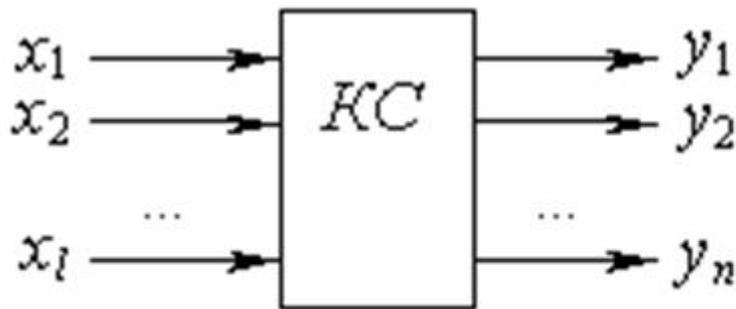


# СИНТЕЗ АВТОМАТОВ БЕЗ ПАМЯТИ

В автоматах без памяти совокупность выходных сигналов  $Y = y_1, y_2, \dots, y_m$  в любой момент времени определяется входными сигналами  $X = x_1, x_2, \dots, x_n$ , поступающими на входы в этот же момент времени.

Реализуемый в этих автоматах способ обработки информации называют комбинационным, а сами автоматы без памяти – комбинационными схемами (КС), так как результат обработки информации зависит только от комбинации входных сигналов и



$$Y(t) = \lambda(x(t)).$$

$x_1, x_2, \dots, x_n$  – ВХОДЫ КС  
 $y_1, y_2, \dots, y_m$  – ВЫХОДЫ КС

Рис. 3.1. Комбинационная схема

Комбинационная схема состоит из логических элементов и реализует булеву функцию или совокупность булевых функций.

**Под логическим элементом понимают техническое устройство, реализующее одну элементарную булеву функцию.**

Обычно логический элемент рассматривается как "черный ящик" и учитывается только реализуемая элементом булева функция.

Конструктивно логические элементы объединяются в единый корпус, называемый *интегральной микросхемой* (ИМС).

**Под ИМС понимается микроминиатюрное электронное устройство, элементы которого нераздельно связаны конструктивно, технологически и электрически.**

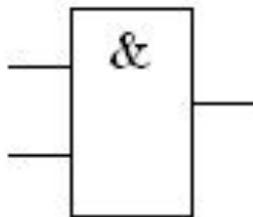
В одном корпусе ИМС могут быть один, два и более логических элементов. Число логических элементов, объединяемых в один<sup>2</sup>

**Базис (совокупность) элементов, выбранных для синтеза КС, всегда должны быть функционально полным, то есть допускать реализацию любой булевой функции на основе принципа суперпозиции.**

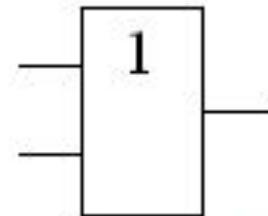
**Если в качестве базиса выбраны элементы И, ИЛИ, НЕ, то считают, что реализован булевый базис.**

**Проектирование схем в булевом базисе наиболее просто, так как все методы минимизации булевых функций в основном ориентированы на него. Поэтому, как правило, на первом этапе КС проектируются в булевом базисе с**

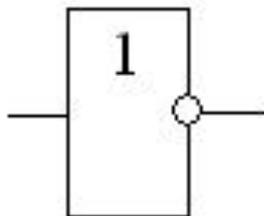
# Обозначения логических элементов, реализующих основные булевы функции И, ИЛИ, НЕ (булевый базис)



конъюнктор (схема И)

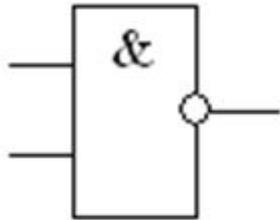


дизъюнктор (схема ИЛИ)

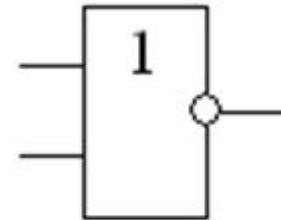


инвертор (схема НЕ)

# Обозначения логических элементов, реализующих функции И-НЕ, ИЛИ-НЕ

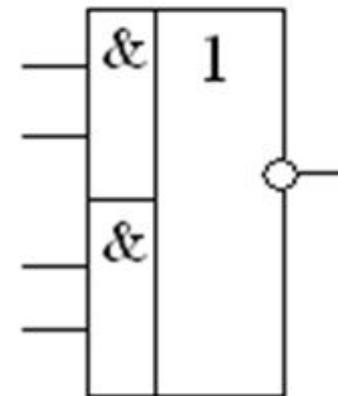


элемент И-НЕ



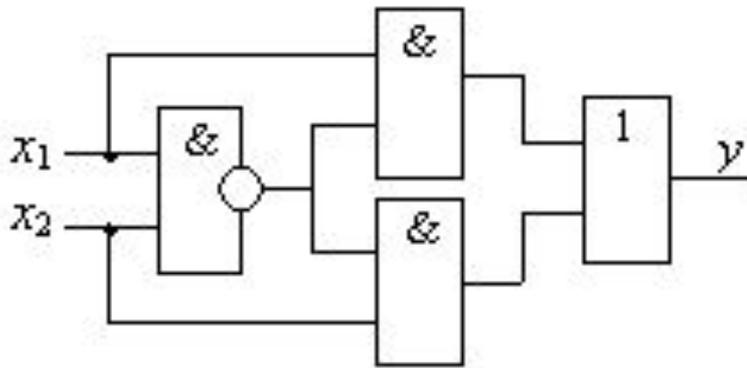
элемент ИЛИ-НЕ

**Обозначение логического элемента, реализующего функцию И-ИЛИ-НЕ**

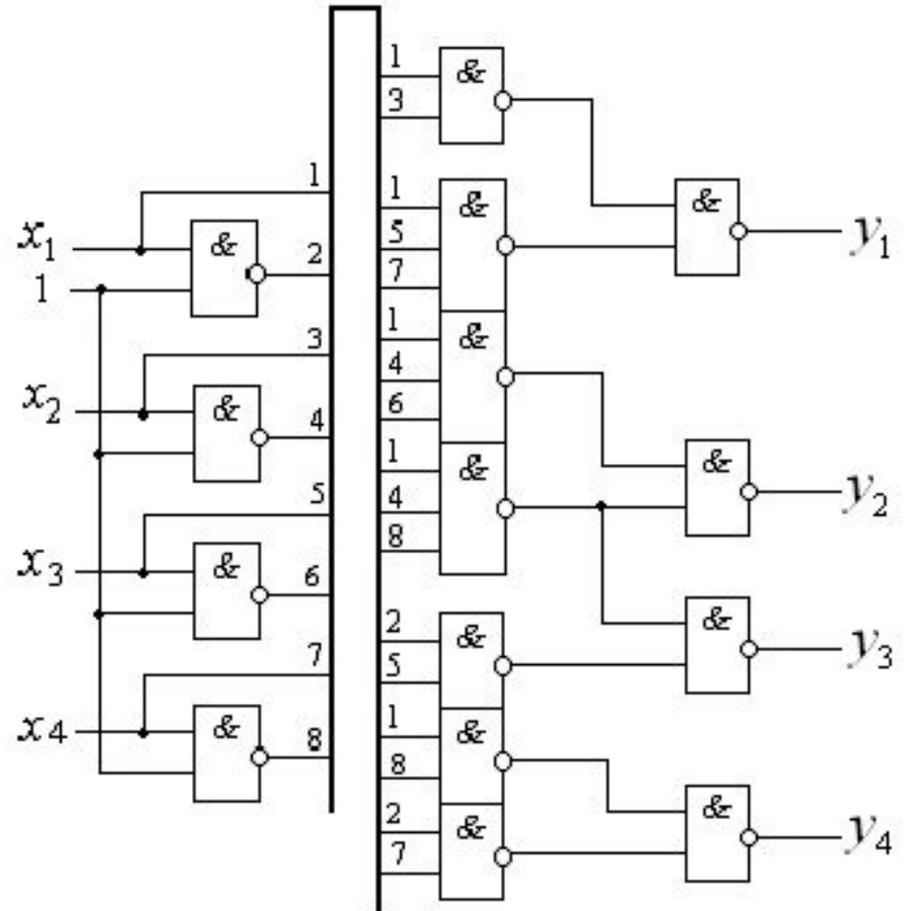


элемент И-ИЛИ-НЕ

Если КС реализует одну булеву функцию, то она называется *одновыходной*. Если КС реализует совокупность булевых функций, то она называется *многовыходной* КС.



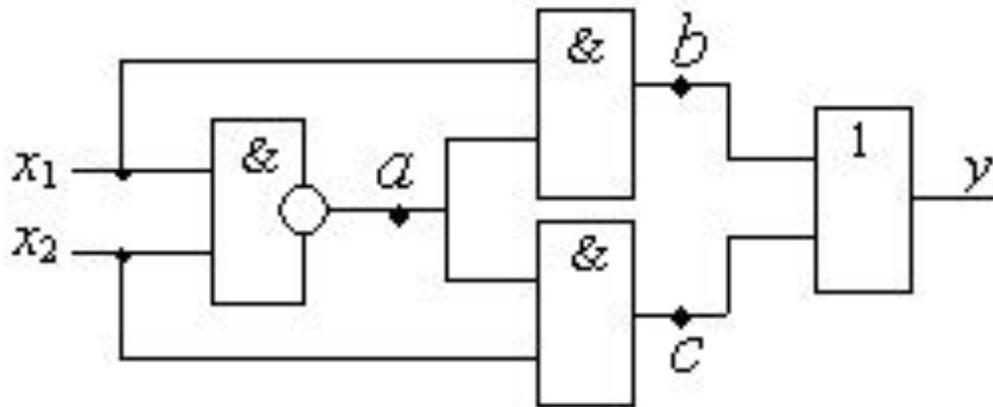
Одновыходная КС



Многовыходная КС

**Задача анализа** заданной КС сводится к отысканию булевой функции или системы булевых функций, описывающих работу этой КС с помощью аппарата алгебры логики.

**Пример.**



$$a = \overline{x_1 \cdot x_2};$$

$$b = x_1 \cdot a;$$

$$c = x_2 \cdot a;$$

$$y = b \vee c.$$

$$y = x_1 a \vee x_2 a = x_1 \overline{x_1 \cdot x_2} \vee x_2 \overline{x_1 \cdot x_2} =$$

$$= x_1 (\overline{x_1} \vee \overline{x_2}) \vee x_2 (\overline{x_1} \vee \overline{x_2}) = x_1 \overline{x_2} \vee \overline{x_1} x_2.$$

*Задача синтеза КС* состоит в построении оптимальной схемы проектируемого узла устройства, исходя из физического описания его работы (технического задания на проектирование).

### *Основные этапы синтеза:*

1. Анализ технического задания и составление таблицы истинности.
2. Минимизация логических функций.
3. Преобразование минимальных логических функций для рациональной реализации логической схемы в заданном базисе.
4. Построение функциональной схемы.

## ***Основные критерии качества технической реализации КС:***

### **- Сложность оборудования.**

На практике оцениваются числом корпусов ИМС, используемых в схеме.

На теоретическом уровне используется оценка сложности КС по Квайну. *Цена схемы по Квайну* определяется суммарным числом входов ЛЭ в составе схемы.

**-Быстродействие.** Оценивается максимальной задержкой сигнала при прохождении его от входа схемы к выходу. При этом считается, что каждый элемент задерживает сигнал на время, равное  $\tau$ .

**- Минимум применяемых элементов.**

# СИНТЕЗ ОДНОВЫХОДНЫХ КОМБИНАЦИОННЫХ СХЕМ

Задача синтеза схемы состоит в преобразовании логических функций в суперпозицию логических элементов заданного типа.

**Исходная булева функция должна быть представлена в минимальной форме: МДНФ или МКНФ.**

**Пример 3.1.**

Реализовать булеву функцию  $y = \bar{x}_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3 \vee \bar{x}_1 x_2 x_3 \vee x_1 \bar{x}_2 x_3 \vee x_1 x_2 \bar{x}_3$  на логических элементах:

а) И, ИЛИ, НЕ;    б) И-НЕ;    в) ИЛИ-НЕ.

**Решение.**

**Найдем МДНФ и МКНФ исходной функции с помощью карты Карно.**

		$x_2 x_3$			
		00	01	11	10
$x_1$	0	1		1	
	1		1	1	
		$x_2$		$x_3$	

**МДНФ:**

$$y = \bar{x}_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3 \vee \bar{x}_1 x_2 x_3 \vee x_1 \bar{x}_2 x_3 \vee x_1 x_2 \bar{x}_3.$$

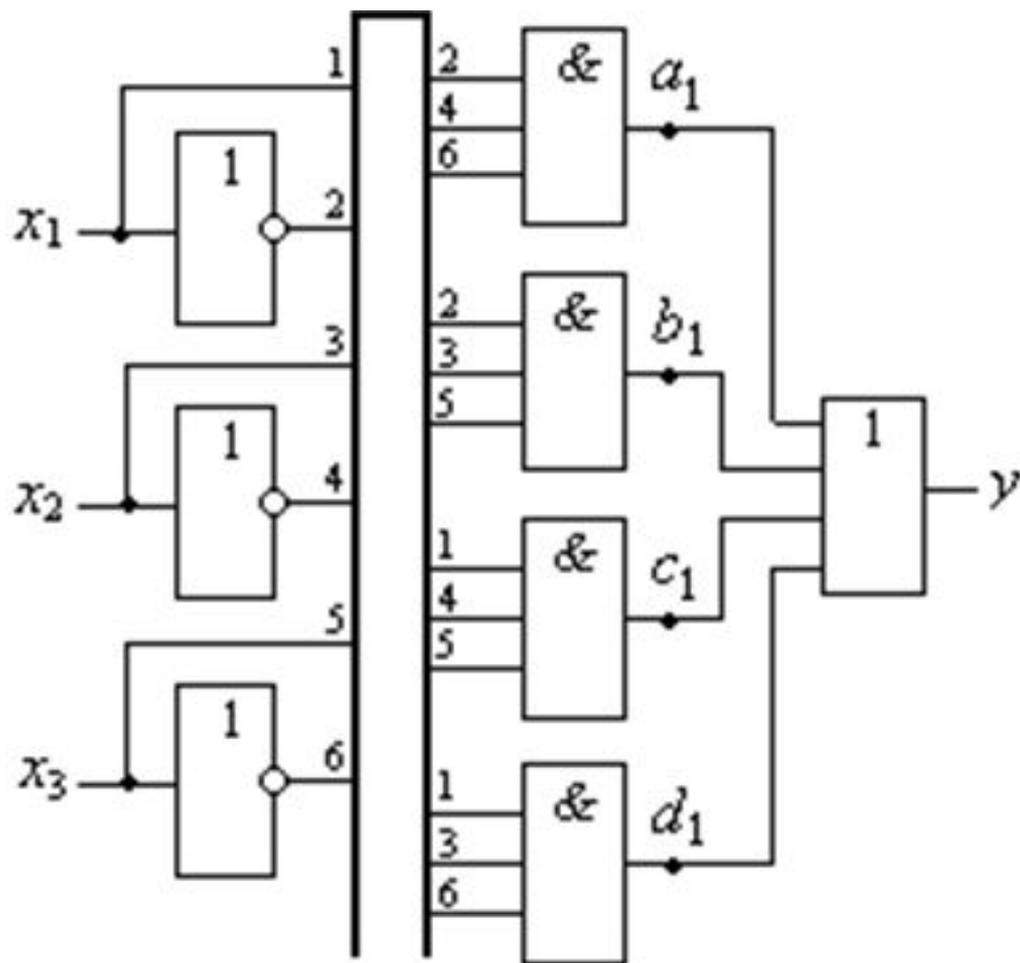
**МКНФ:**

$$y = (x_1 \vee x_2 \vee \bar{x}_3)(x_1 \vee \bar{x}_2 \vee x_3)(\bar{x}_1 \vee x_2 \vee x_3)(\bar{x}_1 \vee \bar{x}_2 \vee \bar{x}_3).$$

а) Для построения схемы на элементах И, ИЛИ, НЕ можно использовать как МДНФ, так и МКНФ функции.

**Построим схему по МДНФ.**

$$y = \bar{x}_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3 \vee \bar{x}_1 x_2 x_3 \vee x_1 \bar{x}_2 x_3 \vee x_1 x_2 \bar{x}_3 = a_1 \vee b_1 \vee c_1 \vee d_1$$

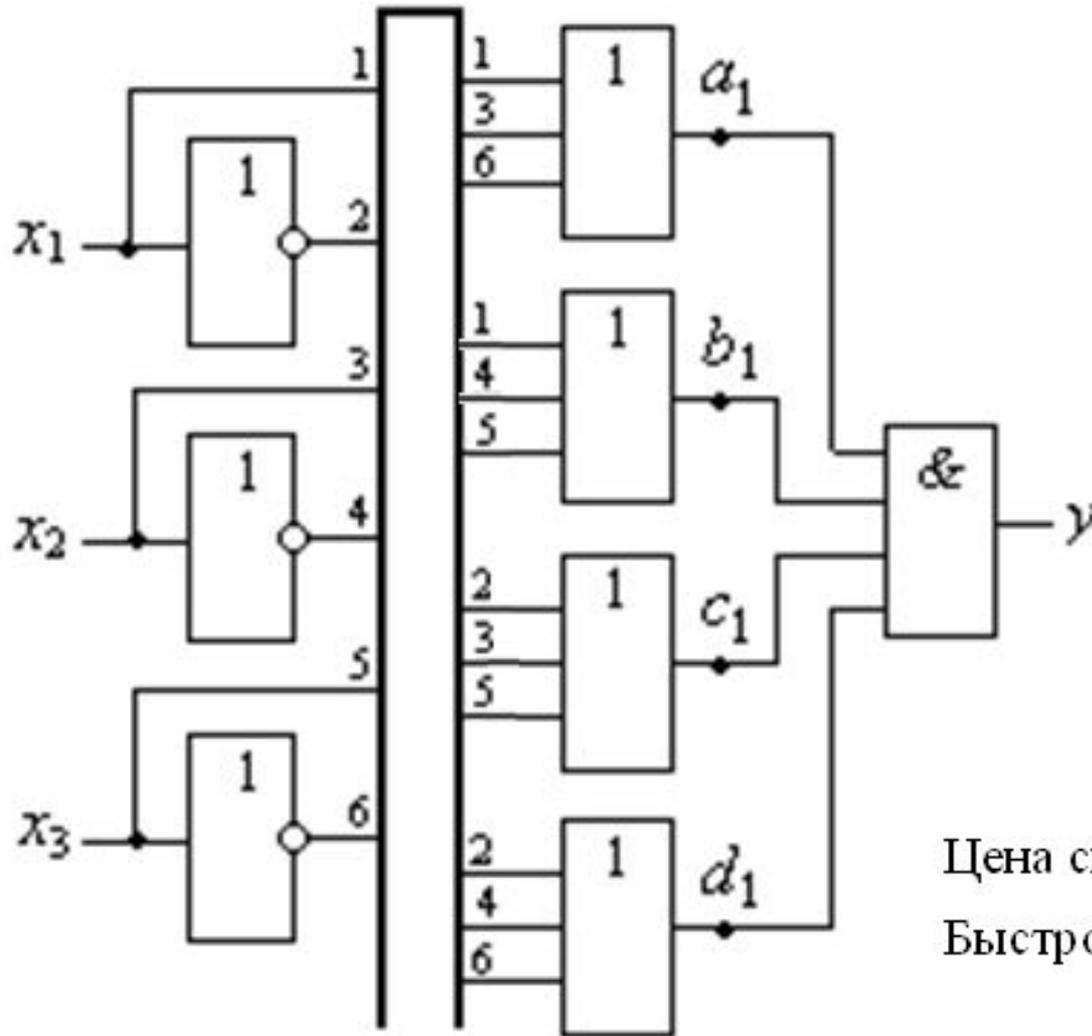


Цена схемы — 19 единиц по Квайну.

Быстродействие — 3  $\tau$ .

## Построим схему по МКНФ.

$$y = (x_1 \vee x_2 \vee \bar{x}_3)(x_1 \vee \bar{x}_2 \vee x_3)(\bar{x}_1 \vee x_2 \vee x_3)(\bar{x}_1 \vee \bar{x}_2 \vee \bar{x}_3) = a_1 b_1 c_1 d_1.$$



Цена схемы — 19 единиц по Квайну.  
Быстродействие — 3  $\tau$ .

б) Для реализации исходной булевой функции на элементах И-НЕ необходимо от МДНФ функции взять двойное отрицание и одно из них раскрыть по правилу Де Моргана, избавляясь от дизъюнкции между элементарными конъюнкциями.

Преобразуем функцию  $y_{\text{МДНФ}}$  для реализации в базисе И-НЕ:

$$y = \bar{x}_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3 \vee \bar{x}_1 x_2 x_3 \vee x_1 \bar{x}_2 x_3 \vee x_1 x_2 \bar{x}_3 =$$

$$= \overline{\overline{\bar{x}_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3} \vee \overline{\bar{x}_1 x_2 x_3} \vee \overline{x_1 \bar{x}_2 x_3} \vee \overline{x_1 x_2 \bar{x}_3}} =$$

$$= \overline{\bar{x}_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3 \cdot \bar{x}_1 x_2 x_3 \cdot x_1 \bar{x}_2 x_3 \cdot x_1 x_2 \bar{x}_3} =$$

$$= \overline{a_2 b_2 c_2 d_2},$$

где  $a_2 = \overline{\bar{x}_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3}$ ,  $b_2 = \overline{\bar{x}_1 x_2 x_3}$ ,  $c_2 = \overline{x_1 \bar{x}_2 x_3}$ ,  $d_2 = \overline{x_1 x_2 \bar{x}_3}$ .

$$y = \overline{\overline{\overline{x_1 \overline{x_2 \overline{x_3}}}} \cdot \overline{\overline{x_1 x_2 x_3}} \cdot \overline{x_1 \overline{x_2} x_3} \cdot \overline{x_1 x_2 \overline{x_3}}} = \boxed{a_2 b_2 c_2 d_2},$$

где  $a_2 = \boxed{\overline{\overline{x_1 \overline{x_2 \overline{x_3}}}}$ ,  $b_2 = \boxed{\overline{\overline{x_1 x_2 x_3}}}$ ,  $c_2 = \boxed{\overline{x_1 \overline{x_2} x_3}}$ ,  $d_2 = \boxed{\overline{x_1 x_2 \overline{x_3}}}$ .

В этом случае функция представлена в виде суперпозиции только операторов И-НЕ.

Для реализации инверторов можно использовать двухвходовые элементы И-НЕ (2И-НЕ).

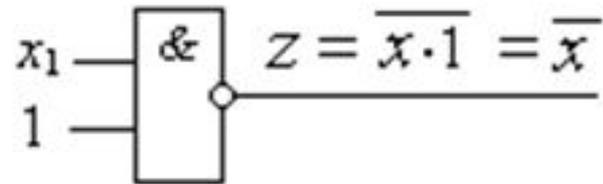
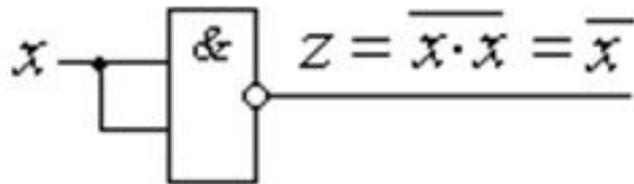
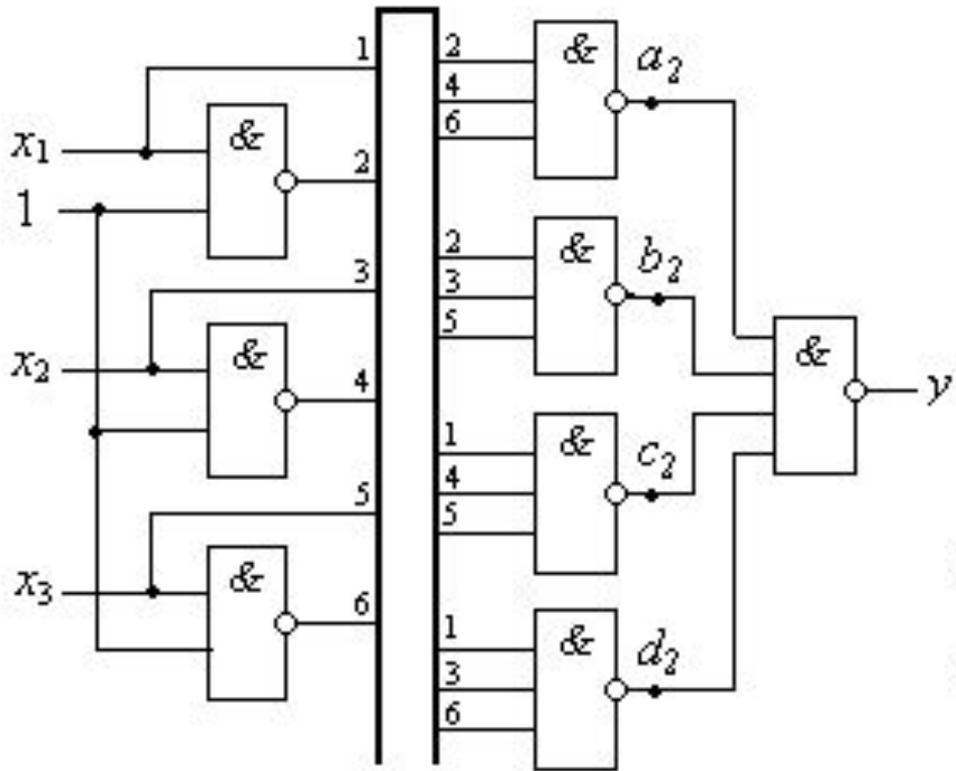


Рис. 3.7. Способы использования элемента типа 2И-НЕ в качестве инвертора

$$Y = \overline{\overline{x_1 x_2 x_3} \cdot \overline{x_1 x_2 x_3} \cdot \overline{x_1 x_2 x_3} \cdot \overline{x_1 x_2 x_3}} = \overline{a_2 b_2 c_2 d_2}$$



Цена схемы — 21 единицу по Квайну.

Быстродействие — 3τ.

Рис. 3.8. Пример реализация булевой функции на элементах И-НЕ

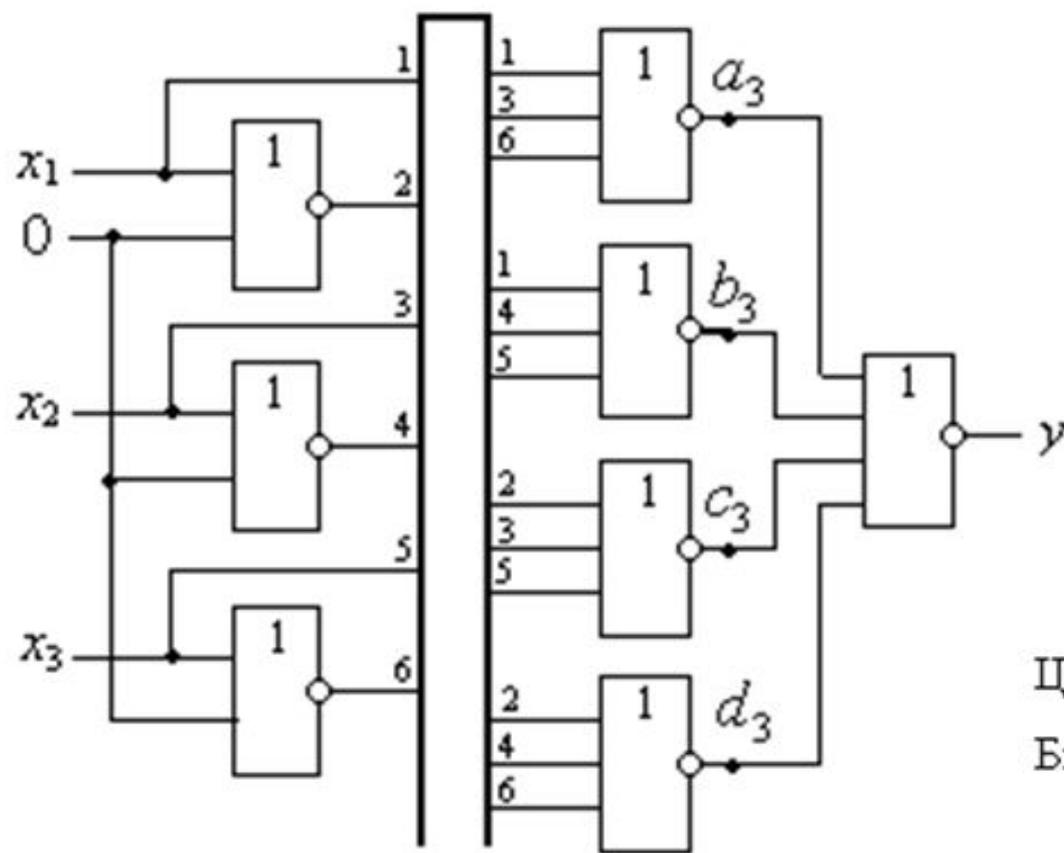
в) Для реализации исходной булевой функции на элементах ИЛИ-НЕ необходимо от МКНФ функции взять двойное отрицание и одно из них раскрыть по правилу Де Моргана, избавляясь от конъюнкции между элементарными дизъюнкциями.

$$\begin{aligned}
 y &= (x_1 \vee x_2 \vee \bar{x}_3)(x_1 \vee \bar{x}_2 \vee x_3)(\bar{x}_1 \vee x_2 \vee x_3)(\bar{x}_1 \vee \bar{x}_2 \vee \bar{x}_3) = \\
 &= \overline{\overline{(x_1 \vee x_2 \vee \bar{x}_3)(x_1 \vee \bar{x}_2 \vee x_3)(\bar{x}_1 \vee x_2 \vee x_3)(\bar{x}_1 \vee \bar{x}_2 \vee \bar{x}_3)}} = \\
 &= \overline{x_1 \vee x_2 \vee x_3 \vee x_1 \vee x_2 \vee x_3 \vee x_1 \vee x_2 \vee x_3 \vee x_1 \vee x_2 \vee x_3} = \\
 &= \overline{a_3 \vee b_3 \vee c_3 \vee d_3},
 \end{aligned}$$

где  $a_3 = \overline{x_1 \vee x_2 \vee \bar{x}_3}$ ,  $b_3 = \overline{x_1 \vee x_2 \vee x_3}$ ,  $c_3 = \overline{\bar{x}_1 \vee x_2 \vee x_3}$ ,  $d_3 = \overline{\bar{x}_1 \vee \bar{x}_2 \vee \bar{x}_3}$ .



$$y = \overline{\overline{x_1 \vee x_2 \vee x_3} \vee \overline{x_1 \vee x_2 \vee x_3} \vee \overline{x_1 \vee x_2 \vee x_3} \vee \overline{x_1 \vee x_2 \vee x_3}} = \overline{a_3 \vee b_3 \vee c_3 \vee d_3}$$



Цена схемы — 21 единицу по Квайну.

Быстродействие — 3τ.

Рис. 3.10. Пример реализации булевой функции на элементах ИЛИ-НЕ