



# Цифровые и микропроцессорные устройства.

## Ч.1: Цифровые устройства

**Прищепа Сергей Леонидович,**

**д.ф.-м.н., профессор,**

**кафедра защиты информации,**

**Ауд. 502-III, тел. 293-23-17**

**[prischepa@bsuir.by](mailto:prischepa@bsuir.by)**

# Учебно-методическая литература

## ОСНОВНАЯ

1. Опадчий, Ю. Ф. Аналоговая и цифровая электроника : учебник для вузов / Ю. Ф. Опадчий, О. П. Глудкин, А. И. Гуров. – М. : Горячая линия – Телеком, 2005. – 768 с.
2. Безуглов, Д. А. Цифровые устройства и микропроцессоры: учебное пособие для вузов / Д. А. Безуглов, И. В. Калиенко. – Ростов н/Д : Феникс, 2008. – 468 с.
3. Браммер, Ю. А. Цифровые устройства : учеб. пособие для вузов / Ю. А. Браммер, И. Н. Пашук. – М.: Высш. шк., 2004. – 229 с.
4. Угрюмов, Е. П. Цифровая схемотехника : учеб. пособие для вузов / Е. П. Угрюмов. – СПб. : БХВ-Петербург, 2007. – 800 с.
5. Новиков, Ю. В. Основы цифровой схемотехники / Ю. В. Новиков. – М. : Мир, 2001. – 379 с.
6. Новожилов, О. П. Основы цифровой техники. – М. : ИП РадиоСофт, 2004. – 528 с.
7. Гусев, В. Г. Электроника и микропроцессорная техника : учебник для вузов. – М. : Высш.шк., 2004 – 790 с.
8. Микропроцессорные системы : учеб. пособие для вузов / Е. К. Александров [и др.] ; под общ. ред. Д. В. Пузанкова. – СПб. : Политехника, 2002. – 935 с.
9. Корнеев, В. В. Современные микропроцессоры / В. В. Корнеев, А. В. Киселев. – 3-е изд., перераб. и доп. – СПб. : БХВ-Петербург, 2003. – 448 с.
10. Петров С.Н., Прищепа С.Л. Цифровые и микропроцессорные устройства. Лабораторный практикум. Минск. БГУИР, 2013. – 74 с.
11. Прищепа С.Л. ЭРУД ЦиМПУ. Электронная библиотека БГУИР.

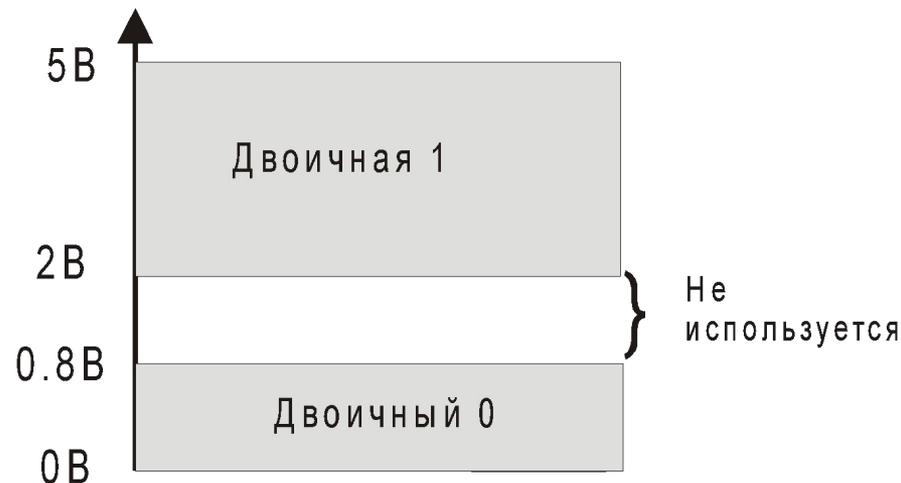
# Учебно-методическая литература

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

12. Калабеков, Б. А. Цифровые устройства и микропроцессорные системы : учебник для вузов. – М. : Горячая линия – Телеком, 2002. – 336 с.
13. Грушвицкий, Р. И. Проектирование систем на микросхемах программируемой логики / Р. И. Грушвицкий, А. Х. Мурсаев, Е. П. Угрюмов. – СПб. : БХВ, 2002. – 608 с.
14. Уэйкерли, Дж. Проектирование цифровых устройств. В 2 т. / Дж. Уэйкерли ; пер. с англ. – М. : Постмаркет, 2002. – 1072 с.
15. Точи, Р. Д. Цифровые системы. Теория и практика, / Р. Д. Точи, Н. С. Уидмер ; пер. с англ. – 8-е изд. – М. : Издат. дом «Вильямс», 2004. – 1024 с.
16. Хернитер, М. Е. Multisim. Современная система компьютерного моделирования и анализа схем электронных устройств / М. Е. Хернитер ; пер. с англ. – М. : Изд. дом «ДМК-Пресс», 2006. – 488 с.
17. Микропроцессорные системы: учебное пособие для вузов/ Е.К. Александров, Р. Н. Грушвицкий, М.С. Куприянов, и др./ Под общ. Ред. Д.В. Пузанова. – СПб.: Политехника, 2002. – 935 с.
18. Бродин В.Б. Системы на микроконтроллерах и БИС программируемой логики / В. Б. Бродин, А. В. Калинин. – М. : ЭКОМ, 2002. – 400 с.
19. Яценков, В. С. Микроконтроллеры Microchip : практич. руководство / В. С. Яценков. – М. : Горячая линия – Телеком, 2002. – 296 с.

# Логические переменные и Булева алгебра

Переменные в алгебре логики могут принимать только **ДВА** значения: «**0**» и «**1**». В электронике Булевы 0 и 1 не являются реальными величинами, а представляют собой **логические уровни**.



В цифровых схемах точное значение напряжения **не** важно.

# Основные действия в Булевой алгебре

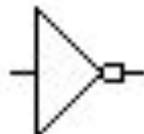
- ИЛИ (дизъюнкция) «+», « $\vee$ »



- И (конъюнкция) “. ”, “ $\wedge$ ”

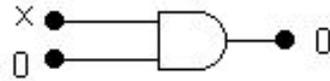


- НЕ (инверсия)  $\overline{X}$

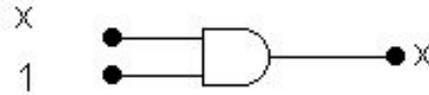


# Теоремы для одной переменной

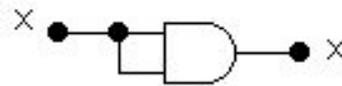
$$x \cdot 0 = 0$$



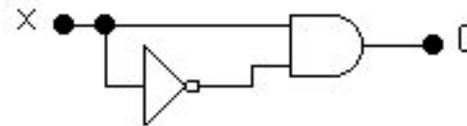
$$x \cdot 1 = x$$



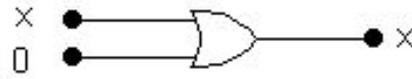
$$x \cdot x = x$$



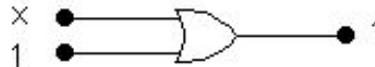
$$x \cdot \bar{x} = 0$$



$$x + 0 = x$$



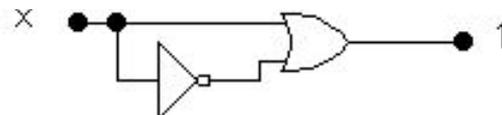
$$x + 1 = 1$$



$$x + x = x$$



$$x + \bar{x} = 1$$



# Законы Булевой алгебры

## 1. Переместительный

(Закон коммутативности)

$$a + b = b + a$$

$$a \cdot b = b \cdot a$$

## 2. Сочетательный (Закон ассоциативности)

$$(a + b) + c = a + (b + c)$$

$$a \cdot (b \cdot c) = (a \cdot b) \cdot c$$

### 3. Распределительный (Закон дистрибутивности)

$$a \cdot (b + c) = a \cdot b + a \cdot c$$

$$a + b \cdot c = (a + b) \cdot (a + c)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} a + b \cdot c = a \cdot (1 + b + c) + b \cdot c = a + a \cdot b + a \cdot c + b \cdot c \\ = c \cdot (a + b) + a \cdot (a + b) = (a + b) \cdot (a + c) \end{array} \right\}$$

## 4. Закон поглощения

$$a + a \cdot b = a$$

$$\{a \cdot (1 + b) = a \cdot 1 \equiv a\}$$

$$\overline{a} + \overline{a} \cdot b = \overline{a}$$

## 5. Закон склеивания

$$a \cdot b + a \cdot \bar{b} = a$$

$$\bar{a} \cdot \bar{b} + \bar{a} \cdot b = \bar{a}$$

6. Закон отрицания  
(правило де Моргана)

$$\overline{a + b} = \bar{a} \cdot \bar{b}$$

$$\overline{a \cdot b} = \bar{a} + \bar{b}$$

Правило де Моргана  
справедливо для ЛЮБОГО  
числа переменных!!!

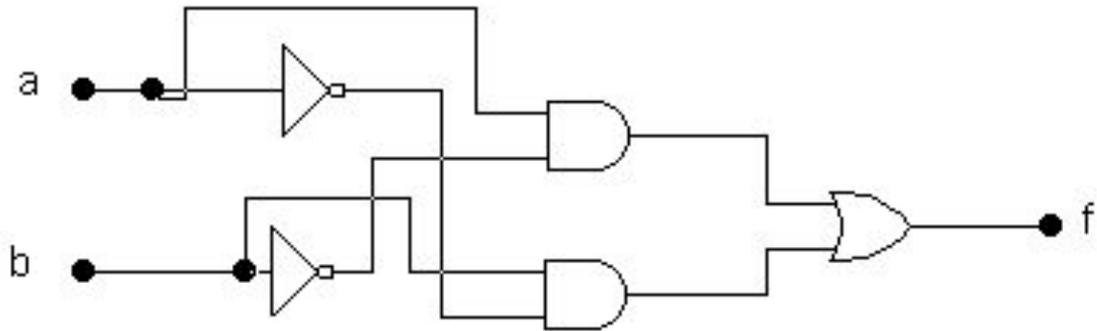
$$\overline{a + b + c + \dots + z} = \bar{a} \cdot \bar{b} \cdot \bar{c} \cdot \dots \cdot \bar{z}$$
$$\overline{a \cdot b \cdot c \cdot \dots \cdot z} = \bar{a} + \bar{b} + \bar{c} + \dots + \bar{z}$$
$$\overline{\overline{ab} \cdot \overline{cd} \cdot \overline{ef}} = \overline{\overline{ab}} + \overline{\overline{cd}} + \overline{\overline{ef}} = ab + cd + ef$$

# Функционально полная система

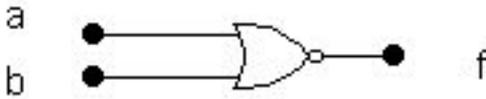
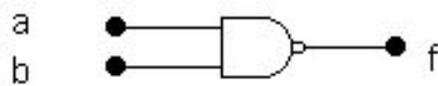
## ЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

