

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1 Задание	4
2 Структура ОА	5
3 Синтез ОА	6
3.1 Синтез OA_1	7
3.1.1 Синтез $OA_1^{(0)}$	7
3.1.2 Синтез $OA_1^{(1)}$	12
3.1.3 Объединенные ФВ И ЛФП OA_1	15
3.2 Синтез OA_2	15
4 Реализация ОА	16
4.1 Реализация OA_1	16
4.2 Реализация OA_2	16
4.3 Реализация ОА	16
5 Моделирование ОА	17
5.1 Выполнение арифметической операции	17
5.2 Выполнение логической операции	17
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.	18
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	19

ВВЕДЕНИЕ

Теория автоматов — самостоятельный раздел математики, имеющий разнообразную проблематику и приложения. Основными понятиями теории автоматов являются понятия абстрактного автомата и понятие композиции автоматов. Эти понятия являются разумными абстракциями реально существующих дискретных устройств — автоматов. Понятие абстрактного автомата позволяет характеризовать устройство с точки зрения алгоритма его функционирования, т.е. алгоритма переработки информации, который оно реализует. Понятие композиции автоматов позволяет характеризовать устройство с точки зрения его структуры, иными словами, даёт представление, каким образом данное устройство построено из других, более элементарных.

Академик В.М. Глушков показал, что любое устройство обработки цифровой информации можно представить в виде совокупности двух взаимодействующих автоматов — управляющего УА и операционного ОА (Рисунок 1).

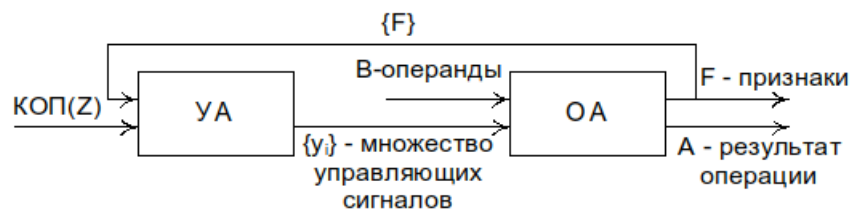


Рисунок 1 — Структура цифрового автомата.

ОА осуществляет непосредственную обработку данных путем выполнения элементарных операций над словами и выдает результат преобразования в виде двух слов: A (результат) и F (признаки результата, т.е. сигналы о знаках и особых значениях промежуточных и конечных результатов операций). Выполнение элементарных операций инициируется соответствующими управляющими сигналами $y_0, y_1, y_2 \dots y_m$, которые формируются УА.

В курсовой работе требуется разработать ОА, реализующий заданный набор арифметико-логических операций.

1 Задание

Синтезировать 4-разрядный ОА, реализующий две операции — арифметическую и логическую, в соответствии с заданным вариантом (Таблица 1). Работу ОА промоделировать, используя САПР «Альтера» Max+plus II.

Таблица 1 — Операции, реализуемые ОА.

Вариант	Операция	Код	Элементы памяти ОА1	Элементы памяти ОА2	Признаки				
					S	Z	C'	P	C
2в, 1	$A \leftarrow A - 1$	8421+3	JK	DC	+	+	+	+	-
	$A \leftarrow A \& B$	двоичный	JK		+	+	0	+	0

2 Структура ОА

На этапе структурного синтеза ОА представляют в виде двух частей — памяти и комбинационной схемы КС (Рисунок 2). КС служит для преобразования входных сигналов X и информации о состоянии устройства (A) в выходные сигналы Y и сигналы возбуждения элементов памяти U .

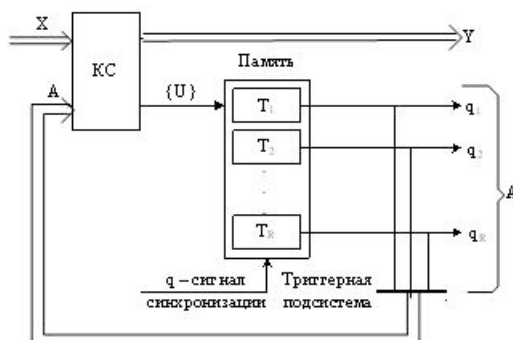


Рисунок 2 — Обобщенная структура ОА.

Поведение структуры (Рисунок 2) описывается четырьмя группами различных сигналов:

X — входное слово,

$Y = (X, A)$ — выходное слово,

$U = \psi(X, A)$ — слово (функция), обеспечивающее порядок смены состояний автомата

A — слово, характеризующее состояние автомата.

Внутреннее состояние автомата определяется состоянием триггеров $a_r \in \{0, 1\}$ и описывается словом состояния $A = (a_1, a_2, a_3, \dots, a_i, \dots, a_r), r = \overline{1, R}$. Множество слов A определяет объем памяти ОА.

Синтезируемый ОА является 4-х разрядным и формирует слово состояния $A = a_3 a_2 a_1 a_0$.

3 Синтез ОА

Задача синтеза ОА сводится к:

- выбору типа элементов памяти (триггеров), который задан заранее (в данной курсовой работе — JK-триггеры);
- разработке КС, для чего необходимо сформировать систему переключательных функций, описывающую ее поведение:

$$\begin{cases} U = \psi(X, A), \\ Y = \lambda(X, A) \end{cases} \quad (1)$$

- реализации системы ПФ (1) на заданной элементной базе (в данной курсовой работе используется элементная база САПР «Альтера» Max+plus II).

В случае, если автомат оказывается сложным, задачу синтеза ОА упрощают, декомпозируя (разделяя) его на более простые автоматы ОА₁ и ОА₂ (Рисунок 3) с одинаковой структурой (Рисунок 4).

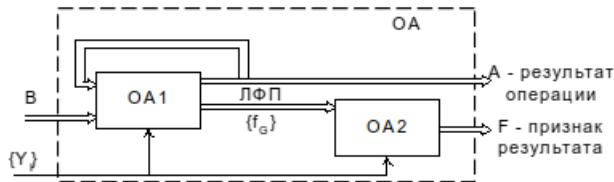


Рисунок 3 — Декомпозиция ОА.

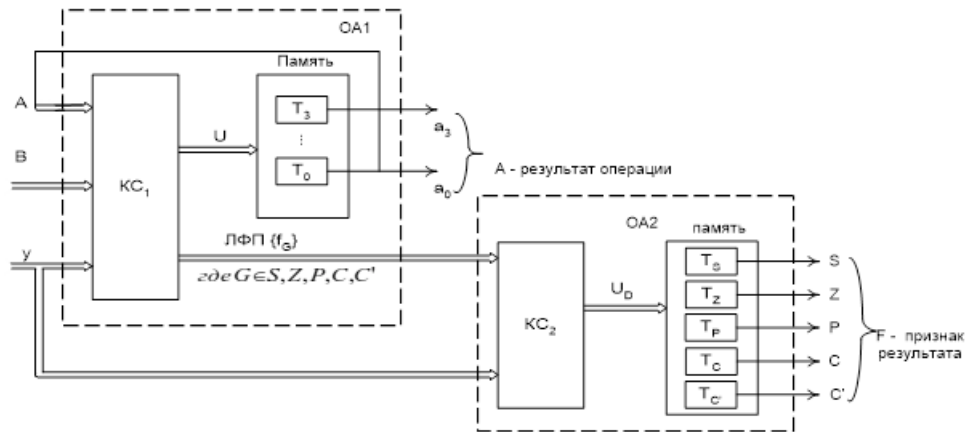


Рисунок 4 — Структурное представление ОА1 и ОА2.

Арифметико-логический автомат ОА₁ формирует слово результата операции и сигналы f_S, f_Z, f'_C, f_P, f_C — логические функции признаков (ЛФП), относящиеся к выходным сигналам $Y = \lambda(X, A)$, на основе которых ОА₂ формирует уже сами признаки — слово $F = (S, Z, P, C, C')$ в соответствии с логикой признаков, которая задается таблично (Таблица 1) для каждой отдельной операции.

Операции, реализуемые ОА (Рисунок 3), инициализируются управляющими сигналами y^i . В данной работе используется только один управляющий сигнал y . Если этот сигнал принимает значение 0, то выполняется арифметическая операция, иначе — логическая.

3.1 Синтез OA_1

OA_1 можно рассматривать как многооперационный автомат, способный реализовать не одну, а несколько операций. Синтез автомата OA_1 разделяется на синтез автоматов $OA_1^{(0)}$ и $OA_1^{(1)}$ с памятью на JK-триггерах, реализующих соответственно:

- операцию декремента $A \leftarrow A - 1$ в коде 8421+3, иницируемую сигналом y_0 .
- операцию логического умножения $A \leftarrow A \& B$, иницируемую сигналом y_1 .

Абстрактное представление OA_1 изображено на рисунке 5.

