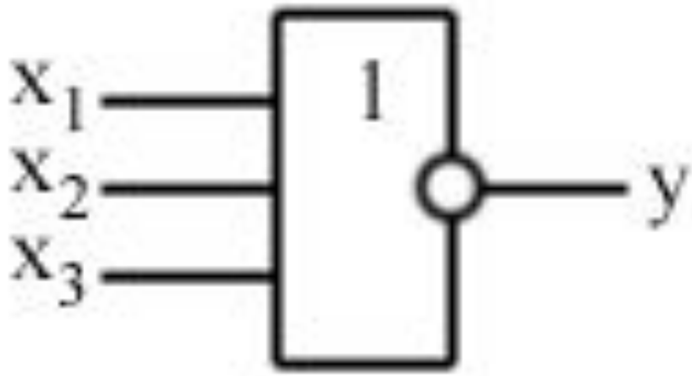
# Элемент 2ИЛИ-НЕ

**Стрелка Пирса**

$$F(x, y) = \neg(x \vee y)$$

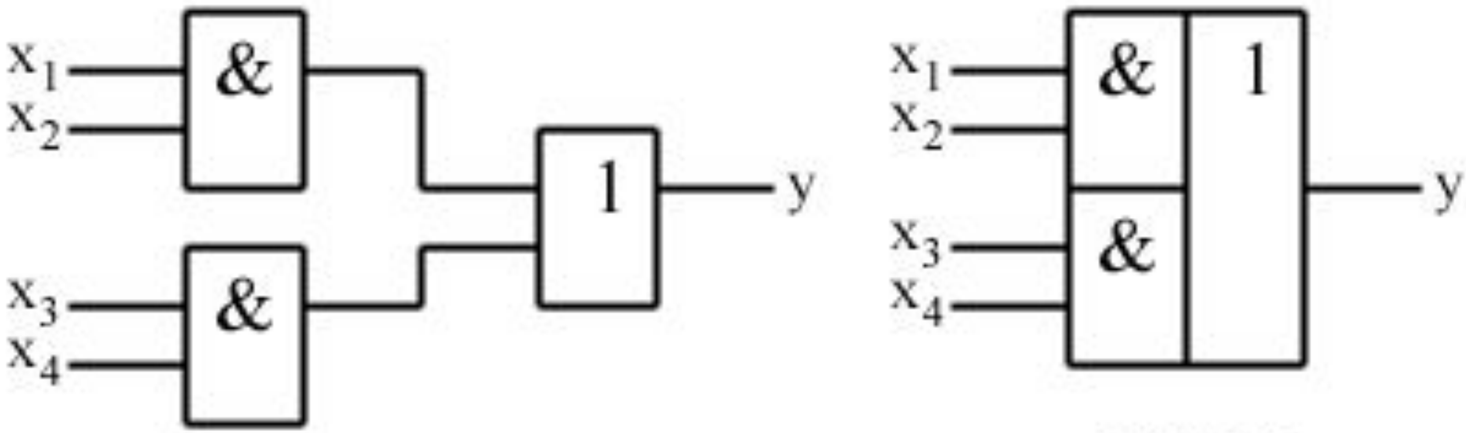
| Вход X | Вход Y | Выход |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 |

# Элемент N ИЛИ-НЕ




**3ИЛИ-НЕ**

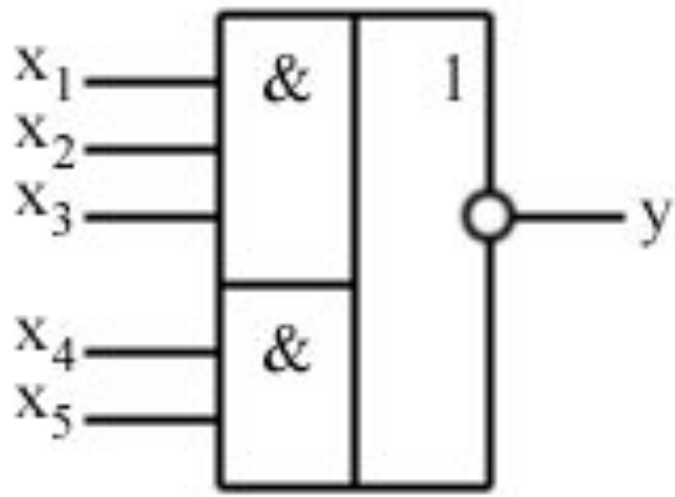
# Комбинационные элементы




**2И-ИЛИ**

$$F(x_1, x_2, x_3, x_4) = x_1 \cdot x_2 \vee x_3 \cdot x_4$$

# Комбинационные элементы




**3-2И-ИЛИ-НЕ**

$$F(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5) = \neg\left(x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \vee x_4 \cdot x_5\right)$$

# Функционально полная система

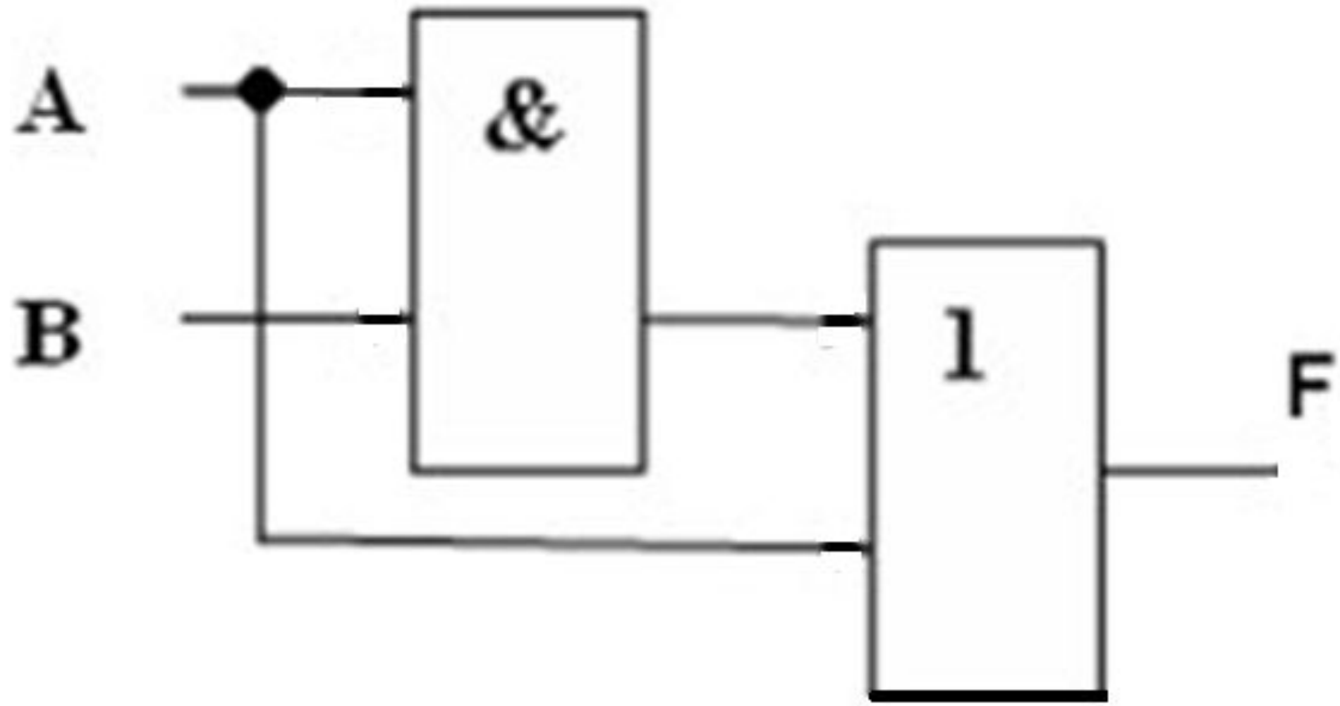
Система простых логических функций, на основе которой можно получить **любую** логическую функцию

# Функционально полные системы

- 2И, 2ИЛИ, НЕ
- 2И, НЕ
- 2ИЛИ, НЕ
- 2И–НЕ
- 2ИЛИ–НЕ

# РЕАЛИЗАЦИЯ ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ ПО ЗАДАННЫМ ФОРМУЛАМ

$$F = (A \cdot B) \vee A$$



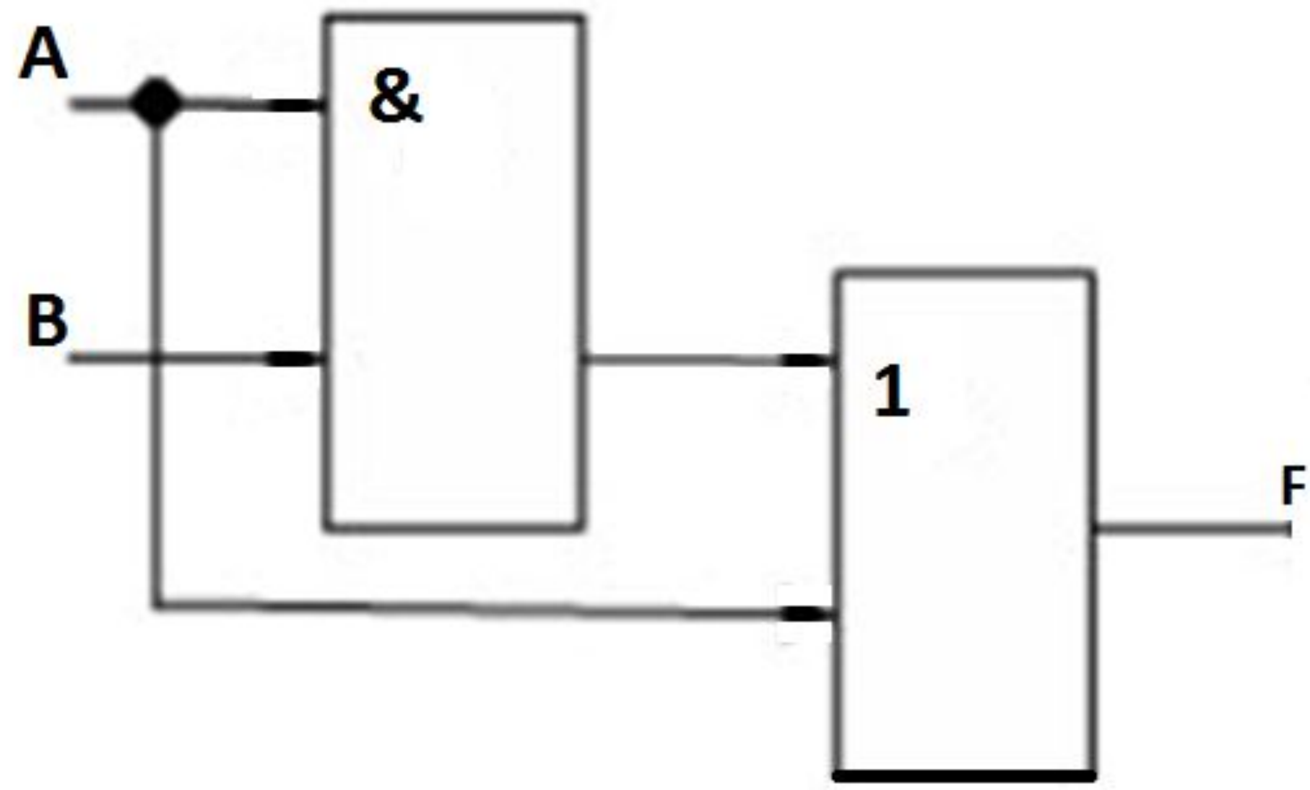
# Построение таблиц истинности

1. Определяем количество входов
2. Количество строк в таблице

$$2^{\text{количество входов}}$$

3. Определяем количество действий
4. Количество столбцов в таблице = количество входов + количество действий
5. Заполняем таблицу

$$F = (A \cdot B) \vee A$$



$$F = (A \cdot B) \vee A$$

| A | B | A·B | F |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

$$F = (A \cdot B) \vee A$$

| A | B | A·B | F |
|---|---|---|---|
| 0 | 0 | | |
| 0 | 1 | | |
| 1 | 0 | | |
| 1 | 1 | | |

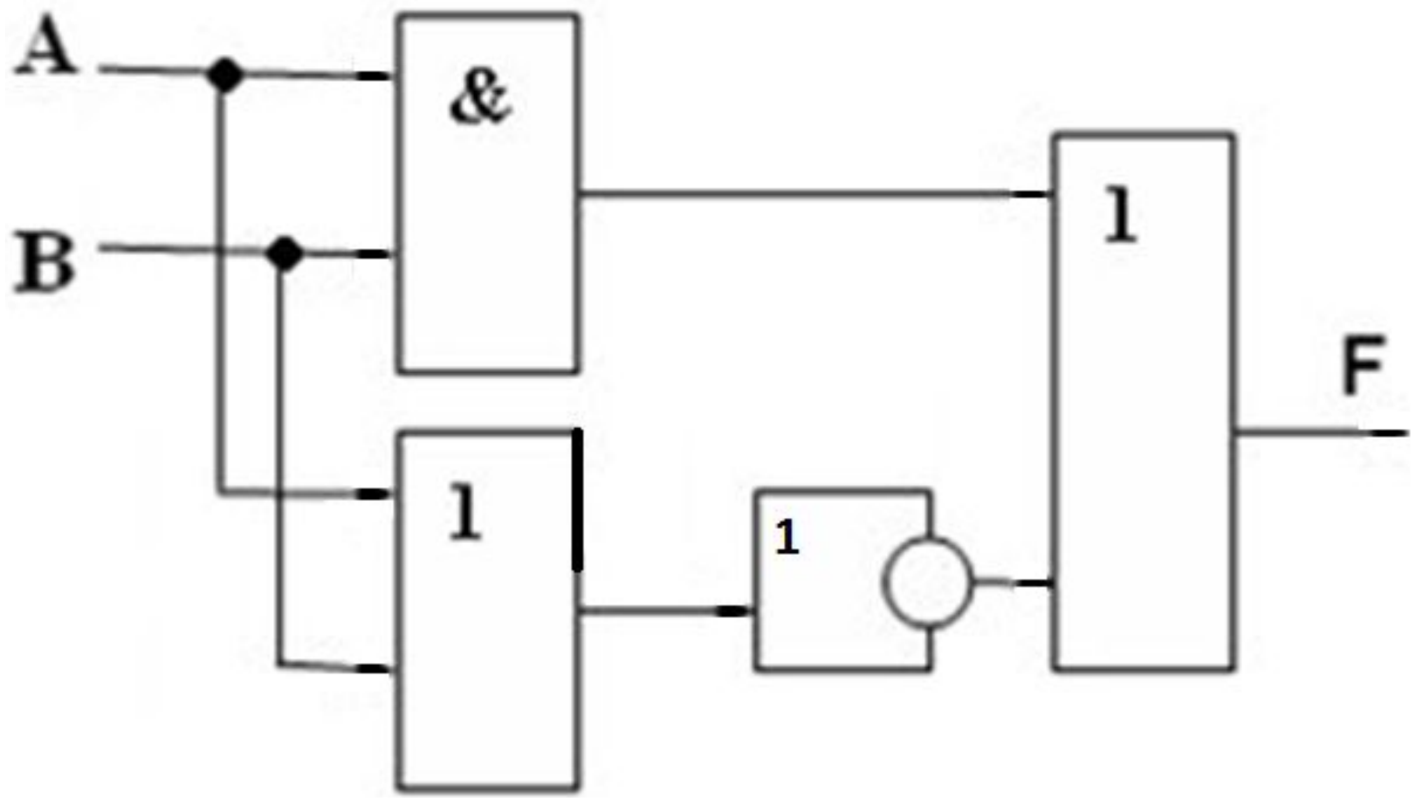
$$F = (A \cdot B) \vee A$$

| A | B | A·B | F |
|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | |
| 0 | 1 | 0 | |
| 1 | 0 | 0 | |
| 1 | 1 | 1 | |

$$F = (A \cdot B) \vee A$$

| A | B | A·B | F |
|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 |

$$F = (A \cdot B) \vee \neg(A \vee B)$$



$$F = (A \cdot B) \vee \neg(A \vee B)$$

| A | B | A·B | A∨B | ¬(A∨B) | F |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

$$F = (A \cdot B) \vee \neg(A \vee B)$$

| A | B | A·B | A∨B | ¬(A∨B) | F |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | | | | |
| 0 | 1 | | | | |
| 1 | 0 | | | | |
| 1 | 1 | | | | |

$$F = (A \cdot B) \vee \neg(A \vee B)$$

| A | B | A·B | A⋁B | ¬(A⋁B) | F |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | | | |
| 0 | 1 | 0 | | | |
| 1 | 0 | 0 | | | |
| 1 | 1 | 1 | | | |

$$F = (A \cdot B) \vee \neg(A \vee B)$$

| A | B | A·B | A⋁B | ¬(A⋁B) | F |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| 0 | 1 | 0 | 1 | | |
| 1 | 0 | 0 | 1 | | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | | |

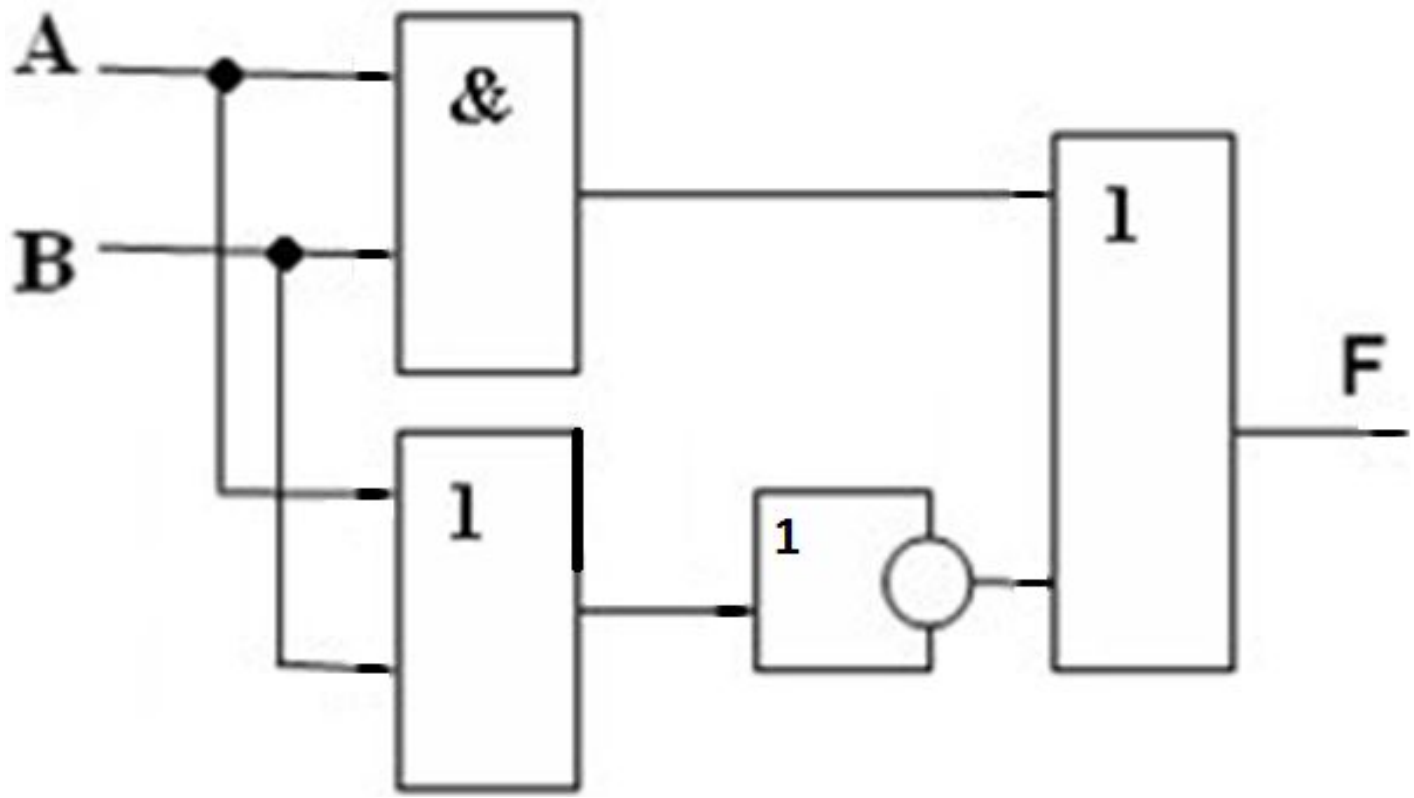
$$F = (A \cdot B) \vee \neg(A \vee B)$$

| A | B | A·B | A⋁B | ¬(A⋁B) | F |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | |

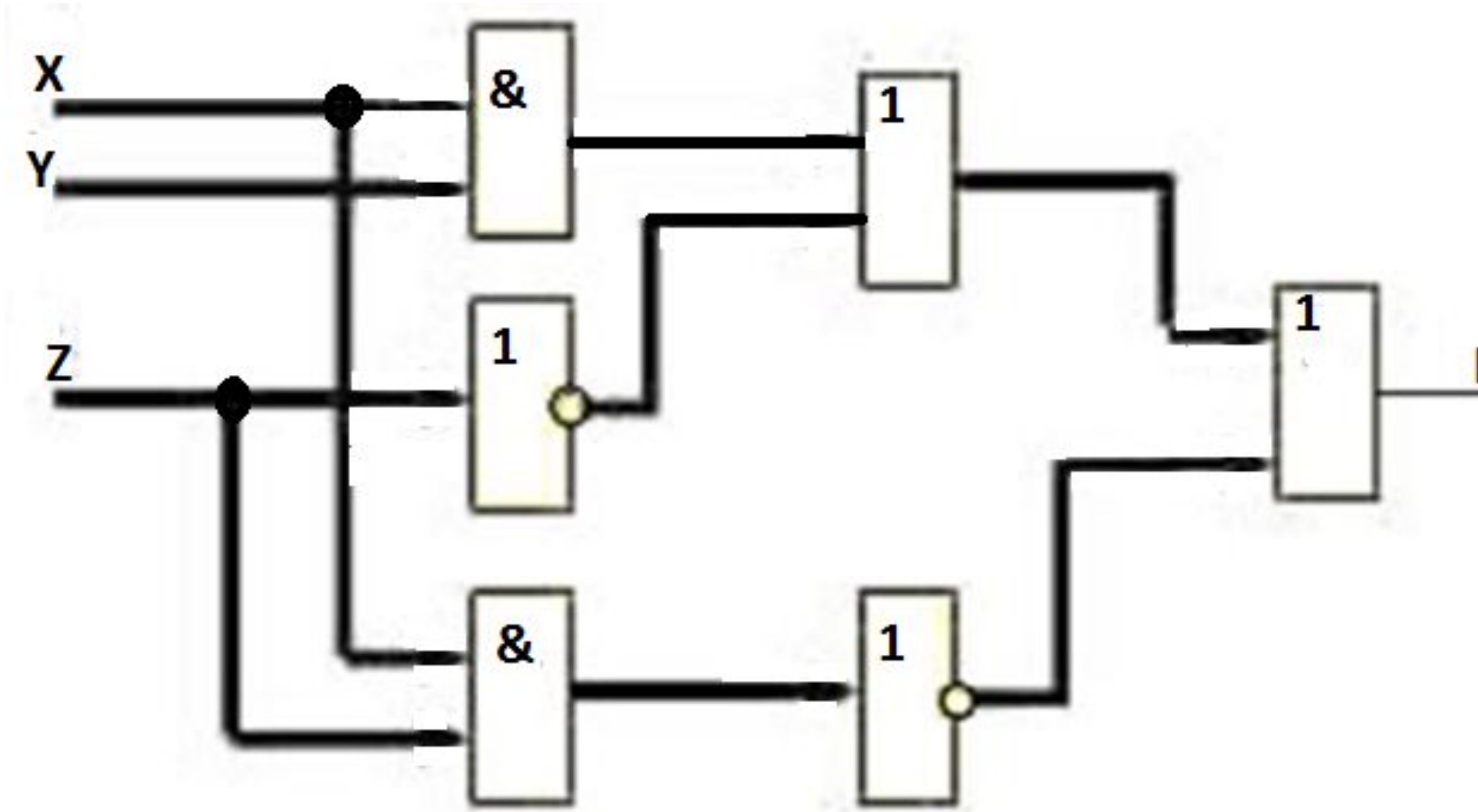
$$F = (A \cdot B) \vee \neg(A \vee B)$$

| A | B | A·B | A⋁B | ¬(A⋁B) | F |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |

$$F = (A \cdot B) \vee \neg(A \vee B)$$



$$F = (X \cdot Y) \vee \bar{Z} \vee \neg(X \cdot Z)$$



| X | Y | Z | XY | He Z | X Z | He XZ | 5 | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| 0 | 0 | 1 | | | | | | |
| 0 | 1 | 0 | | | | | | |
| 0 | 1 | 1 | | | | | | |
| 1 | 0 | 0 | | | | | | |
| 1 | 0 | 1 | | | | | | |
| 1 | 1 | 0 | | | | | | |
| 1 | 1 | 1 | | | | | | |

| X | Y | Z | XY | He Z | X Z | He XZ | 5 | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | |
| 0 | 0 | 1 | 0 | | | | | |
| 0 | 1 | 0 | 0 | | | | | |
| 0 | 1 | 1 | 0 | | | | | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | | | | | |
| 1 | 0 | 1 | 0 | | | | | |
| 1 | 1 | 0 | 1 | | | | | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | |

| X | Y | Z | XY | He Z | X Z | He XZ | 5 | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | | | | |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | | | | |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | | | | |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | | | | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | | | | |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | | | | |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | | | | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | | | | |

| X | Y | Z | XY | He Z | X Z | He XZ | 5 | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | | | |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | | |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | | | |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | | | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | | | |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | | | |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | | | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | | | |

| X | Y | Z | XY | He Z | X Z | He XZ | 5 | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | | |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | | |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | | |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | | |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | | |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | | |

| X | Y | Z | XY | He Z | X Z | He XZ | 5 | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | |

| X | Y | Z | XY | He Z | X Z | He XZ | 5 | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |

# РЕАЛИЗАЦИЯ ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ ПО ЗАДАННЫМ ТАБЛИЦАМ ИСТИННОСТИ

**Синтез схем**

**СДНФ** | **СКНФ**

**совершенна**
**я**
**дизъюнктивна** **конъюнктивна**
**я** **я**
**нормальная**
**форма**
**по** **по «нолям»**
**«единицам»**

# Алгоритм (СДНФ)

1. Выбираем наборы переменных, при которых выходное значение равно **1**.
2. Для каждого такого набора записываем **конъюнкции** всех переменных, если переменная имеет значение **0**, берём её в инвертированном виде.
3. Полученные конъюнкции объединяем операцией **дизъюнкции**

# Алгоритм (СКНФ)

1. Выбираем наборы переменных, при которых выходное значение равно **0**.
2. Для каждого такого набора записываем **дизъюнкции** всех переменных, если переменная имеет значение **1**, берём её в инвертированном виде.
3. Полученные дизъюнкции объединяем операцией **конъюнкции**

# ЗАДАЧА 1

| A | B | C | f |
|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 |

| A | B | C | f |
|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 |

| A | B | C | f |
|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 |

| A | B | C | f | |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 0 | 0 | 1 | 1 | ¬A & ¬B & C |
| 0 | 1 | 0 | 0 | |
| 0 | 1 | 1 | 0 | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | |
| 1 | 0 | 1 | 1 | A & ¬B & C |
| 1 | 1 | 0 | 0 | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | A & B & C |

# Формула

$$(\neg A \,\&\, \neg B \,\&\, C) \lor$$
$$\lor (A \,\&\, \neg B \,\&\, C) \lor$$
$$\lor (A \,\&\, B \,\&\, C)$$

Совершенная дизъюнктивная нормальная форма (**СДНФ**)

# Формула

$$(\neg A \mathbin{\&} \neg B \mathbin{\&} C) \lor$$
$$\lor (A \mathbin{\&} \neg B \mathbin{\&} C) \lor$$
$$\lor (A \mathbin{\&} B \mathbin{\&} C)$$

**Совершенная** дизъюнктивная нормальная форма

# Формула

$$(\neg A \,\&\, \neg B \,\&\, C) \vee$$
$$\vee (A \,\&\, \neg B \,\&\, C) \vee$$
$$\vee (A \,\&\, B \,\&\, C)$$

Совершенная **дизъюнктивная** нормальная форма

| A | B | C | f |
|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | **0** |
| 0 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | **0** |
| 0 | 1 | 1 | **0** |
| 1 | 0 | 0 | **0** |
| 1 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | **0** |
| 1 | 1 | 1 | 1 |

| A | B | C | f | |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | **0** | $A \vee B \vee C$ |
| 0 | 0 | 1 | 1 | |
| 0 | 1 | 0 | **0** | $A \vee \neg B \vee C$ |
| 0 | 1 | 1 | **0** | $A \vee \neg B \vee \neg C$ |
| 1 | 0 | 0 | **0** | $\neg A \vee B \vee C$ |
| 1 | 0 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 0 | **0** | $\neg A \vee \neg B \vee C$ |
| 1 | 1 | 1 | 1 | |

$$
\begin{aligned}
&(A \lor B \lor C)\ \& \\
&\&\ (A \lor \neg B \lor C)\ \& \\
&\&\ (A \lor \neg B \lor \neg C)\ \& \\
&\&\ (\neg A \lor B \lor C)\ \& \\
&\&\ (\neg A \lor \neg B \lor C)
\end{aligned}
$$

Совершенная конъюнктивная нормальная форма (**СКНФ**)

$$(A \vee B \vee C)\ \&$$
$$\&\ (A \vee \neg B \vee C)\ \&$$
$$\&\ (A \vee \neg B \vee \neg C)\ \&$$
$$\&\ (\neg A \vee B \vee C)\ \&$$
$$\&\ (\neg A \vee \neg B \vee C)$$

**Совершенная** конъюнктивная нормальная форма

$(A \lor B \lor C)$ **&**

**&** $(A \lor \neg B \lor C)$ **&**

**&** $(A \lor \neg B \lor \neg C)$ **&**

**&** $(\neg A \lor B \lor C)$ **&**

**&** $(\neg A \lor \neg B \lor C)$

Совершенная **конъюнктивная** нормальная форма

# ЗАДАЧА

| In0 | In1 | In2 | In3 | Out0 | Out1 |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |

| In0 | In1 | In2 | In3 | Out0 | Out1 |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |

| In0 | In1 | In2 | In3 | Out0 | Out1 |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **0** | **0** | **0** | **1** | **1** | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| **0** | **1** | **1** | **0** | **1** | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| **1** | **1** | **0** | **0** | **1** | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |

# Формула для Out0

$$(\neg x_1 \cdot \neg x_2 \cdot \neg x_3 \cdot x_4) \vee$$
$$\vee (\neg x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \cdot \neg x_4) \vee$$
$$\vee (x_1 \cdot x_2 \cdot \neg x_3 \cdot \neg x_4)$$

Совершенная дизъюнктивная нормальная форма (**СДНФ**)

# Формула для Out0

$$(\neg x_1 \cdot \neg x_2 \cdot \neg x_3 \cdot x_4) \vee$$
$$\vee (\neg x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \cdot \neg x_4) \vee$$
$$\vee (x_1 \cdot x_2 \cdot \neg x_3 \cdot \neg x_4)$$

**Совершенная** дизъюнктивная нормальная форма (**СДНФ**)

# Формула для Out0

$$(\neg x_1 \cdot \neg x_2 \cdot \neg x_3 \cdot x_4) \lor$$
$$\lor (\neg x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \cdot \neg x_4) \lor$$
$$\lor (x_1 \cdot x_2 \cdot \neg x_3 \cdot \neg x_4)$$

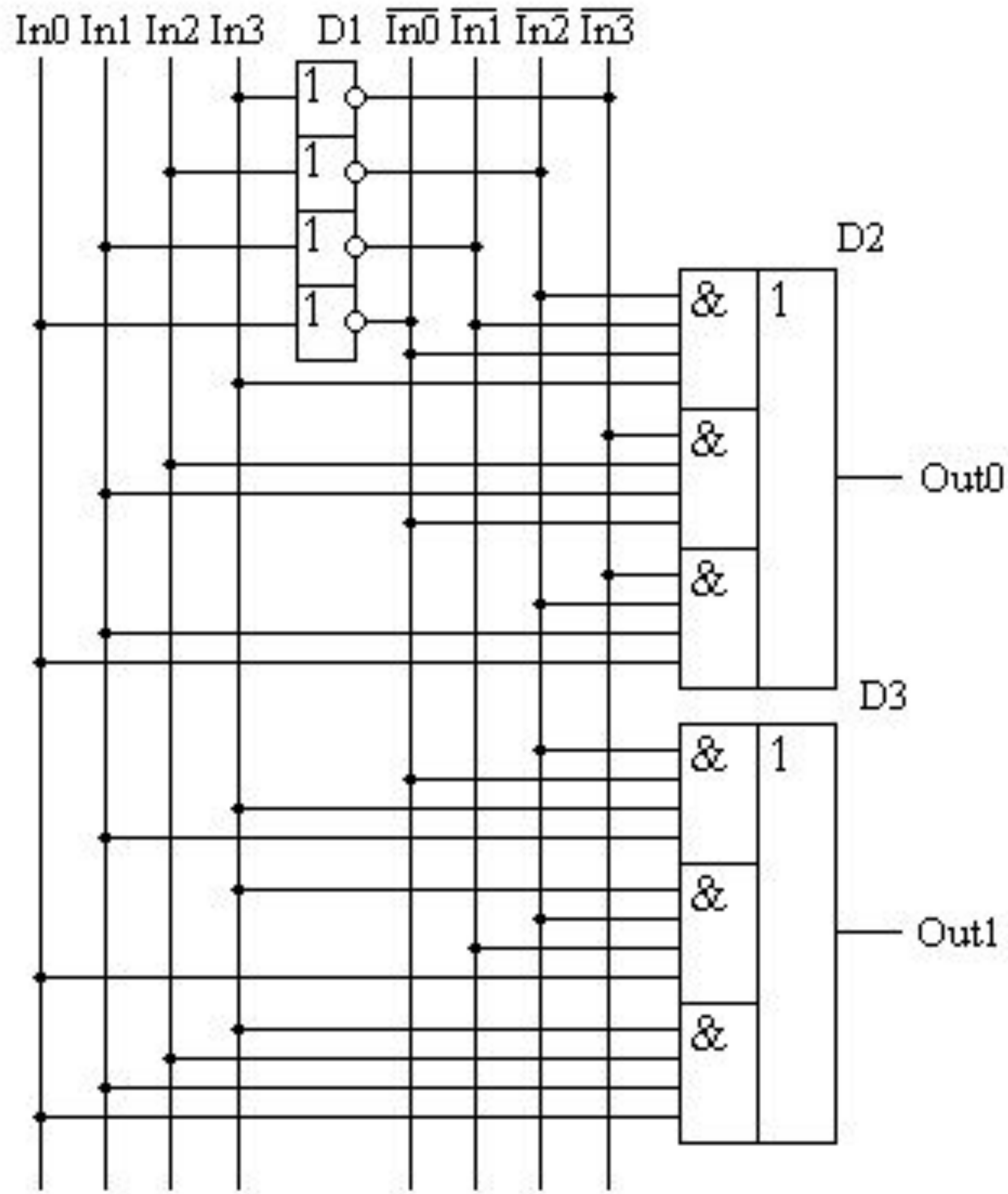
Совершенная **дизъюнктивная** нормальная форма (**СДНФ**)

| In0 | In1 | In2 | In3 | Out0 | Out1 |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **0** | **1** | **0** | **1** | 0 | **1** |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **1** | **0** | **0** | **1** | 0 | **1** |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| **1** | **1** | **1** | **1** | 0 | **1** |

# Формула для Out1

$$(\neg x_1 \cdot x_2 \cdot \neg x_3 \cdot x_4) \vee$$
$$\vee (x_1 \cdot \neg x_2 \cdot \neg x_3 \cdot x_4) \vee$$
$$\vee (x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \cdot x_4)$$

Совершенная дизъюнктивная нормальная форма (**СДНФ**)


In0 In1 In2 In3
D1
$\overline{In0}$ $\overline{In1}$ $\overline{In2}$ $\overline{In3}$
1
1
1
1
D2
&
&
&
1
Out0
D3
&
&
&
1
Out1

| 8 | 4 | 2 | 1 | a | b |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |

| 8 | 4 | 2 | 1 | a | b |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |