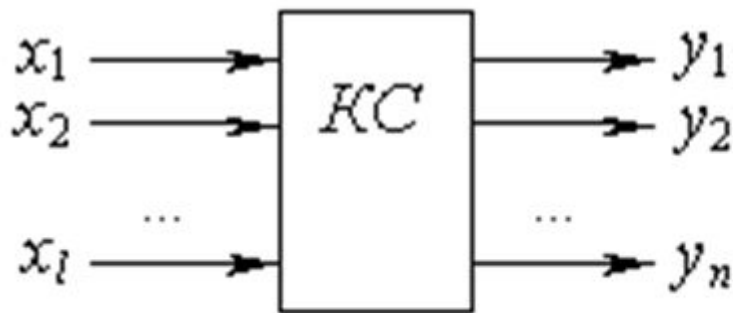


СИНТЕЗ АВТОМАТОВ БЕЗ ПАМЯТИ

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.

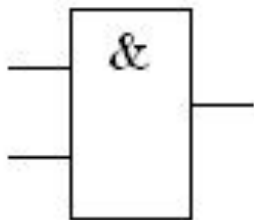
В одном корпусе ИМС могут быть один, два и более логических элементов. Число логических элементов, объединяемых в один²

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

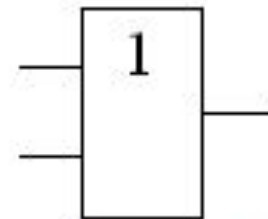
Если в качестве базиса выбраны элементы И, ИЛИ, НЕ, то считают, что реализован булевый базис.

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

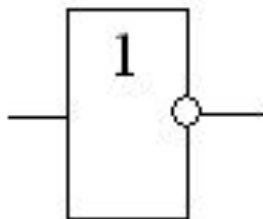
Обозначения логических элементов, реализующих основные булевы функции И, ИЛИ, НЕ (булевый базис)



конъюнктор (схема И)

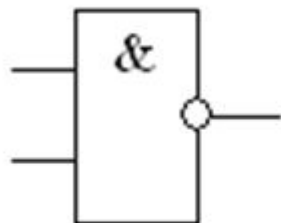


дизъюнктор (схема ИЛИ)

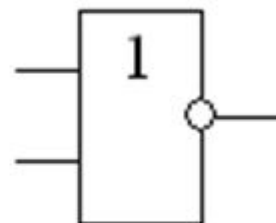


инвертор (схема НЕ)

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

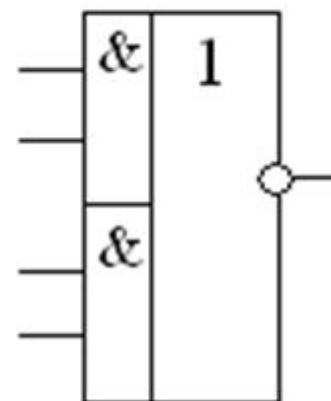


элемент И-НЕ



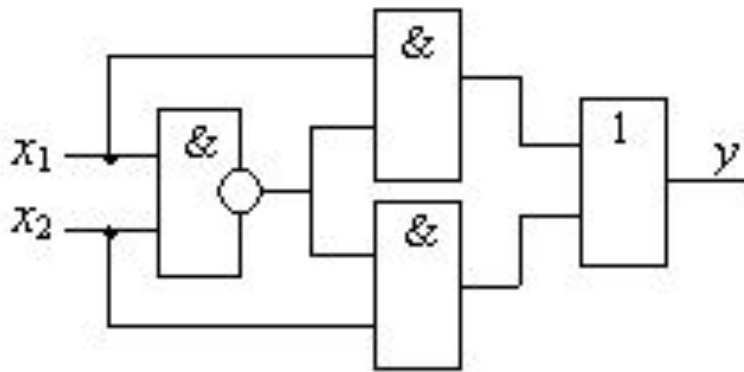
элемент ИЛИ-НЕ

Обозначение логического элемента, реализующего функцию И-ИЛИ-НЕ

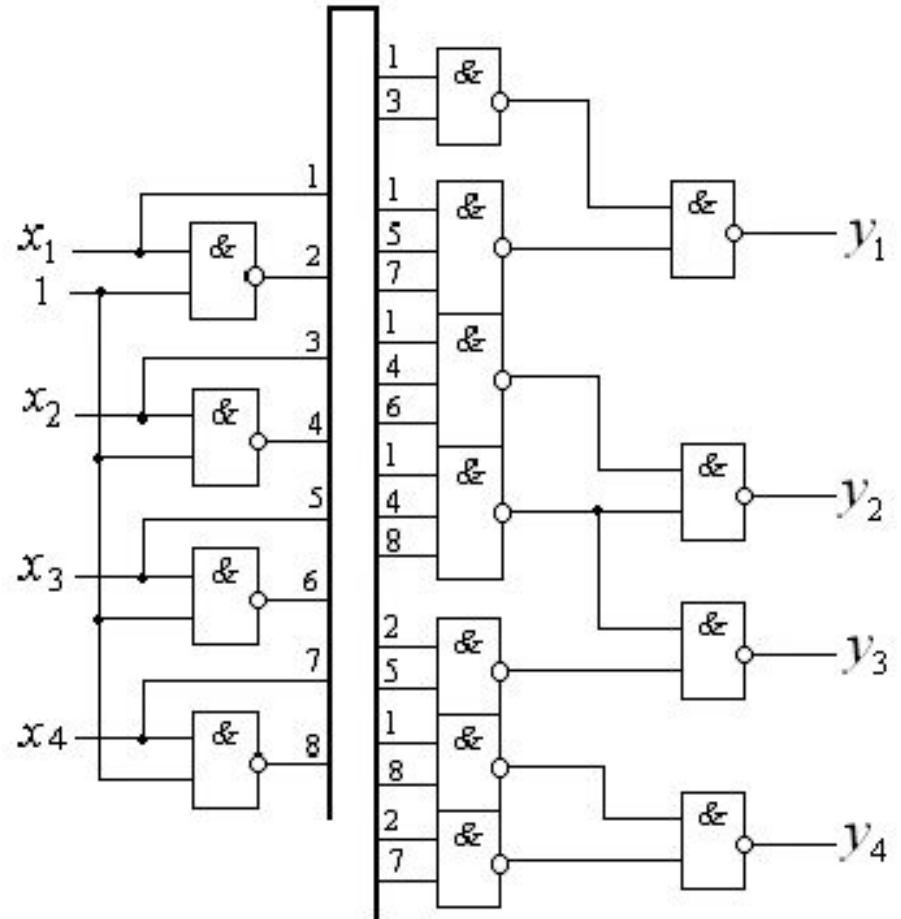


элемент И-ИЛИ-НЕ

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



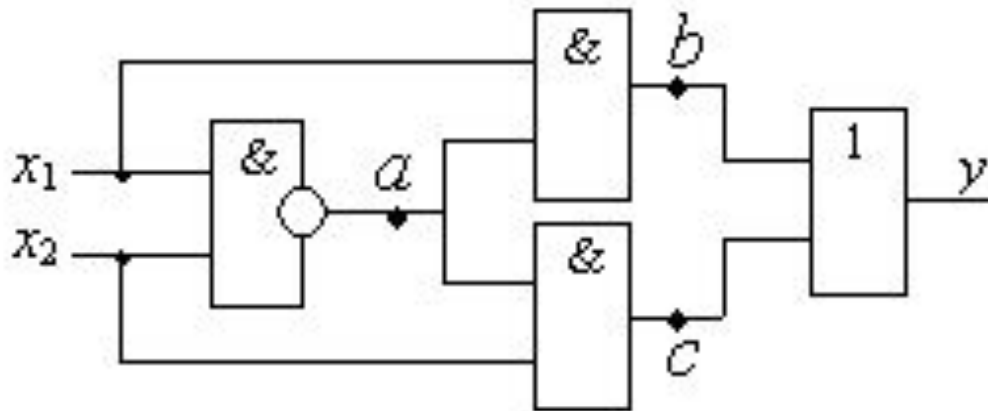
Одновыходная КС



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 τ .

- 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	x_1
	1		1	1	
		x_2		x_3	

МДНФ:

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

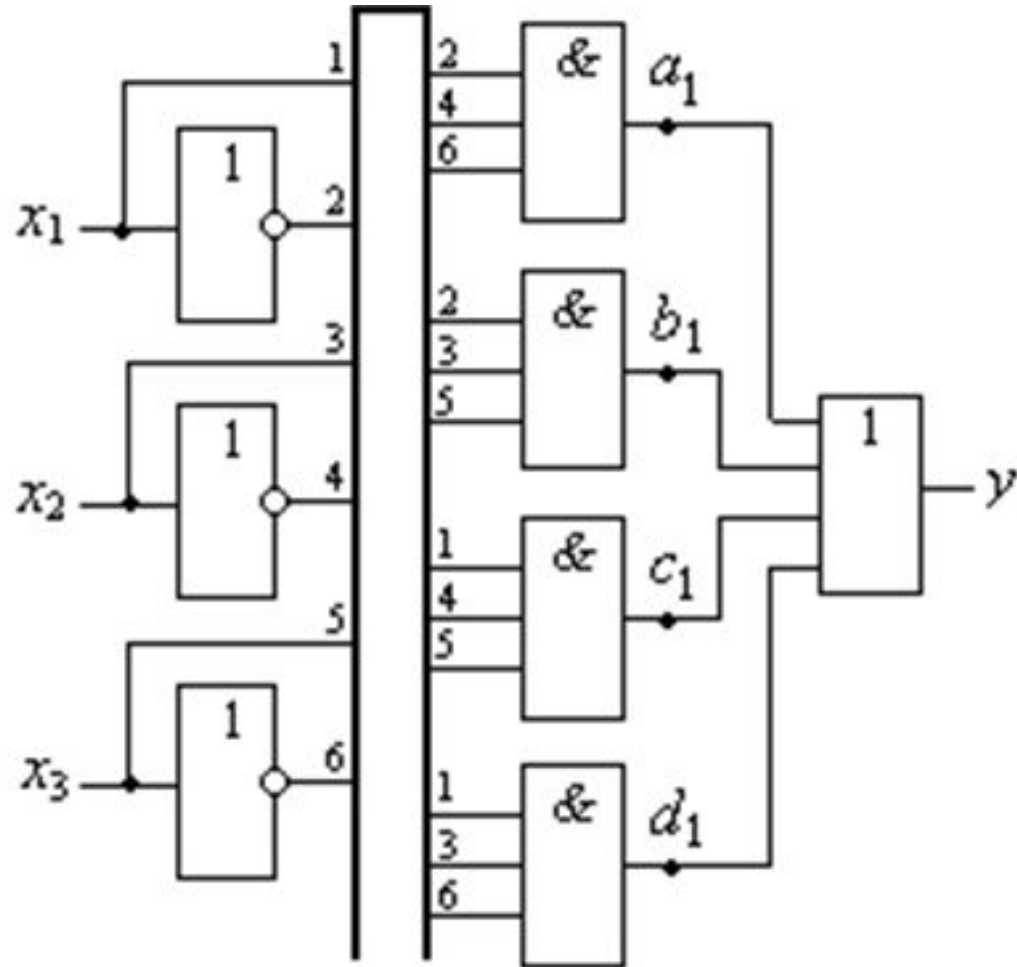
МКНФ:

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

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

Построим схему по МДНФ.

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

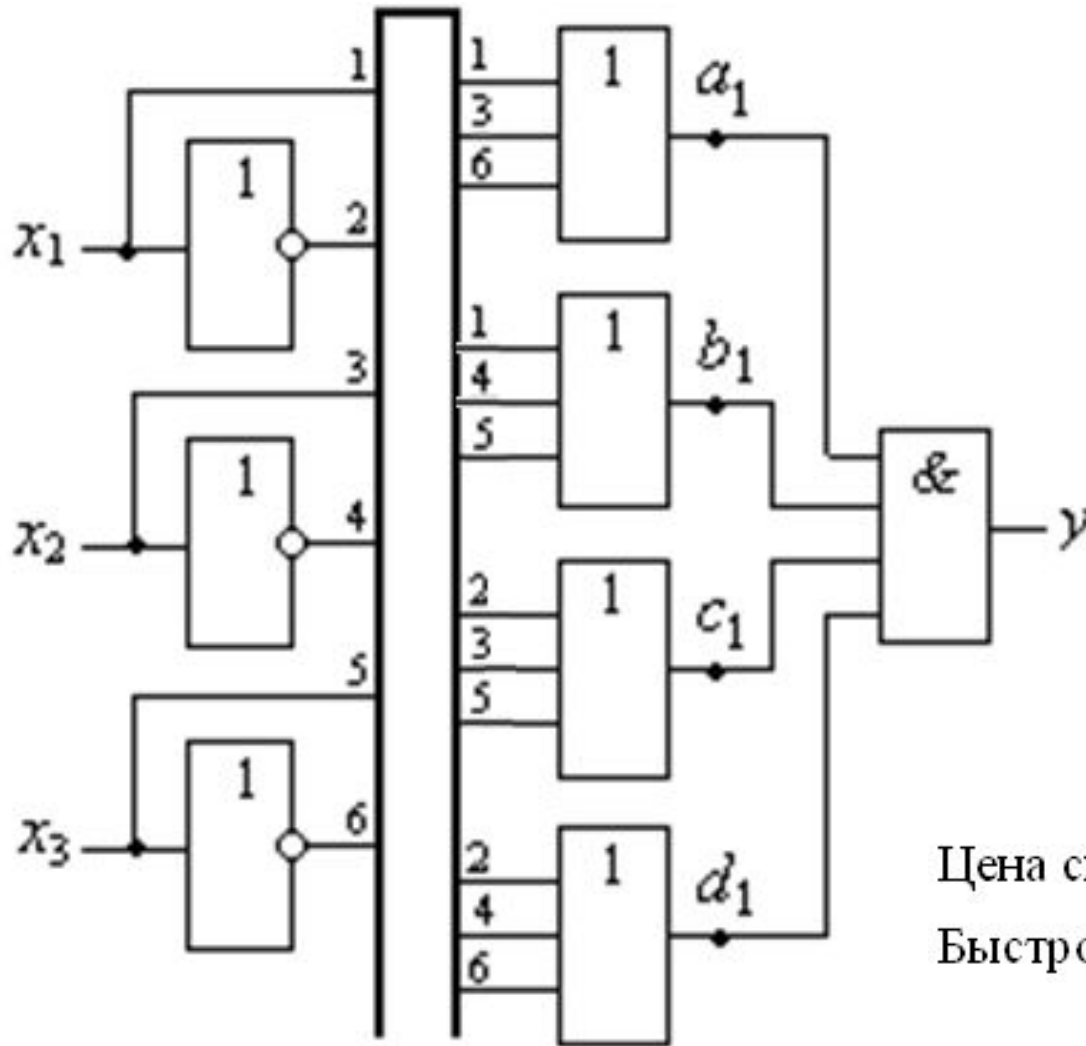


Цена схемы — 19 единиц по Квайну.

Быстродействие — 3 τ .

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 τ .

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:

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

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

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

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

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).

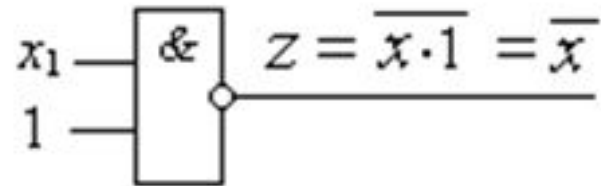
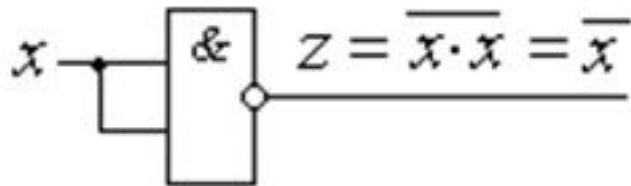
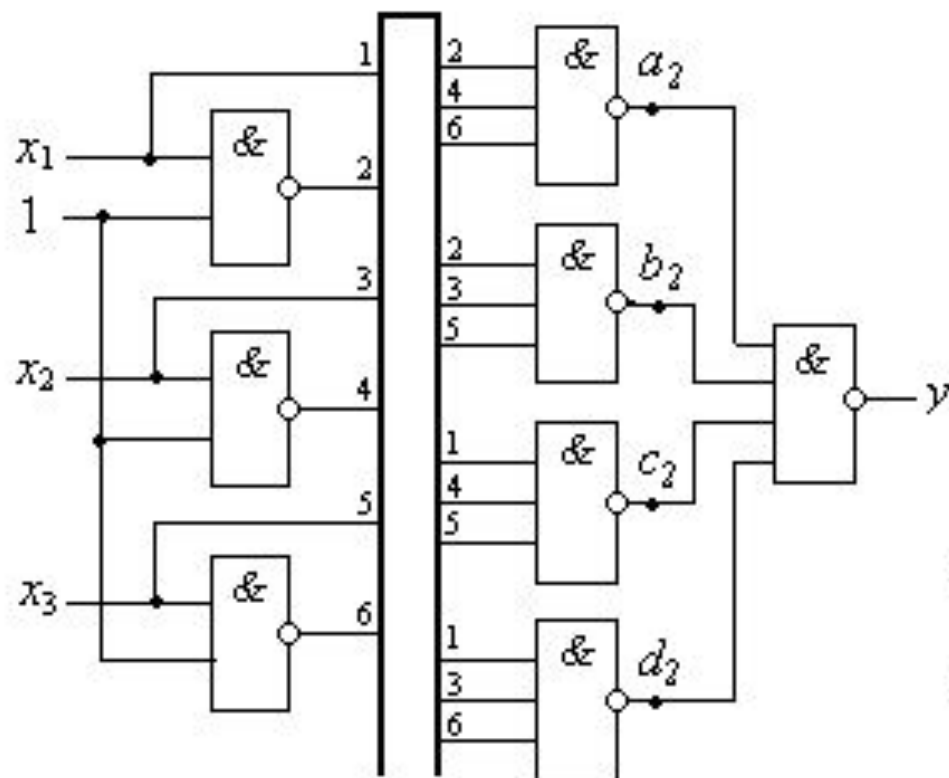


Рис. 3.7. Способы использования элемента типа 2И-НЕ в качестве инвертора

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



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

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

$$\text{где } a_3 = \overline{x_1 \vee x_2 \vee x_3}, \quad b_3 = \overline{x_1 \vee x_2 \vee x_3}, \quad c_3 = \overline{\overline{x_1 \vee x_2 \vee x_3}}, \quad d_3 = \overline{\overline{x_1 \vee x_2 \vee x_3}}.$$

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

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

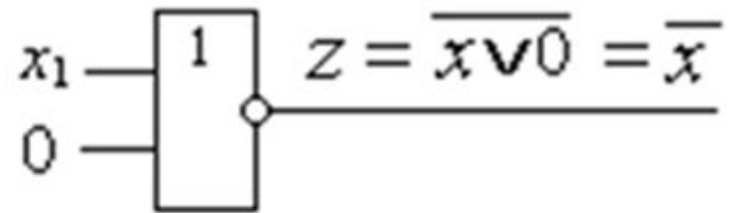
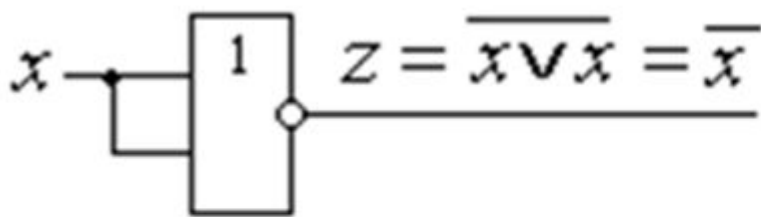
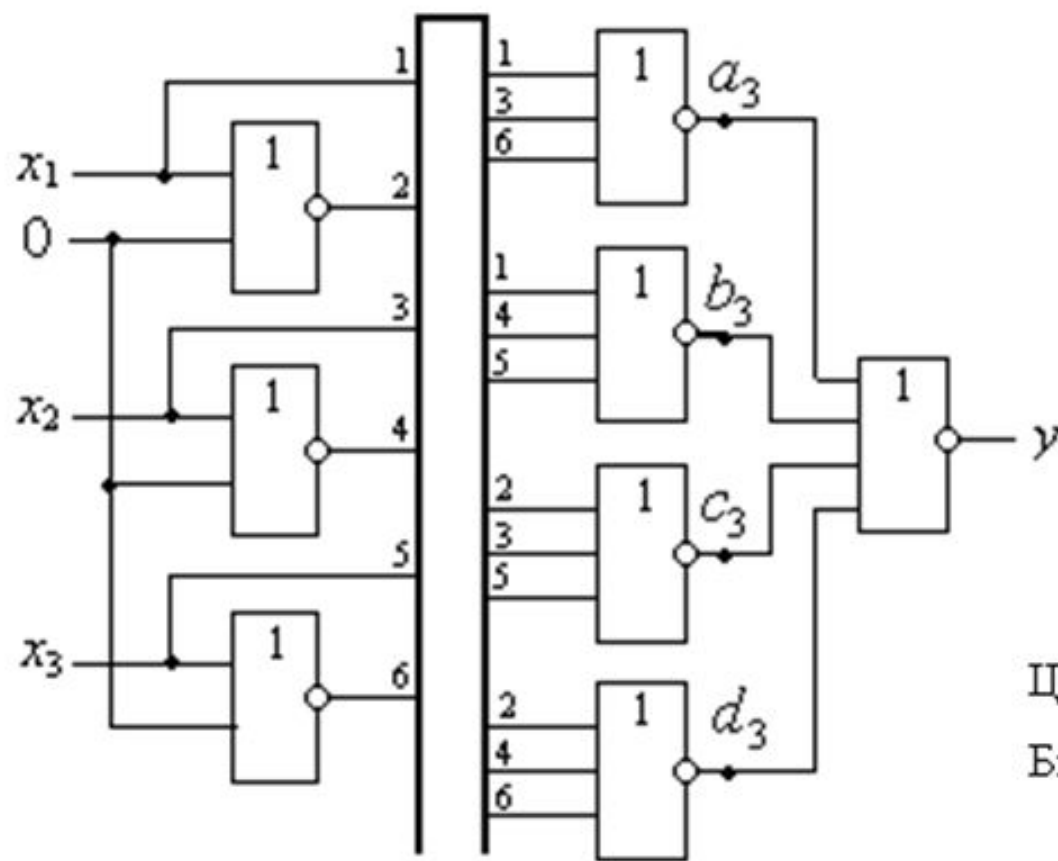


Рис. 3.9. Способы использования элемента типа 2ИЛИ-НЕ в качестве инвертора

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



Цена схемы — 21 единицу по Квайну.

Быстродействие — 3τ.

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