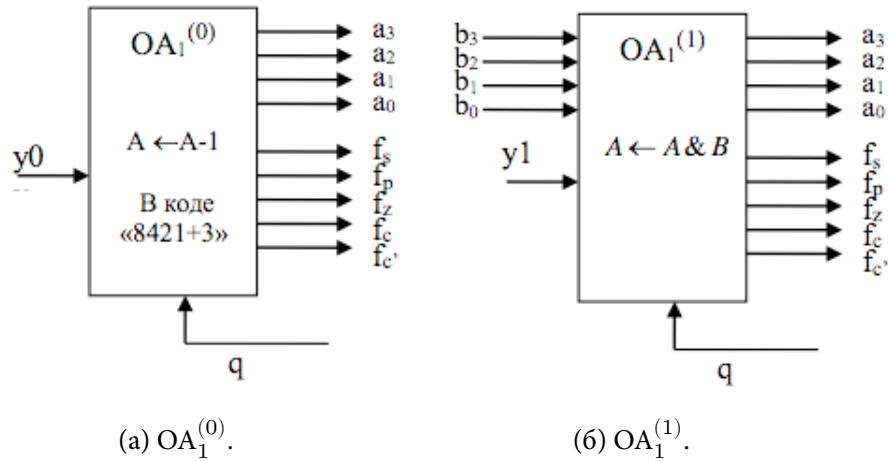


Рисунок 5 — Абстрактное представление OA_1 .

$OA_1^{(0)}$ реализует операцию над одним словом с установкой результата, поэтому ОА не декомпозируется, и синтезируется как единый 4-х разрядный ОЭ.

$OA_1^{(1)}$ реализует операцию над двумя 4-х разрядными словами и с установкой результата. Сигналы возбуждения и выходов являются функциями восьми аргументов. При рассмотрении такого автомата как единого ОЭ синтез значительно усложнится (КТ будет содержать $256 = 2^8$ наборов), поэтому $OA_1^{(1)}$ декомпозируется и синтезируется как композиция одноразрядных ОЭ.

3.1.1 Синтез $OA_1^{(0)}$

Автомат $OA_1^{(0)}$ описывается функциями переходов $A(t+1) = \delta^0(A(t)) = \delta^0(a_3, a_2, a_1, a_0)$ и выходов $f_G^0 = f_G^0(A(t)) = f_G^0(a_3, a_2, a_1, a_0)$, $G = S, Z, C', P, C$, которые определяют структуру совмещенной кодированной таблицы (Таблица 2). Каждому значению $A(t)$ ставится в соответствие двоичный вектор следующего состояния автомата $A(t+1) = a_3^*, a_2^*, a_1^*, a_0^*$ как результат функции перехода δ^0 операции $y_0 : (A \leftarrow A - 1)$.

Таблица 2 — Совмещенная КТ для $OA_1^{(0)}$.

N	Текущее состояние $OA_1^{(0)}$				Следующее состояние $OA_1^{(0)}$				ФВ T_j^0								ЛФП				
	$A(t)$				$A(t+1)$				T_3		T_2		T_1		T_0						
	a_3	a_2	a_1	a_0	a_3^*	a_2^*	a_1^*	a_0^*	$J_3^{(0)}$	$K_3^{(0)}$	$J_2^{(0)}$	$K_2^{(0)}$	$J_1^{(0)}$	$K_1^{(0)}$	$J_0^{(0)}$	$K_0^{(0)}$	$f_S^{(0)}$	$f_Z^{(0)}$	$f_{C'}^{(0)}$	$f_P^{(0)}$	$f_C^{(0)}$
0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	x	1	x	x	1	x	1	1	0	0	1	0
1	1	1	0	0	1	0	1	1	x	0	x	1	1	x	1	x	1	0	1	0	0
2	1	0	1	1	1	0	1	0	x	0	0	x	x	0	x	1	1	0	0	1	0
3	1	0	1	0	1	0	0	1	x	0	0	x	x	1	1	x	1	0	0	1	0
4	1	0	0	1	1	0	0	0	x	0	0	x	0	x	x	1	1	0	0	0	0
5	1	0	0	0	0	1	1	1	x	1	1	x	1	x	1	x	0	0	1	0	0
6	0	1	1	1	0	1	1	0	0	x	x	0	x	0	x	1	0	0	0	1	0
7	0	1	1	0	0	1	0	1	0	x	x	0	x	1	1	x	0	0	0	1	0
8	0	1	0	1	0	1	0	0	0	x	x	0	0	x	x	1	0	0	0	0	0
9	0	1	0	0	0	0	1	1	0	x	x	1	1	x	1	x	0	1	1	1	0

Для каждого из триггеров $T_3 \div T_0$ на основе смены их состояний $a_i \rightarrow a_i^*, i = \overline{0, 3}$ в соответствии с матрицей переходов (таблица 3) формируются двоичные сигналы функций возбуждения (ФВ) $T_j^0, j = \overline{0, 3}$, под действием которых они меняют свои состояния. В соответствии с таблицей 2 при выполнении операции со словом A устанавливаются логические функции признаков (ЛФП) f_S, f_Z, f_P, f_C . Признак f_C остаётся неизменным.

Признаки:

- f_S — фиксирует знаковый бит результата,
- f_Z — фиксирует нулевой результат,
- f_P — фиксирует четное число единиц результата,
- f_C — фиксирует перенос (заем) из старшего бита результата,
- f_C' — фиксирует вспомогательный перенос (заем) из бита $_2$ результата.

Таблица 3 — Матрица переходов JK-триггера.

Переход	Вход триггера	
	J	K
$0 \rightarrow 0$	0	x
$0 \rightarrow 1$	1	x
$1 \rightarrow 0$	x	1
$1 \rightarrow 1$	x	0

Полученные функции $J_3^{(0)}, K_3^{(0)}, J_2^{(0)}, K_2^{(0)}, J_1^{(0)}, K_1^{(0)}, J_0^{(0)}, K_0^{(0)}, f_S^{(0)}, f_Z^{(0)}, f_{C'}^{(0)}, f_P^{(0)}, f_C^{(0)}$ заносятся на карты Карно для минимизации (Рисунок 6, 7).

$J_3^{(0)} :$

x	0	x	x
x	0	x	x
1	0	x	x
x	0	x	x

(a)

$K_3^{(0)} :$

x	x	0	1
x	x	x	0
x	x	x	0
x	x	x	0

(б)

$J_2^{(0)} :$

$K_2^{(0)} :$

a_3

a_2

a_0

a_1

(г)

$J_1^{(0)} :$

The diagram shows a 4x4 grid of squares. The top row is labeled with a horizontal dimension a_3 above it. The second row is labeled with a horizontal dimension a_2 above it. The third row is labeled with a vertical dimension a_0 to its left. The bottom row is labeled with a vertical dimension a_1 to its left. A blue path is drawn through the grid, starting from the top-left corner of the first square, going right to the top-right corner, then down to the bottom-right corner, then left to the bottom-left corner, then up to the top-left corner of the second square, then right to the top-right corner, then down to the bottom-right corner, then left to the bottom-left corner, then up to the top-left corner of the third square, then right to the top-right corner, then down to the bottom-right corner, then left to the bottom-left corner, then up to the top-left corner of the fourth square, and finally right to the top-right corner. This path forms a continuous blue line that visits the top-right and bottom-right corners of every square in the grid.

(д)

$K_1^{(0)} :$

					a_3
					a_2
		x	x	x	x
		x	x	x	x
a_0		1	0	x	0
a_1		x	1	x	1

(e)

$J_0^{(0)} :$

(ж)

The diagram shows a 4x4 grid with dimensions a_0 , a_1 , a_2 , and a_3 . The grid contains the following values:

				a_3
				a_2
		x	x	x
		x	1	x
a_0		1	1	x
a_1		x	x	x
		x	x	x

(з)

Рисунок 6 — Карты Карно для ФВ $OA_1^{(0)}$.

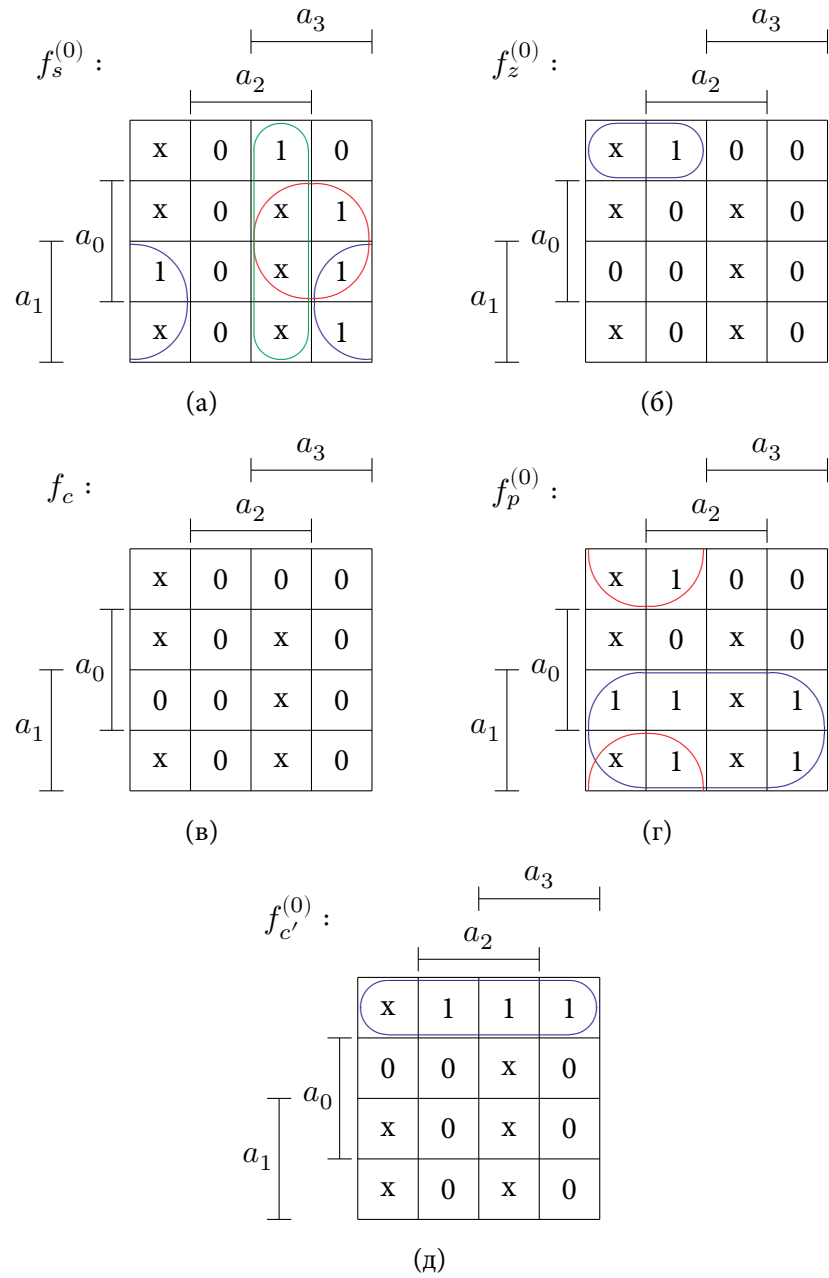


Рисунок 7 — Карты Карно для ЛФП $OA_1^{(0)}$.

В результате минимизации получается система ПФ, представленных в МДНФ:

$$J_3^{(0)} = \bar{a}_2$$

$$K_3^{(0)} = \bar{a}_2 \cdot \bar{a}_1 \cdot \bar{a}_0$$

$$J_2^{(0)} = \bar{a}_3 \vee \bar{a}_1 \cdot \bar{a}_0$$

$$K_2^{(0)} = \bar{a}_1 \cdot \bar{a}_0$$

$$J_1^{(0)} = \bar{a}_0$$

$$K_1^{(0)} = \bar{a}_0 \vee \bar{a}_3 \cdot \bar{a}_2$$

$$J_0^{(0)} = 1$$

$$K_0^{(0)} = 1$$

$$f_S^{(0)} = a_3 \cdot a_2 \vee \bar{a}_2 \cdot a_1 \vee a_3 \cdot a_0$$

$$f_Z^{(0)} = \bar{a}_3 \cdot \bar{a}_1 \cdot \bar{a}_0$$

$$\begin{aligned}
f_{C'}^{(0)} &= \overline{a_1} \cdot \overline{a_0} \\
f_P^{(0)} &= a_1 \vee \overline{a_3} \cdot \overline{a_0} \\
f_C^{(0)} &= 0
\end{aligned}$$

3.1.2 Синтез $OA_1^{(1)}$

Автомат $OA_1^{(1)}$ реализует операцию $A \leftarrow A \& B$.

Для упрощения задачи синтеза, декомпозируем автомат $OA_1^{(1)}$ на более простые $O\Xi_i^{(1)}$ (Рисунок 8).

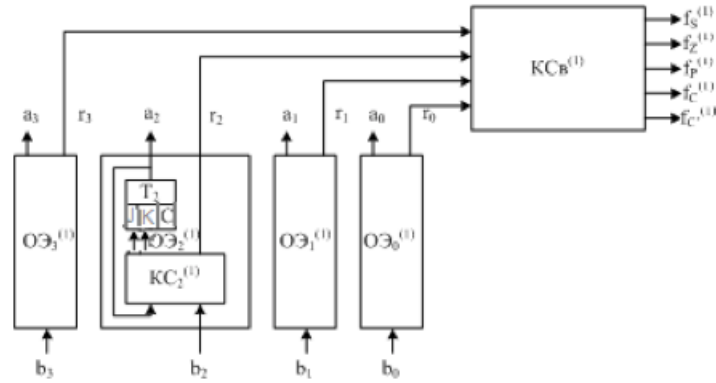


Рисунок 8 — Структура $OA_1^{(1)}$.

Работа одноразрядного $O\Xi_i^{(1)}$ автомата $OA_1^{(1)}$ описывается таблицей 4. Заданные таблично ПФ являются функциями двух аргументов:

$$J_i^{(1)} = f(a_i, b_i),$$

$$K_i^{(1)} = f(a_i, b_i),$$

$$r_i^{(1)} = f(a_i, b_i).$$

$$\text{Причем } a_i(t+1) = r_i^{(1)} = a_i \& b_i, i = \overline{0, 3}.$$

Таблица 4 — Описание работы одноразрядного $O\Xi_i^{(1)}$ автомата $OA_1^{(1)}$.

$a_i(t)$	$b_i(t)$	$a_i(t+1)$	$r_i^{(1)}$	$J_i^{(1)}$	$K_i^{(1)}$
0	0	0	0	0	x
0	1	0	0	0	x
1	0	0	0	x	1
1	1	1	1	x	0

Особенностью поразрядного синтеза $OA_1^{(1)}$ является отсутствие информации о состоянии регистра A в целом в момент времени t , поэтому ЛФП формируется на основе вспомогательной функции R , подаваемой с выходов $O\Xi_i^{(1)}$ (рисунок 4) на входы вспомогательной комбинационной схемы $KC_{(1)}$.

Таблица 5 описывает логику работы КС₍₁₎, формирующей сигналы $f_S^{(1)}$, $f_Z^{(1)}$, $f_{C'}^{(1)}$, $f_P^{(1)}$, $f_C^{(1)}$. Переключательные функции являются функциями четырех аргументов.

Таблица 5 — Описание принципа установки флагов автомата ОА₁⁽¹⁾.

N	R				ЛФП				
	r_3	r_2	r_1	r_0	$f_S^{(1)}$	$f_Z^{(1)}$	$f_P^{(1)}$	$f_{C'}^{(1)}$	$f_C^{(1)}$
0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
2	0	0	1	0	0	0	0	0	0
3	0	0	1	1	0	0	1	0	0
4	0	1	0	0	0	0	0	0	0
5	0	1	0	1	0	0	1	0	0
6	0	1	1	0	0	0	1	0	0
7	0	1	1	1	0	0	0	0	0
8	1	0	0	0	1	0	0	0	0
9	1	0	0	1	1	0	1	0	0
10	1	0	1	0	1	0	1	0	0
11	1	0	1	1	1	0	0	0	0
12	1	1	0	0	1	0	1	0	0
13	1	1	0	1	1	0	0	0	0
14	1	1	1	0	1	0	0	0	0
15	1	1	1	1	1	0	1	0	0

Функции возбуждения JK-триггеров и функции выходов формируются на основании таблиц 4 и 5.

$$J_3^1 = f(a_3, b_3) = 0$$

$$K_3^1 = f(a_3, b_3) = a_3 \cdot \bar{b}_3$$

$$J_2^1 = f(a_3, b_3) = 0$$

$$K_2^1 = f(a_3, b_3) = a_3 \cdot \bar{b}_2$$

$$J_1^1 = f(a_3, b_3) = 0$$

$$K_1^1 = f(a_3, b_3) = a_3 \cdot \bar{b}_1$$

$$J_0^1 = f(a_3, b_3) = 0$$

$$K_0^1 = f(a_3, b_3) = a_3 \cdot \bar{b}_0$$

$$f_S^{(1)} = f(r_3, r_2, r_1, r_0) = K_8^4 \vee K_9^4 \vee K_1^4 \vee K_1^4 \vee K_1^4 \vee K_1^4 \vee K_1^4 \vee K_1^4$$

$$f_Z^{(1)} = f(r_3, r_2, r_1, r_0) = K_0^4$$

$$f_P^{(1)} = f(r_3, r_2, r_1, r_0) = K_0^4 \vee K_3^4 \vee K_5^4 \vee K_6^4 \vee K_9^4 \vee K_1^4 \vee K_1^4 \vee K_1^4$$

$$f_{C'}^{(1)} = 0$$

$$f_C^{(1)} = 0$$

Полученные ПФ заносим на карты Карно (Рисунок 9, 10.

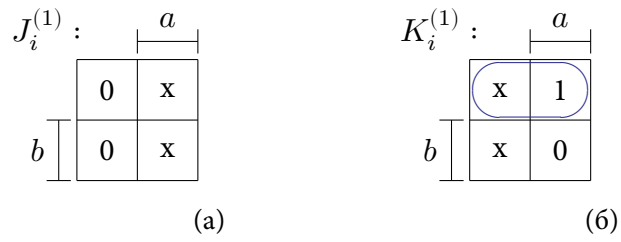


Рисунок 9 — Карты Карно для ФВ $OA_1^{(0)}$.

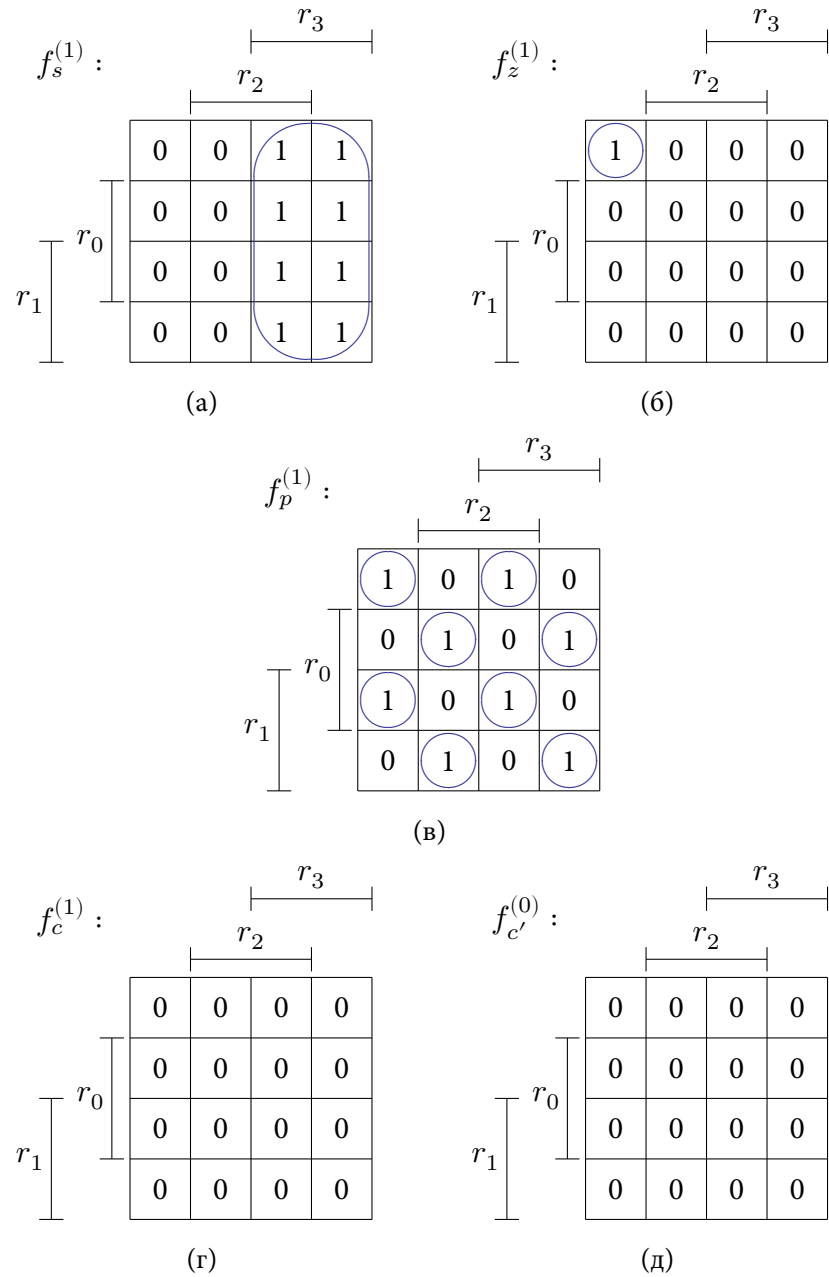


Рисунок 10 — Карты Карно для ЛФП $OA_1^{(1)}$.

После минимизации переключательные функции будут иметь вид:

$$\begin{aligned}
K_3^1 &= f(a_3, b_3) = \bar{b}_3 \\
J_2^1 &= f(a_3, b_3) = 0 \\
K_2^1 &= f(a_3, b_3) = \bar{b}_2 \\
J_1^1 &= f(a_3, b_3) = 0 \\
K_1^1 &= f(a_3, b_3) = \bar{b}_1 \\
J_0^1 &= f(a_3, b_3) = 0 \\
K_0^1 &= f(a_3, b_3) = \bar{b}_0 \\
f_S^{(1)} &= r_3 \\
f_Z^{(1)} &= \bar{r}_3 \cdot \bar{r}_2 \cdot \bar{r}_1 \cdot \bar{r}_0 \\
f_P^{(1)} &= \overline{r_3 \oplus r_2 \oplus r_1 \oplus r_0} \\
f_{C'}^{(1)} &= 0 \\
f_C^{(1)} &= 0
\end{aligned}$$

3.1.3 Объединенные ФВ и ЛФП ОА₁

В текущий момент такой автомат может выполнять только одну из заданных операций и состояния его меняются в соответствии с логикой реализуемой операции.

На основании составленных ФВ и ЛФП автоматов ОА₁⁽⁰⁾ и ОА₁⁽¹⁾ составим объединенные ФВ и ЛФП:

$$\begin{aligned}
J_3 &= y_0 J_3^0 \cup y_1 J_3^1 = y_0(\bar{a}_2) \vee y_1(0) \\
K_3 &= y_0 K_3^0 \cup y_1 K_3^1 = y_0(\bar{a}_2 \cdot \bar{a}_1 \cdot \bar{a}_0) \vee y_1(\bar{b}_3) \\
J_2 &= y_0 J_2^0 \cup y_1 J_2^1 = y_0(\bar{a}_3 \vee \bar{a}_1 \cdot \bar{a}_0) \vee y_1(0) \\
K_2 &= y_0 K_2^0 \cup y_1 K_2^1 = y_0(\bar{a}_1 \cdot \bar{a}_0) \vee y_1(\bar{b}_2) \\
J_1 &= y_0 J_1^0 \cup y_1 J_1^1 = y_0(\bar{a}_0) \vee y_1(0) \\
K_1 &= y_0 K_1^0 \cup y_1 K_1^1 = y_0(\bar{a}_0 \vee \bar{a}_3 \cdot \bar{a}_2) \vee y_1(\bar{b}_1) \\
J_0 &= y_0 J_0^0 \cup y_1 J_0^1 = y_0(1) \vee y_1(0) \\
K_0 &= y_0 K_0^0 \cup y_1 K_0^1 = y_0(1) \vee y_1(\bar{b}_0) \\
f_S &= y_0 f_S^0 \cup y_1 f_S^1 = y_0(a_3 \cdot a_2 \vee \bar{a}_2 \cdot a_1 \vee a_3 \cdot a_0) \vee y_1(r_3) \\
f_Z &= y_0 f_Z^0 \cup y_1 f_Z^1 = y_0(\bar{a}_3 \cdot \bar{a}_1 \cdot \bar{a}_0) \vee y_1(\bar{r}_3 \cdot \bar{r}_2 \cdot \bar{r}_1 \cdot \bar{r}_0) \\
f_{C'} &= y_0 f_{C'}^0 \cup y_1 f_{C'}^1 = y_0(\bar{a}_1 \cdot \bar{a}_0) \vee y_1(0) \\
f_P &= y_0 f_P^0 \cup y_1 f_P^1 = y_0(a_1 \vee \bar{a}_3 \cdot \bar{a}_0) \vee y_1(\overline{r_3 \oplus r_2 \oplus r_1 \oplus r_0}) \\
f_C &= y_0 f_C^0 \cup y_1 f_C^1 = y_0(0) \vee y_1(0)
\end{aligned}$$

3.2 Синтез ОА₂

4 Реализация ОА

4.1 Реализация OA_1

4.2 Реализация OA_2

4.3 Реализация ОА

5 Моделирование ОА

5.1 Выполнение арифметической операции

5.2 Выполнение логической операции

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения курсовой работы был синтезирован автомат, реализующий две операции: $A \leftarrow A - 1|_{8421+3}$ (арифметическую) и $A \leftarrow A \& B$ (логическую), устанавливающий флаги S, Z, P, C, C' в зависимости от результата операции.

При синтезе автомат ОА был представлен в виде двух автоматов: $ОА_1$ и $ОА_2$. Первый автомат осуществляет выполнение операции, второй — устанавливает флаги признаков.

Автомат $ОА_1$ был декомпозирован на два автомата: $ОА_1^{(0)}$ и $ОА_1^{(1)}$.

$ОА_1^{(0)}$ выполняет операцию $A \leftarrow A - 1|_{8421+3}$ и вырабатывает признаки результата на основе последующего состояния $A(t + 1)$. Этот автомат был представлен как единый 4-разрядный ОЭ.

$ОА_1^{(1)}$ выполняет операцию $A \leftarrow A \& B$ и вырабатывает признаки результата на основе текущего состояния $A(t)$. Этот автомат был представлен как композиция одnorазрядных ОЭ.

Также было проведено моделирование полученного автомата с помощью САПР «Альтера» Max+plus II.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК