

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 24.04.2024 12:06:55  
Уникальный программный ключ:  
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

# МИНОБРНАУКИ РОССИИ

## Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Юго-Западный государственный университет» (ЮЗГУ)

Кафедра вычислительной техники

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе  
О.Г. Локтионова  
«Юго-Западный  
государственный  
университет»  
« 20 » 2023г.



### СИНТЕЗ ЦИФРОВЫХ АВТОМАТОВ БЕЗ ПАМЯТИ (КОМБИНАЦИОННЫХ СХЕМ)

Методические указания к практической работе  
для студентов направления 09.03.01

Курск 2023

УДК 519.713.1

Составители: И.Е. Чернецкая

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *Т.Н. Конаныхина*

**Синтез цифровых автоматов без памяти (комбинационных схем):**  
методические указания к практической работе/ Юго-Зап. гос. ун-т; сост.; И.Е. Чернецкая. –  
Курск, 2023. - 19 с.: - ил. 6, табл. 2.– Библиогр.: с. 19

Содержат сведения по вопросам синтеза комбинационных схем в универсальных базисах. Рассмотрены этапы синтеза и реализация комбинационных схем в базисах: булевом базисе, штрих Шеффера и стрелка Пирса. Приведены способы реализации комбинационных схем на элементах серии К555 и некоторые приемы преобразования функций для реализации на элементах заданного типа. Представленные теоретические материалы рассмотрены на примерах.

Методические указания соответствуют рабочей программе дисциплины «Теория автоматов».

Предназначены для студентов направления 09.03.01 Информатика и вычислительная техника.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60\*84 1/16.  
Усл. печ. л. 1,0. Уч.-изд. л. 0,9. Тираж 50 экз. Заказ 1280 Бесплатно.  
Юго-Западный государственный университет.  
305040 Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

## Оглавление

Цель работы	4
1 Теоретические основы	4
2 Порядок выполнения практического занятия	13
3 Содержание отчета	18
4 Контрольные вопросы	18
Список литературы	19

**Цель работы:** ознакомление с синтезом автоматов без памяти (комбинационных схем).

## 1 Теоретические основы

*Комбинационная схема или автомат без памяти (КС)* – схема, состоящая из логических элементов, реализующая булеву функцию или совокупность булевых функций. Выходной сигнал КС в любой момент времени определяется совокупностью входных сигналов.

*Логический элемент (ЛЭ)* – техническое устройство, реализующее одну элементарную булеву функцию.

Схема, показывающая связи между различными ЛЭ, где сами ЛЭ представлены условными обозначениями, называется функциональной схемой.

Некоторые логические элементы (переключательные функции) представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Логические элементы одной и двух переменных

Тип элемента	Логическая функция (операция)	Обозначение логической операции	Таблица истинности				Условное изображение	
			$x_1$	0	0	1		1
Элемент НЕ (инвертор)	Логическое отрицание, инверсия	$\bar{x}$ 	$x$	0	1	1	 $y = \bar{x}$	
			$\bar{x}$	1	0	0		
Элемент И (конъюнктор)	Логическое умножение, конъюнкция	$x_1 \cdot x_2$ $x_1 x_2$ $x_1 \wedge x_2$ $x_1 \& x_2$	$x_1 \cdot x_2$	0	0	0	1	 $y = x_1 \cdot x_2$
Элемент ИЛИ (дизъюнктор)	Логическое сложение, дизъюнкция	$x_1 + x_2$ $x_1 \vee x_2$	$x_1 + x_2$	0	1	1	1	 $y = x_1 + x_2$
Элемент И-НЕ (элемент Шеффера)	Штрих Шеффера, отрицание конъюнкции	$\overline{x_1 \cdot x_2}$ $x_1   x_2$	$\overline{x_1 \cdot x_2}$	1	1	1	0	 $y = \overline{x_1 \cdot x_2}$
Элемент ИЛИ-НЕ (элемент Пирса)	Стрелка Пирса, функция Вебба, отрицание дизъюнкции	$\overline{x_1 + x_2}$ $x_1 \downarrow x_2$	$\overline{x_1 + x_2}$	1	0	0	0	 $y = \overline{x_1 + x_2}$

*Задача анализа* заданной КС сводится к отыскиванию значений функции или (системы функций) на выходе этой схемы с помощью аппарата алгебры логики.

*Задача синтеза* КС состоит в построении реальной схемы проектируемого узла, исходя из физического описания 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.
5. Проверка работоспособности схемы и её корректировка.

Минимизация логических функций выполняется методами Квайна и Мак-Класки или с помощью карт Карно. Этот этап является очень важным, так как решением одной и той же задачи может быть очень большое число вариантов, отличающихся по сложности и быстродействию. При реализации КС на интегральных схемах малой степени интеграции традиционные критерии минимизации - минимальное число букв и логических операций в реализуемой функции. Для комбинационных узлов БИС критерием сложности является не только число элементов на кристалле, необходимых для реализации функции узла. Большое значение приобретают морфологические свойства реализуемых схем такие, как регулярность структуры, повторяемость элементов и связей, занимаемая площадь, минимальная длина межсоединений и т.п.

Необходимость следующего этапа обусловлена тем, что применяемые на практике комплексы ЛЭ имеют в своём составе комбинированные логические элементы (КЛЭ) такие, как И-НЕ, ИЛИ-НЕ, И-ИЛИ-НЕ. Следовательно, минимальные функции, выраженные в базисе И, ИЛИ, НЕ, необходимо преобразовать к тому логическому базису, который отвечает выбранным элементам.

На четвёртом этапе составляется функциональная схема в заданном базисе. При этом каждой преобразованной логической функции ставится в соответствии определённый КЛЭ заданного базиса. Связи между КЛЭ определяются логической функцией.

На последнем этапе производится проверка правильности работы схемы на основе алгоритма её функционирования. Решаются вопросы временного согласования сигналов при обмене информацией между элементами КС. В случае необходимости функциональные схемы корректируются.

При разработке КС за *основными критериями качества технической реализации* принимают сложность оборудования, минимум применяемых элементов, быстродействие и надёжность. На практике при реализации КС в заданном базисе количество оборудования оцениваются числом корпусов интегральных микросхем, используемых в схеме. На теоретическом уровне

используется оценка сложности КС по Квайну. Сложность (цена) схемы по Квайну определяется суммарным числом входов ЛЭ в составе схемы. Быстродействие оценивается задержкой сигнала при прохождении его от входа схемы к выходу. Надёжность КС оценивается интенсивностью отказов:

$$\lambda = n / N \cdot t, \quad (1)$$

где  $n$  – количество элементов, вышедших из строя за период испытаний  $t$ ,  
 $N$  – общее количество ЛЭ.

Задача синтеза всегда имеет множество решений. Из этого множества выбираются схемы, критерии качества технической реализации которых удовлетворяют заданию на проектирование.

### **Синтез КЛС в булевом базисе, базисах И-НЕ, ИЛИ-НЕ, И-ИЛИ-НЕ**

Разрабатываемые комбинационные функциональные узлы (КФУ), используемые в устройствах ЭВМ, могут иметь разнообразную конфигурацию. Задача реализации функциональной схемы КФУ состоит в преобразовании описывающих её логических функций в суперпозицию логических элементов заданного типа. Будем при этом предполагать, что исходная булева функция должна быть представлена в минимальной форме: МДНФ или МКНФ, а на входах проектируемой схемы вместе с переменными присутствует их инверсия.

Сформулируем правила преобразования исходной булевой функции для рациональной реализации на элементах И-НЕ, ИЛИ-НЕ, И-ИЛИ-НЕ.

- Для реализации исходной булевой функции на элементах типа И-НЕ необходимо от МДНФ функции взять двойное отрицание и одно из них раскрыть по правилу де Моргана.
- Для реализации исходной булевой функции на элементах типа ИЛИ-НЕ необходимо от МКНФ функции взять двойное отрицание и одно из них раскрыть по правилу де Моргана.
- Для реализации исходной булевой функции на элементах типа И-ИЛИ-НЕ необходимо найти МДНФ отрицания функции.

*Пример 1.* Реализовать функцию  $f(x_1, x_2, x_3, x_4) = \vee (0,2,4,6,7,10,11,14,15)$  на элементах серии К555:

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

*Решение:* а) Для реализации на элементах типа И-НЕ с помощью карты Карно (см. рисунок 1,а) получим МДНФ функции :

$$f = x_1x_2 \vee x_2x_3 \vee \bar{x}_1\bar{x}_4.$$

Берём двойное отрицание от МДНФ функции и одно из них открываем по правилу де Моргана, получаем:

$$f = \overline{\overline{x_1 x_2 \vee x_2 x_3 \vee \bar{x}_1 \bar{x}_4}} = \overline{x_1 x_2 \vee x_2 x_3 \vee \bar{x}_1 \bar{x}_4}.$$

Реализация функции на элементах типа И-НЕ показана на рисунке 2, а.

б) Для реализации функции  $f$  на элементах типа ИЛИ-НЕ получаем МКНФ функции с помощью карт Карно (см. рисунок 2, б):

$$f = (\bar{x}_1 \vee x_3) \cdot (x_3 \vee \bar{x}_4) \cdot (x_1 \vee x_2 \vee \bar{x}_4).$$

Берём двойное отрицание от МКНФ и одно из них открываем по правилу де Моргана, получаем:

$$f = \overline{\overline{(\bar{x}_1 \vee x_3) \cdot (x_3 \vee \bar{x}_4) \cdot (x_1 \vee x_2 \vee \bar{x}_4)}} = \overline{\bar{x}_1 \vee x_3 \vee x_3 \vee \bar{x}_4 \vee x_1 \vee x_2 \vee \bar{x}_4}.$$

Реализация функции на элементах типа ИЛИ-НЕ показана на рисунке 2, б.

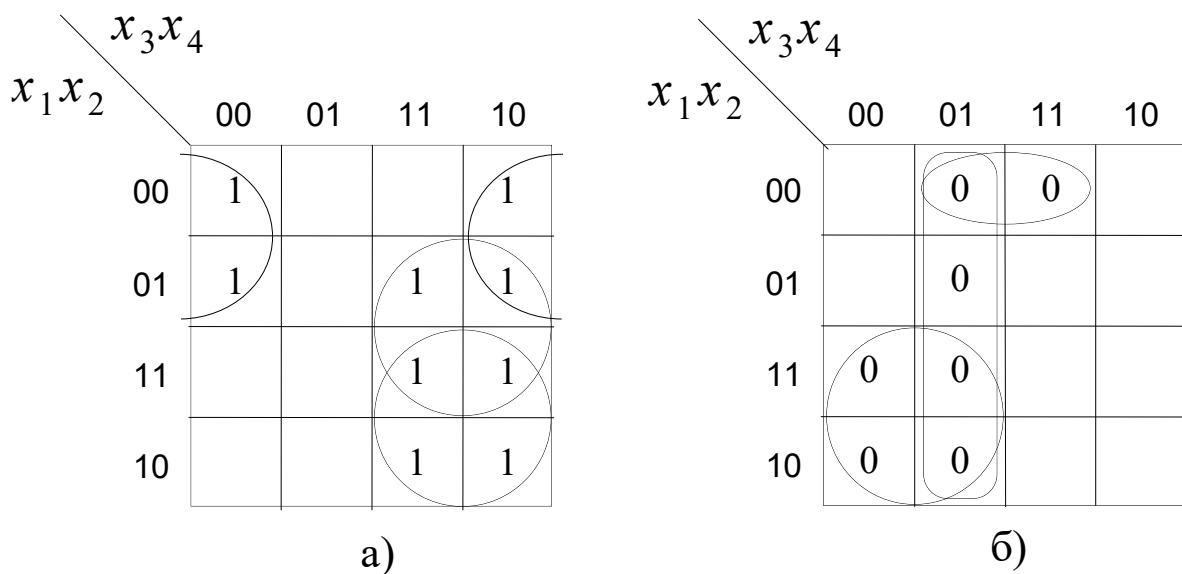


Рисунок 1 – Карта Карно функции к примеру 1

в) Для реализации функции  $f$  на элементах типа И-ИЛИ-НЕ находим с помощью карт Карно (см. рисунок 2, б) МДНФ отрицания функции:

$$f = \overline{x_1 \bar{x}_3 \vee \bar{x}_3 x_4 \vee \bar{x}_1 \bar{x}_2 x_4}.$$

Реализация полученной функции приведена на рисунке 2, в.

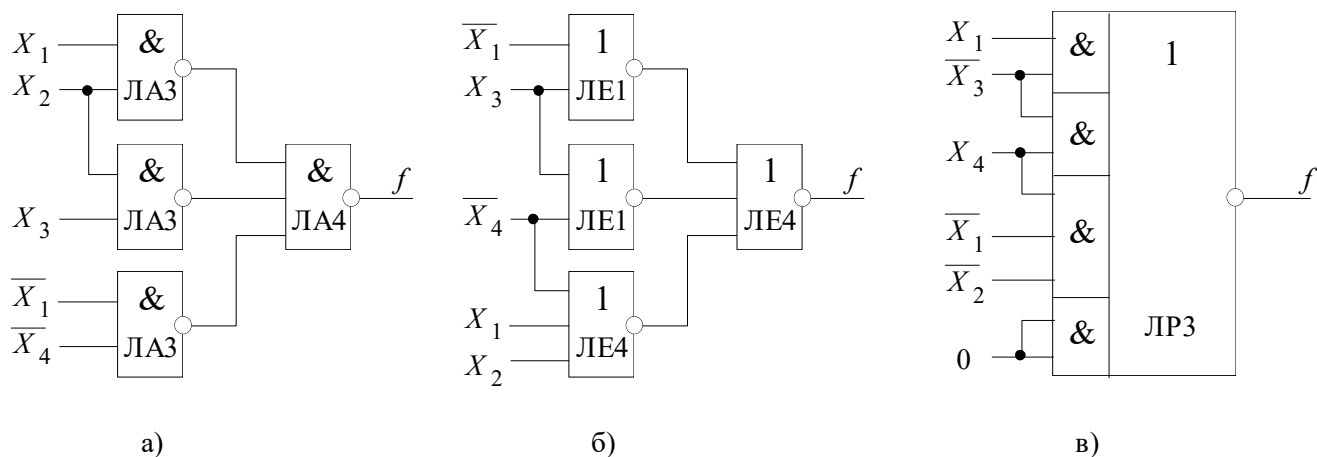


Рисунок 2 – Реализация схемы из примера 1: а – на элементах типа И-НЕ; б – на элементах типа ИЛИ-НЕ; в – на элементах типа И-ИЛИ-НЕ

### Некоторые приемы преобразования функций для реализации на элементах заданного типа

1) При реализации довольно сложных булевых функций указанными приемами иногда получаются выражения, которые непосредственно не реализуются на КЛЭ заданного типа. В этом случае *применяют метод тождественных преобразований с предварительной группировкой*.

*Пример 2.* Реализовать функцию  $Y(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5)$  на элементах типа И-ИЛИ-НЕ серии К555:

$$Y = x_1 \bar{x}_2 x_4 \vee x_1 \bar{x}_3 \bar{x}_5 \vee x_2 \bar{x}_4 x_5 \vee \bar{x}_3 \bar{x}_4 x_5.$$

*Решение.* С помощью карты Карно (см. рис. 2.4,а ) находим МДНФ отрицания функции  $Y$ , склеивая нули:

$$Y = \overline{\bar{x}_1 x_4 \vee x_1 \bar{x}_5 \vee x_2 x_4 x_5 \vee x_2 x_3 \bar{x}_5 \vee \bar{x}_2 x_3 \bar{x}_4}.$$

Полученное выражение не реализуется непосредственно на КЛЭ типа И-ИЛИ-НЕ, имеющихся в серии К555. Сгруппируем два последних терма и получим:

$$Y = \overline{\bar{x}_1 x_4 \vee x_1 \bar{x}_5 \vee x_2 x_4 x_5 \vee x_3 \cdot (x_2 \bar{x}_5 \vee \bar{x}_2 \bar{x}_4)} = \overline{\bar{x}_1 x_4 \vee x_1 \bar{x}_5 \vee x_2 x_4 x_5 \vee x_3 A},$$

где  $A = x_2 \bar{x}_5 \vee \bar{x}_2 \bar{x}_4$ .



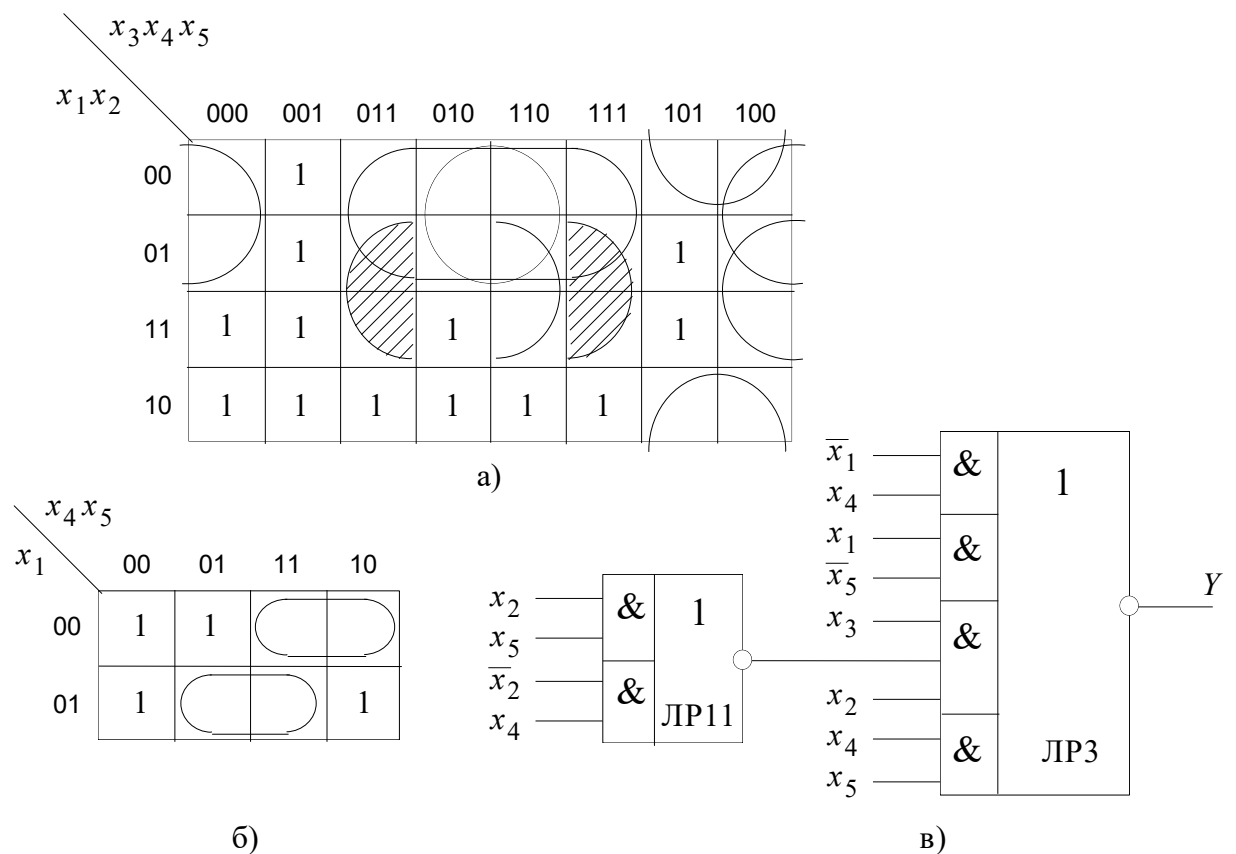


Рисунок 3 – Карты Карно (а, б) и схема (в) к примеру 2

Для  $A(x_2, x_4, x_5)$  еще раз применим карту Карно (рисунок 3, б), с целью приведения этой булевой функции к форме отрицания ДНФ, получим:  
 $A = \overline{x_2 x_5} \vee \overline{\bar{x}_2 x_4}$ .

В итоге получили булеву функцию, легко реализуемую на элементах типа И-ИЛИ-НЕ: К555 ЛР11 и К555 ЛР3 (рисунок 3, в).

2) При синтезе КС на основе реальных КЛЭ необходимо учитывать их ограниченное число входов и нагрузочную способность. Такое ограничение иногда не позволяет реализовать исходную булеву функцию в виде структуры КЛЭ, состоящей только из двух уровней. Для синтеза КС на КЛЭ с меньшим числом входов, чем это требуется по исходной булевой функции, используется факторизационный метод синтеза КС.

Этот метод базируется на преобразовании исходной булевой функции путем выноса за скобку общих логических переменных. В этом случае схема реализации булевой функции будет состоять из более, чем двух уровней, что приведет к уменьшению ее быстродействия.

*Пример 3.* Реализовать функцию  $Y(x_1, x_2, x_3)$  на элементах типа 2И-НЕ (К555 ЛА3).

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

*Решение.* Преобразуем функцию  $Y$  в суперпозицию заданных КЛЭ следующим образом:

$$Y = \bar{x}_1 \bar{x}_2 x_3 \vee \bar{x}_1 x_2 \bar{x}_3 \vee x_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3 \vee x_1 x_2 x_3 = \bar{x}_1 \cdot (\bar{x}_2 x_3 \vee x_2 \bar{x}_3) \vee x_1 \cdot (\bar{x}_2 \bar{x}_3 \vee x_2 x_3) \\ = \bar{x}_1 \cdot A \vee x_1 \cdot \bar{A},$$

где  $A = \bar{x}_2 x_3 \vee x_2 \bar{x}_3$ .

От функции  $Y$  и  $A$  берем двойное отрицание, одно из которых раскрываем по правилу де Моргана:

$$Y = \overline{\overline{\bar{x}_1 A \vee x_1 \bar{A}}} = \overline{\overline{\bar{x}_1 A} \cdot \overline{x_1 \bar{A}}}; \quad A = \overline{\overline{\bar{x}_2 x_3 \vee x_2 \bar{x}_3}} = \overline{\overline{\bar{x}_2 x_3} \cdot \overline{x_2 \bar{x}_3}}.$$

Полученные выражения позволяют реализовать схему с использованием элементов ЛА3 серии К555 (рисунок 4).

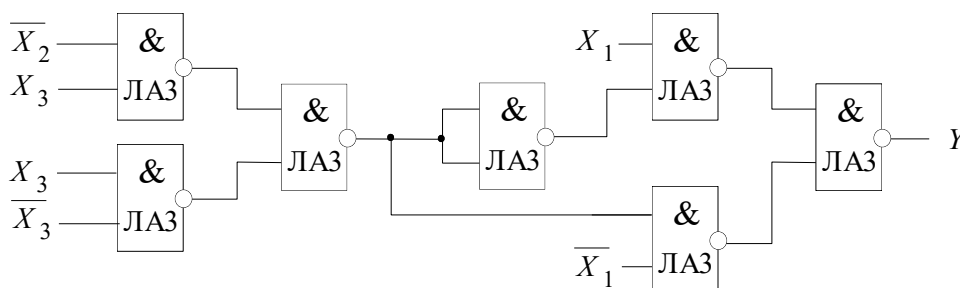


Рисунок 4 – Схема к примеру 3

3) В ряде случаев требуется построить КС, не используя инверсии входных переменных. С этой целью выполняются преобразования исходной функции, рассмотренные в примере 4.

*Пример 4.* Реализовать функцию  $Y(x_1, x_2)$  на элементах серии К555, не используя инверсии входных переменных.

$$Y = x_1 \bar{x}_2 \vee \bar{x}_1 x_2.$$

*Решение.* Используя правила поглощения для элементарных дизъюнкций, можно записать:

$$Y = x_1 \bar{x}_2 \vee \bar{x}_1 x_2 = x_1 \cdot (\bar{x}_1 \vee \bar{x}_2) \vee x_2 \cdot (\bar{x}_1 \vee \bar{x}_2).$$

Далее берем от функции  $Y$  двойное отрицание, одно из которых раскрываем по правилу де Моргана, получим:

$$Y = \overline{\overline{x_1 \cdot (\bar{x}_1 \vee \bar{x}_2) \vee x_2 \cdot (\bar{x}_1 \vee \bar{x}_2)}} = \overline{\overline{\overline{x_1 x_1 x_2} \cdot \overline{x_2 x_1 x_2}}}$$

Реализация этой функции на элементах ЛА3 серии К555 показана на рисунке 5.

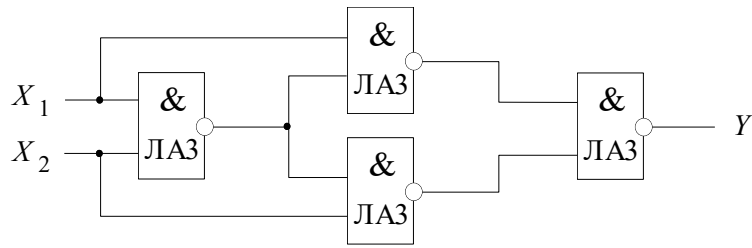


Рисунок 5 – Схема к примеру 4

4) В том случае, если ДНФ функции содержит число элементарных конъюнкций  $\geq 8$ , рекомендуется способ преобразования функции, рассмотренный в примере 5.

*Пример 5.* Реализовать функцию

$$Y(x_1 x_2 x_3 x_4 x_5 x_6) = \bar{x}_1 \bar{x}_3 \vee \bar{x}_2 \bar{x}_3 \vee x_1 \bar{x}_2 x_6 \vee \bar{x}_1 x_2 x_6 \vee \bar{x}_3 \bar{x}_6 \vee \bar{x}_3 \bar{x}_4 x_6 \vee x_5 x_6 \vee x_2 x_4 \bar{x}_6 \vee \bar{x}_1 \bar{x}_4 \bar{x}_5 \bar{x}_6 \vee x_1 x_2 x_3 x_5.$$

*Решение.* Сгруппируем исходные термы так, чтобы число слагаемых в скобке было равно (или  $<$ ) числу схем И в КЛЭ типа И-ИЛИ-НЕ, а ранг соответствовал числу входов схем И:

$$Y = (\bar{x}_1 \bar{x}_3 \vee \bar{x}_2 \bar{x}_3 \vee x_1 \bar{x}_2 x_6 \vee \bar{x}_1 x_2 x_6) \vee (\bar{x}_3 \bar{x}_6 \vee \bar{x}_3 \bar{x}_4 x_6 \vee x_5 x_6 \vee x_2 x_4 \bar{x}_6) \vee (\bar{x}_1 \bar{x}_4 \bar{x}_5 \bar{x}_6 \vee x_1 x_2 x_3 x_5)$$

Возьмем от функции  $Y$  двойное отрицание, одно из которых раскроем, не меняя выражения в скобках, получим:

$$Y = \overline{\overline{\bar{x}_1 \bar{x}_3 \vee \bar{x}_2 \bar{x}_3 \vee x_1 \bar{x}_2 x_6 \vee \bar{x}_1 x_2 x_6} \cdot \overline{\bar{x}_3 \bar{x}_6 \vee \bar{x}_3 \bar{x}_4 x_6 \vee x_5 x_6 \vee x_2 x_4 \bar{x}_6} \cdot \overline{\bar{x}_1 \bar{x}_4 \bar{x}_5 \bar{x}_6 \vee x_1 x_2 x_3 x_5}}$$

Реализация этой функции показана на рисунок 6.

### Оценка результатов проектирования и выбор схемы для использования

В качестве основных критериев качества технической реализации при синтезе комбинационных схем будем использовать:

- а) быстродействие схемы;
- б) сложность оборудования.

*Быстродействие* или длительность работы КС оценивается самой длинной цепью из последовательно включенных микросхем. Будем называть глубиной схемы количество последовательно включенных микросхем. Например, схема, изображенная на рисунке 2, в, имеет глубину, равную единице, схемы на рисунке 4, глубину, равную пяти.

Если известна глубина схемы  $k$ , то длительность ее работы оценивается как

$$T = k \cdot \tau, \quad (2)$$

где  $\tau$  – длительность задержки сигнала КЛЭ.

Для микросхем серии К555 в качестве такой задержки можно принимать 20-25 мс. Для быстродействующего узла важно получить при проектировании минимальную глубину.

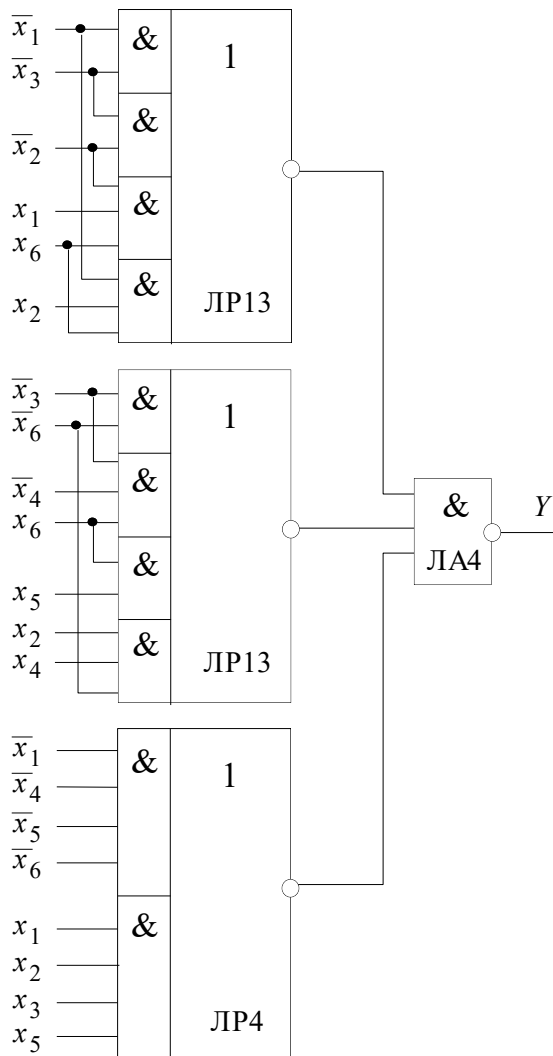


Рисунок 6 – Схема к примеру 5

*Сложность оборудования* оценивается количеством корпусов микросхем, необходимых для реализации данной схемы (с учетом незадействованных КЛЭ). Оценка проводится исходя из количества микросхем, расположенных на одном корпусе. Например, схема, изображенная на рисунке 2, а, требует для реализации два корпуса (1 корпус для трех элементов ЛА3 и 1 корпус ЛА4)  $N=2$ .

Кроме рассмотренных критериев важной оценкой работоспособности схемы являются оценка степени нагруженности входных сигналов, в связи с тем, что выход КЛЭ серии К555 можно нагрузить не более чем на 14 входов без нарушений ее работоспособности. По результату оценки выясняют,

достаточна ли нагрузочная способность поступающих сигналов для их использования в данной схеме.

Выбор одного из спроектированных вариантов схемы должен делаться с учетом конкретных условий ее работы. В быстродействующем устройстве наибольшую роль играет скорость и этот критерий является самым важным, по нему ведется сравнение различных вариантов схемы и делается окончательный выбор. Если скорость не важна, самым важным может оказаться экономичность. Часто при проектировании схем выдвигается в качестве критерия оптимальное соотношение быстродействия и сложности КС.

## 2 Порядок выполнения практического занятия

Получить вариант задания у преподавателя согласно таблице 2.

В каждом варианте представлены задания для синтеза КС и схемы сравнения.

Таблица 2 – Примеры вариантов заданий на практическую работу

№ варианта	Исходная функция	Базис
1	$F(0,2,4,8,10,12,18,20,21,23,29,31)$	Штрих Шеффера
	$F(0,1,2,5,7,8,10,12,14)$	Стрелка Пирса
	$A > B$ , где А и В двухразрядные слова	Булевый базис
2	$F(0,4,10,13,15,19,24)$	Стрелка Пирса
	$F(0,1,3,8,10,11,15)$	Булевый базис
	$A < B$ , где А и В двухразрядные слова	Штрих Шеффера
3	$F(0,1,3,8,10,11,15,18,20,24,28,30)$	Булевый базис
	$F(1,2,3,9,10,12,13,14,15)$	Стрелка Пирса
	$A = B$ , где А и В двухразрядные слова	Штрих Шеффера
4	$F(2,3,5,7,10,12,13,17,19,21,23,28,30)$	Штрих Шеффера
	$F(2,3,5,7,10,12,13)$	Стрелка Пирса
	$A \leq B$ , где А и В двухразрядные слова	Булевый базис
5	$F(4,7,10,12,15,19,24,25,29,30,31)$	Штрих Шеффера
	$F(0,2,4,7,8,9,10,12,13,15)$	Булевый базис
	$A \geq B$ , где А и В двухразрядные слова	Стрелка Пирса
6	$F(1,3,4,6,7,10,12,13,14,15,18,21,28,30,31)$	Штрих Шеффера
	$F(0,2,3,4,8,9,10,12,15)$	Стрелка Пирса
	$A > B$ , где А и В двухразрядные слова	Булевый базис

№ варианта	Исходная функция	Базис
7	F (0,2,4,8,16,17,29,30,31)	Стрелка Пирса
	F (0,4,10,13,15)	Булевый базис
	A<B, где A и B двухразрядные слова	Штрих Шеффера
8	F (0,2,3,5,10,18,24,25,29,31)	Булевый базис
	F (0,1,3,8,10,11,15)	Стрелка Пирса
	A=B, где A и B двухразрядные слова	Штрих Шеффера
9	F (4,7,10,12,15,19,24,25,29,30,31)	Штрих Шеффера
	F (2,3,5,7,10,12,13)	Стрелка Пирса
	A>B, где A и B двухразрядные слова	Булевый базис
10	F (0,1,2,5,7,10,12,14,16,28,30)	Штрих Шеффера
	F (0,4,10,13,15,19,24)	Булевый базис
	A≤B, где A и B двухразрядные слова	Стрелка Пирса
11	F (0,2,4,8,16,17,29,30,31)	Штрих Шеффера
	F (0,1,2,5,7,10,12,14)	Стрелка Пирса
	A=B, где A и B двухразрядные слова	Булевый базис
12	F (1,9,10,12,13,14,15,19,20,24,28,30)	Стрелка Пирса
	F (0,2,3,5,10,11,14)	Булевый базис
	A≥B, где A и B двухразрядные слова	Штрих Шеффера
13	F (4,7,10,12,15,19,24,25,29,30,31)	Булевый базис
	F (1,3,4,6,7,10,12,13,14,15)	Стрелка Пирса
	A≤B, где A и B двухразрядные слова	Штрих Шеффера
14	F (2,3,5,7,10,12,13,17,19,21,23,28,30)	Штрих Шеффера
	F (0,2,3,4,7,10,12,15)	Стрелка Пирса
	A>B, где A и B двухразрядные слова	Булевый базис
15	F (0,1,3,8,10,11,15,18,20,24,28,30)	Штрих Шеффера
	F (0,2,4,8,9,11,12,13)	Булевый базис
	A<B, где A и B двухразрядные слова	Стрелка Пирса
16	F (0,4,10,13,15,19,24)	Штрих Шеффера
	F (1,3,4,7,10,12,13,15)	Стрелка Пирса
	A=B, где A и B двухразрядные слова	Булевый базис
17	F (0,2,4,8,10,12,18,20,21,23,29,31)	Стрелка Пирса
	F (0,2,3,5,10,11,13)	Булевый базис

№ варианта	Исходная функция	Базис
	$A \geq B$ , где A и B двухразрядные слова	Штрих Шеффера
18	F (0,1,2,5,7,10,12,14,16,28,30)	Булевый базис
	F (0,2,3, 4,8,9, 10,12,15)	Стрелка Пирса
	$A \leq B$ , где A и B двухразрядные слова	Штрих Шеффера
19	F (0,2,4,8,16,17,29,30,31)	Штрих Шеффера
	F (0,4,10,13,15,19,24)	Стрелка Пирса
	$A > B$ , где A и B двухразрядные слова	Булевый базис
20	F (1,3,4,6,7,10,12,13,14,15,18,21,28,30,31)	Штрих Шеффера
	F (0, 2,3,5,7,9,10,12,13)	Булевый базис
	$A < B$ , где A и B двухразрядные слова	Стрелка Пирса
21	F (0,2,3,5,10,18,24,25,29,31)	Штрих Шеффера
	F (0,1,3,8,10,11,15)	Стрелка Пирса
	$A \geq B$ , где A и B двухразрядные слова	Булевый базис
22	F (1,9,10,12,13,14,15,19,20,24,28,30)	Стрелка Пирса
	F (1,2,5,6,7,9,10,12,13,14,15)	Булевый базис
	$A = B$ , где A и B двухразрядные слова	Штрих Шеффера
23	F (0,2,4,7,8,9, 10,12 ,13, 15)	Булевый базис
	F (4,7,10,12,15,19,24,25,29,30,31)	Стрелка Пирса
	$A > B$ , где A и B двухразрядные слова	Штрих Шеффера
24	F (2,3,5,7,10,12,13)	Штрих Шеффера
	F (2,3,5,7,10,12,13,17,19,21,23,28,30)	Стрелка Пирса
	$A \geq B$ , где A и B двухразрядные слова	Булевый базис
25	F (0,1,3,8,10,11,15,18,20,24,28,30)	Штрих Шеффера
	F (1,2,3,9,10,12,13,14,15)	Булевый базис
	$A \leq B$ , где A и B двухразрядные слова	Стрелка Пирса
26	F (0,4,10,13,14,15,19,24)	Штрих Шеффера
	F (0,1,3,8,10,11,15)	Стрелка Пирса
	$A = B$ , где A и B двухразрядные слова	Булевый базис
27	F (0,2,4,8,10,12,18,20,21,23,29,31)	Стрелка Пирса
	F (0,1,2,5,7,8,10,12,14)	Булевый базис
	$A < B$ , где A и B двухразрядные слова	Штрих Шеффера
28	F (0,1,3,8,10,11,15)	Булевый базис

№ варианта	Исходная функция	Базис
	F (0,2,4,8,16,17,29,30,31)	Стрелка Пирса
	$A > B$ , где A и B двухразрядные слова	Штрих Шеффера
29	F (1,3,4,6,7,10,12,13,14,15,18,21)	Штрих Шеффера
	F (1,3,4,6,7,10,12,13,14,15)	Стрелка Пирса
	$A \leq B$ , где A и B двухразрядные слова	Булевый базис
30	F (0,4,10,13,15,19,24)	Штрих Шеффера
	F (0,1,2,5,7,10,12,14)	Булевый базис
	$A \geq B$ , где A и B двухразрядные слова	Стрелка Пирса
31	F (4,7,10,12,15,24,25,29,31)	Штрих Шеффера
	F (0,1,3,8,10,11,15)	Стрелка Пирса
	$A = B$ , где A и B двухразрядные слова	Булевый базис
32	F (0,1,2,3,5,10,18,24,25,29,31)	Стрелка Пирса
	F (0,1,3,8,10,11,15)	Булевый базис
	$A > B$ , где A и B двухразрядные слова	Штрих Шеффера
33	F (0,2,4,8,16,17,29,30,31)	Булевый базис
	F (0,4,10,13,15)	Стрелка Пирса
	$A < B$ , где A и B двухразрядные слова	Штрих Шеффера
34	F (1,3,4,6,7,10,12,13,14,15,18,21,28,30,31)	Штрих Шеффера
	F (0,4,10,13,15)	Стрелка Пирса
	$A \leq B$ , где A и B двухразрядные слова	Булевый базис
35	F (4,7,10,12,15,16,23,25,29,30,31)	Штрих Шеффера
	F (0,1,3,8,10,11,12,15)	Булевый базис
	$A \geq B$ , где A и B двухразрядные слова	Стрелка Пирса
36	F (0,1,3,8,10,11,15,18,20,24,28,30)	Штрих Шеффера
	F (0,2,3,4,7,10,12,15)	Стрелка Пирса
	$A > B$ , где A и B двухразрядные слова	Булевый базис
37	F (1, 3,6,7,10,12,14,15)	Стрелка Пирса
	F (0,2,3,5,7,9,10,18,24,25,29,31)	Булевый базис
	$A = B$ , где A и B двухразрядные слова	Штрих Шеффера
38	F (1,9,10,12,13,14,15,19,20,24,28,30)	Булевый базис
	F (0,2,3,5,10,11,14)	Стрелка Пирса
	$A \leq B$ , где A и B двухразрядные слова	Штрих Шеффера



№ варианта	Исходная функция	Базис
39	F (2,3,5,7,10,12,13,17,19,21,23,28,30)	Штрих Шеффера
	F (0,2,3,4,7,10,12,15)	Стрелка Пирса
	$A \geq B$ , где A и B двухразрядные слова	Булевый базис
40	F (4,7,10,12,15,19,24,31)	Штрих Шеффера
	F (0,2,3,5,10,13,14)	Булевый базис
	$A > B$ , где A и B двухразрядные слова	Стрелка Пирса
41	F (0,2,3,4,7,10,12,15)	Штрих Шеффера
	F (0,1,3,8,10,11,15,19,21,24,28,30)	Стрелка Пирса
	$A = B$ , где A и B двухразрядные слова	Булевый базис
42	F (0,2,3,4,7,10,12,15)	Стрелка Пирса
	F (2,3,5,7,10,12,13,17,19,21,23,28,30)	Булевый базис
	$A \leq B$ , где A и B двухразрядные слова	Штрих Шеффера
43	F (0,1,3,8,10,11,15,18,20,24,28,30)	Булевый базис
	F (0,2,4,8,9,11,12,13)	Стрелка Пирса
	$A \geq B$ , где A и B двухразрядные слова	Штрих Шеффера
44	F (0,4,10,13,15,19,24)	Штрих Шеффера
	F (0,2,3,5,10,11,13)	Стрелка Пирса
	$A > B$ , где A и B двухразрядные слова	Булевый базис
45	F (0,2,4,8,10,12,18,20,21, 29,31)	Штрих Шеффера
	F (0,2,3, 4,8,9, 10,12,15)	Булевый базис
	$A = B$ , где A и B двухразрядные слова	Стрелка Пирса
46	F (0,2,4,8,16,17,29,30,31)	Штрих Шеффера
	F (0,2,3, 4,8,9, 10,12,15)	Стрелка Пирса
	$A < B$ , где A и B двухразрядные слова	Булевый базис
47	F (0,2,3,5,10,18,24,25,29,31)	Стрелка Пирса
	F (0, 2,3,5,7,9,10,12,13,15)	Булевый базис
	$A \leq B$ , где A и B двухразрядные слова	Штрих Шеффера
48	F (4,7,10,12,15,19,24,25,29,30,31)	Булевый базис
	F (0,2,4,7,8,9, 10,12 ,13, 15)	Стрелка Пирса
	$A \geq B$ , где A и B двухразрядные слова	Штрих Шеффера
49	F (1,9,10,12,13,14,15,19,20,24,28,30)	Штрих Шеффера
	F (1,2,5,6,7,9,10,12,13,14,15)	Стрелка Пирса

№ варианта	Исходная функция	Базис
	$A > B$ , где $A$ и $B$ двухразрядные слова	Булевый базис
50	$F(2,3,5,7,10,12,13,17,19,21,23,28,30)$	Штрих Шеффера
	$F(0,2,4,7,8,9, 10,12, 13, 15)$	Булевый базис
	$A = B$ , где $A$ и $B$ двухразрядные слова	Стрелка Пирса
51	$F(0,4,10,13,15,19,24)$	Штрих Шеффера
	$F(0,1,2,5,7,8,10,12,14)$	Стрелка Пирса
	$A \leq B$ , где $A$ и $B$ двухразрядные слова	Булевый базис
52	$F(0,2,4,8,10,12,18,20,21,23,29,31)$	Стрелка Пирса
	$F(0,1,3,8,10,11,15)$	Булевый базис
	$A \geq B$ , где $A$ и $B$ двухразрядные слова	Штрих Шеффера
53	$F(2,3,5,7,10,12,13,17,19,21,23,28,30)$	Булевый базис
	$F(1,2,3,9,10,12,13,14,15)$	Стрелка Пирса
	$A > B$ , где $A$ и $B$ двухразрядные слова	Штрих Шеффера

### 3 Содержание отчета

Титульный лист.

Цель работы.

Выполнение полученного у преподавателя задания.

Заключение.

### 4 Контрольные вопросы

1. Основные критерии качества технической реализации.
2. Синтез схем в булевом базисе. Основные этапы.
3. Синтез схем в базисе штрих Шеффера.
4. Синтез схем в базисе стрелка Пирса.
5. Сформулируйте факторизационный метод синтеза.
6. Сформулируйте метод тождественных преобразований с предварительной группировкой.
7. Сформулируйте задачи анализа и синтеза цифровых автоматов.
8. Получение МКНФ и МДНФ. Отличие.

## Список литературы

1. Акинина, Ю. С. Теория автоматов : учебное пособие / Ю. С. Акинина, С. В. Тюрин. — 2-е изд. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2023. — 156 с. — ISBN 978-5-4497-1877-8. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/127573.html>