- Булевский базис И, ИЛИ, НЕ – функционально полный

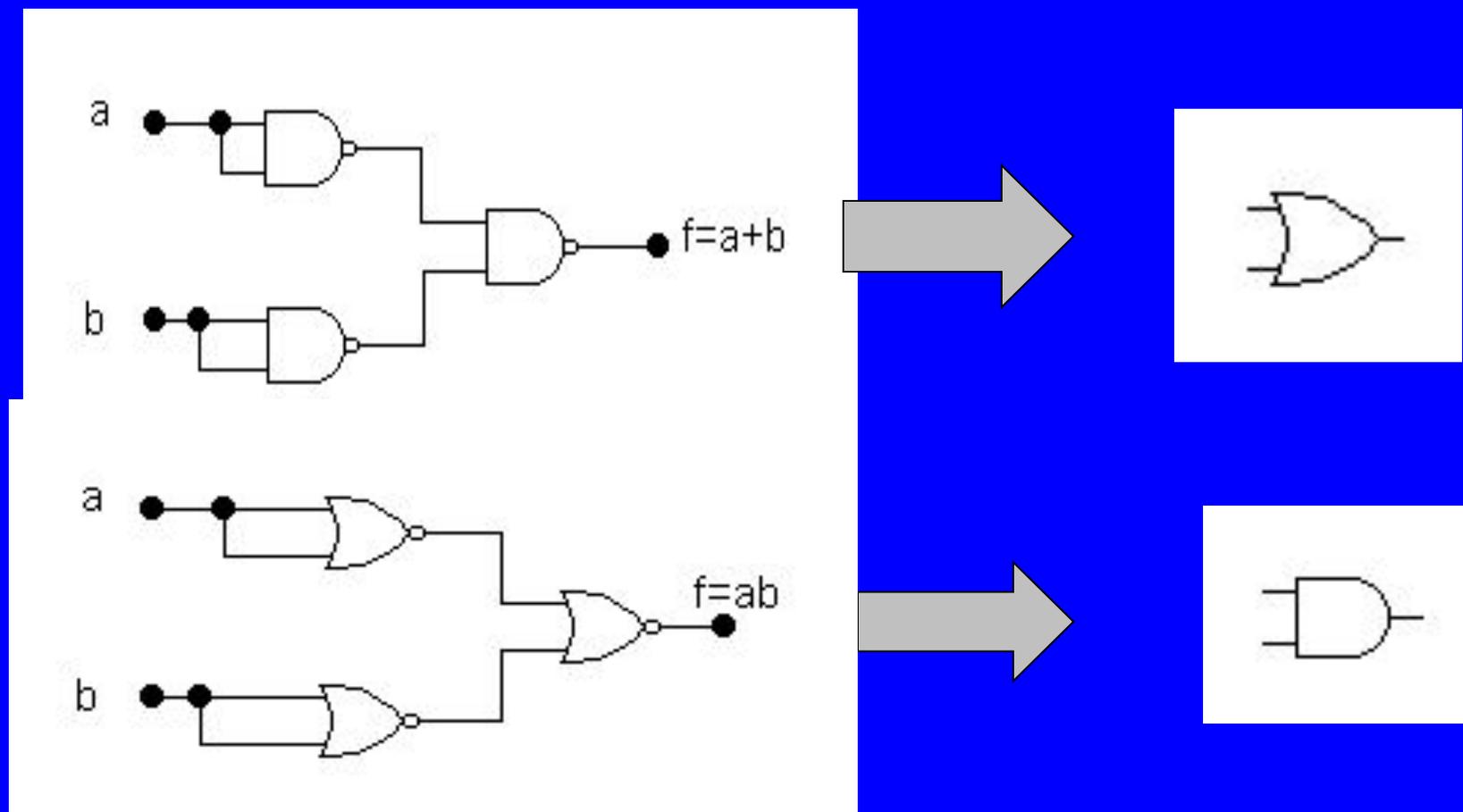
$$f = \bar{a}b + a\bar{b}$$



# Логические элементы И-НЕ и ИЛИ-НЕ

- ИЛИ-НЕ

 $f = \overline{a \vee b}$
- НЕ:  $\overline{a \vee 0 \vee 0 \vee \dots} = \bar{a}$
- ИЛИ:  $\overline{\overline{a \vee b \vee c}} = a \vee b \vee c$
- И:  $\overline{\overline{a \vee b}} = a \cdot b$  (правило де Моргана)
- И-НЕ

 $f = \overline{a \cdot b}$
- НЕ:  $\overline{a \cdot 1 \cdot 1 \cdot \dots \cdot 1} = \bar{a}$
- И:  $\overline{\overline{a \cdot b}} = a \cdot b$
- ИЛИ:  $\overline{\overline{a \cdot b}} = a \vee b$  (правило де Моргана)

# Универсальность логических элементов И-НЕ и ИЛИ-НЕ



## Последовательность синтеза КЛС:

- составление таблицы истинности;
- запись булева выражения для требуемой схемы;
- минимизация логической функции.

Пример: построение мажоритарной ячейки на три входа

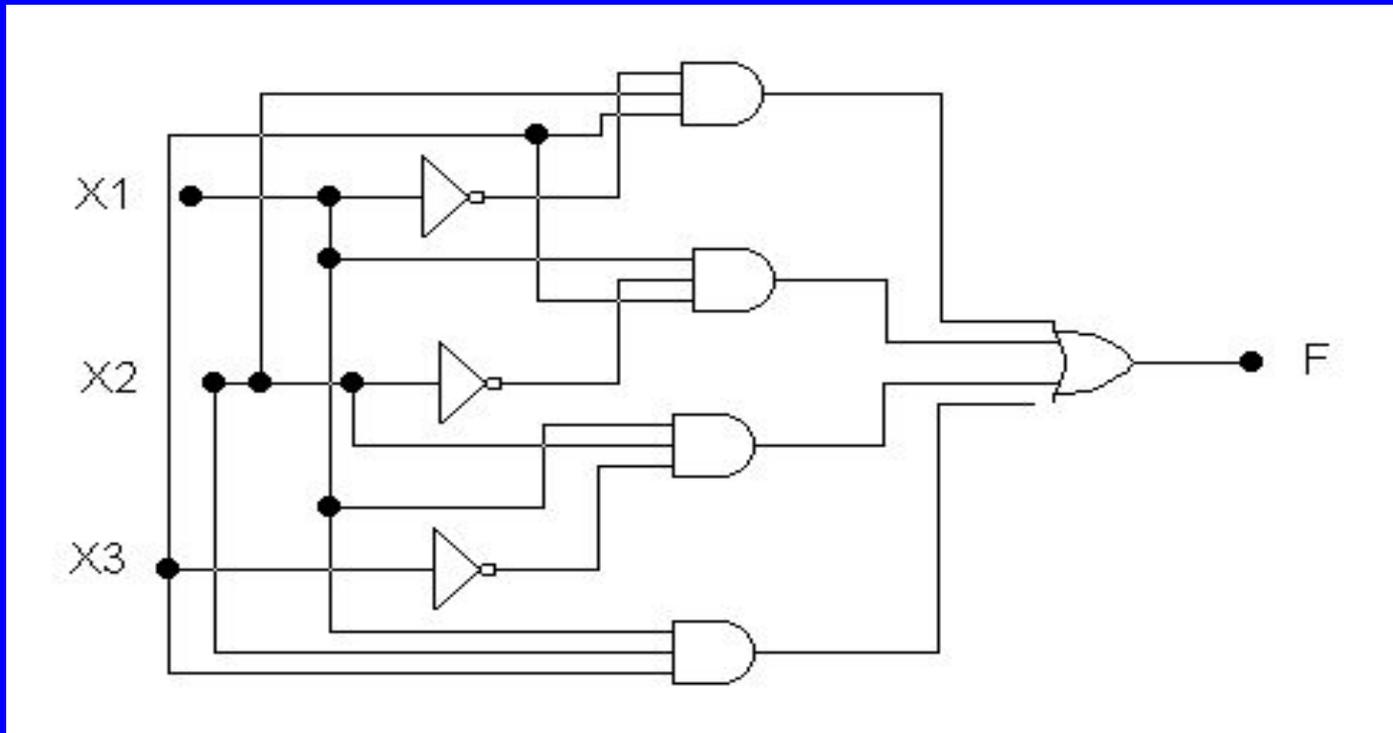






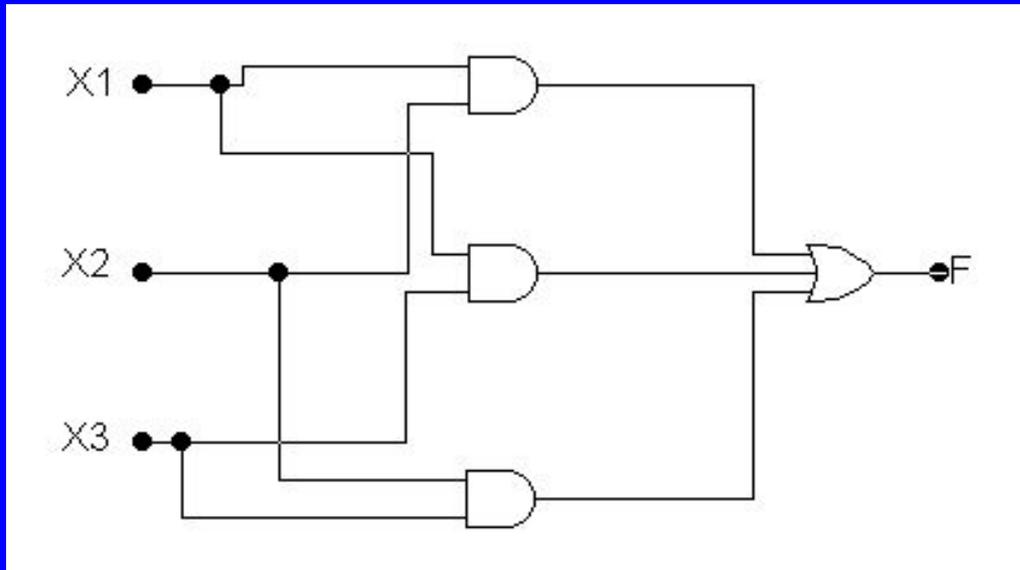
## Булево выражение

$$F = \overline{X_1}X_2X_3 + X_1\overline{X_2}X_3 + X_1X_2\overline{X_3} + X_1X_2X_3$$



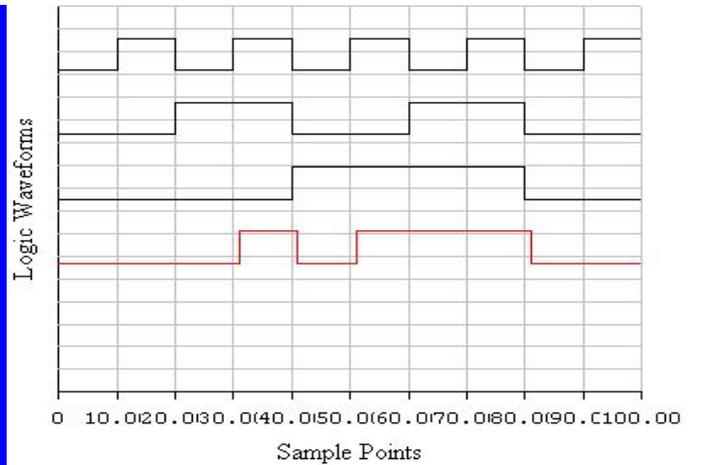
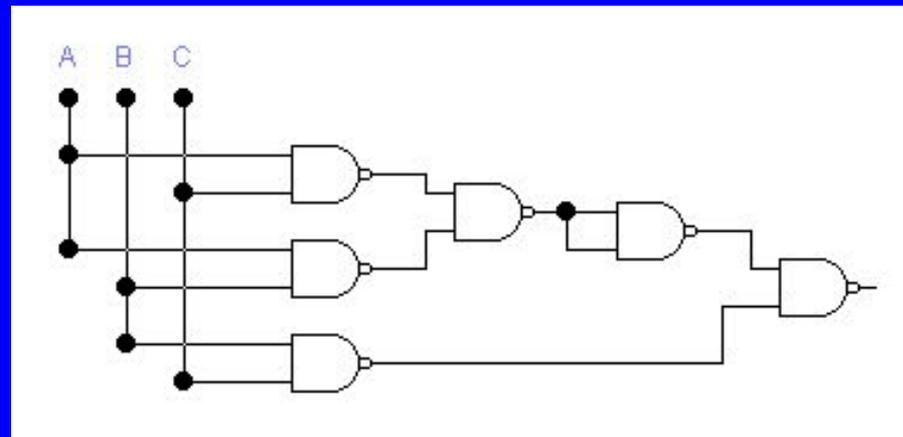
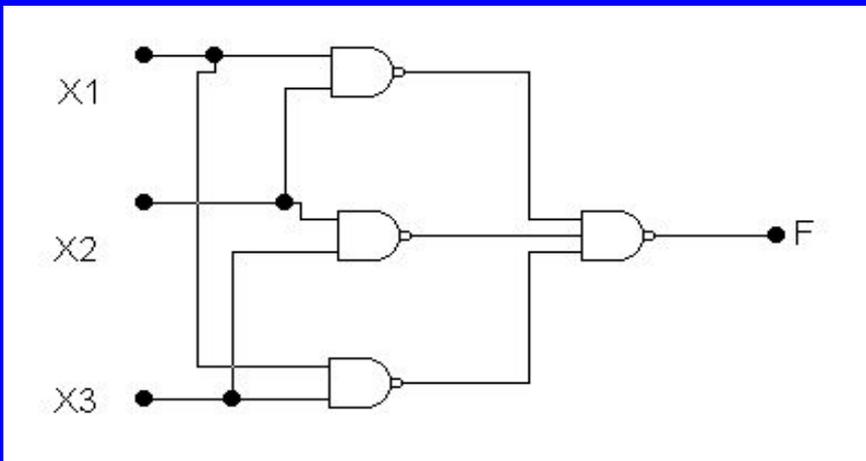
## Минимизация булевого выражения

$$\begin{aligned} F &= \overline{\overline{X_1 X_2 X_3}} + \overline{\overline{\overline{X_1 X_2 X_3}}} + \overline{\overline{\overline{\overline{X_1 X_2 X_3}}}} + \overline{\overline{\overline{\overline{\overline{X_1 X_2 X_3}}}}} = \\ &= \{a + a = a\} = \\ &= (\overline{X_1 X_2 X_3} + X_1 X_2 X_3) + (X_1 \overline{X_2 X_3} + X_1 X_2 X_3) + (X_1 X_2 \overline{X_3} + X_1 X_2 X_3) = \\ &= X_2 X_3 (\overline{X_1} + X_1) + X_1 X_3 (\overline{X_2} + X_2) + X_1 X_2 (\overline{X_3} + \overline{\overline{X_3}}) = \\ &= X_2 X_3 + X_1 X_3 + X_1 X_2. \end{aligned}$$



Сведем к базису И-НЕ (по теореме де Моргана)

$$F = X2X3 + X1X3 + X1X2 = \overline{\overline{X2X3} \cdot \overline{X1X3} \cdot \overline{X1X2}}$$





$$F = \overline{X_1}X_2X_3 + X_1\overline{X_2}X_3 + X_1X_2\overline{X_3} + X_1X_2X_3$$

	$X_2X_3$	$X_2\overline{X_3}$	$\overline{X_2}\overline{X_3}$	$\overline{X_2}X_3$
$X_1$	1	1	0	1
$\overline{X_1}$	1	0	0	0

•  $F = X_1X_2 + X_1X_3 +$

