

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1 Задание	4
2 Структура ОА	5
3 Синтез ОА	6
3.1 Синтез $ОА_1$	7
3.1.1 Синтез $ОА_1^{(0)}$	7
3.1.2 Синтез $ОА_1^{(1)}$	12
3.1.3 Объединенные ФВ И ЛФП $ОА_1$	16
3.2 Синтез $ОА_2$	17
4 Реализация ОА	19
4.1 Реализация $ОА_1$	19
4.2 Реализация $ОА_2$	24
4.3 Реализация ОА	25
5 Моделирование ОА	26
5.1 Методика моделирования	26
5.2 Моделирование $ОА_1$	26
5.2.1 Моделирование арифметической операции	26
5.2.2 Моделирование логической операции	28
5.3 Моделирование $ОА_2$	29
5.4 Моделирование ОА	30
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.	31
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	32

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 .

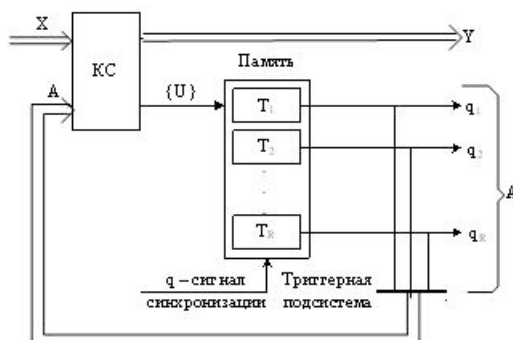


Рисунок 2 — Обобщенная структура ОА.

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).

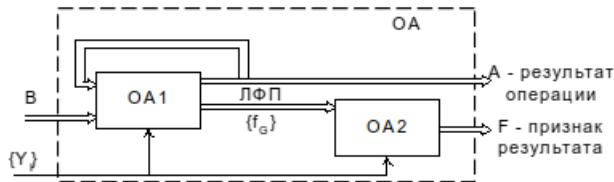


Рисунок 3 — Декомпозиция ОА.

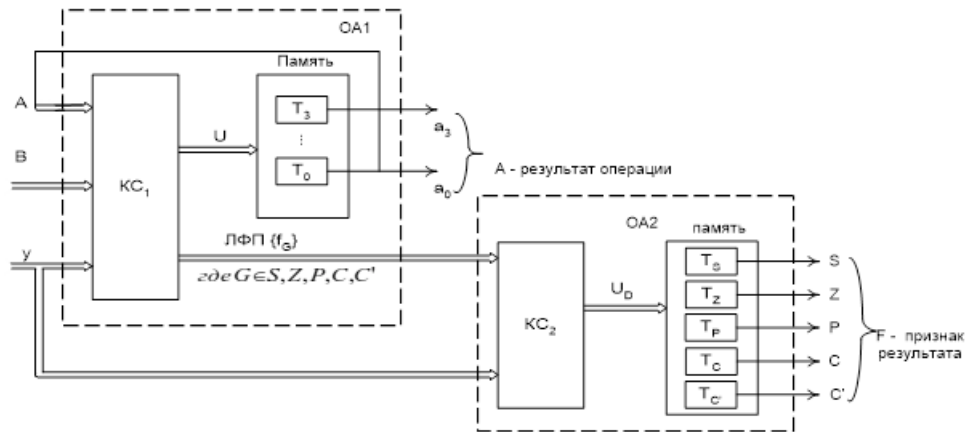


Рисунок 4 — Структурное представление ОА1 и ОА2.

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.

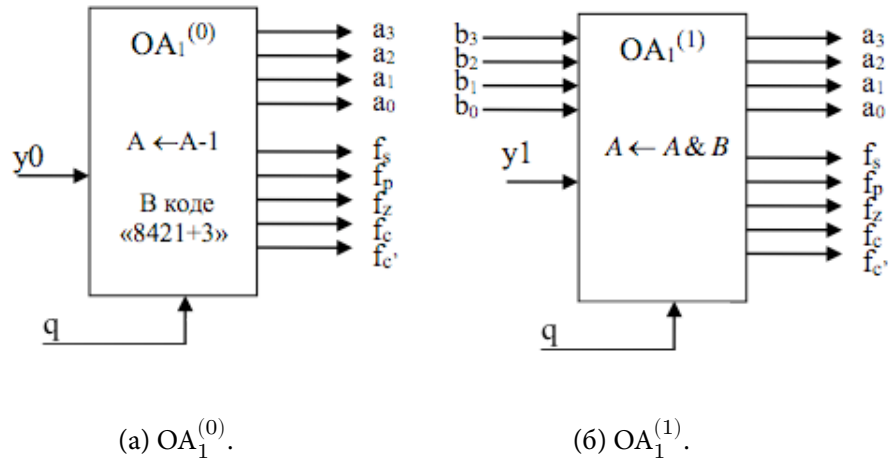


Рисунок 5 — Абстрактное представление OA_1 .

$OA_1^{(0)}$ 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	1
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 заем из старшего бита результата,
- $f_{C'}$ — фиксирует заем из бита a_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	0	x
1			
x			

(a)

$K_3^{(0)} :$

a_3

a_2

a_0

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

a_1

(б)

$J_2^{(0)} :$

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

(B)

$K_2^{(0)} :$

a_3

a_2

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

a_1

a_0

(r)

$J_1^{(0)} :$

The diagram shows a 4x4 grid of squares. The first column is labeled a_1 with a vertical bracket on the left. The first two rows are labeled a_0 with a vertical bracket on the left. The first two columns are labeled a_2 with a horizontal bracket on top. The last column is labeled a_3 with a horizontal bracket on top. The grid contains the following values:

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

(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)

$K_0^{(0)} :$

The diagram shows a 4x4 grid of cells. The cells contain the following values from top-left to bottom-right: (1,1): x, (1,2): x, (1,3): x, (1,4): x; (2,1): x, (2,2): 1, (2,3): x, (2,4): 1; (3,1): 1, (3,2): 1, (3,3): x, (3,4): 1; (4,1): x, (4,2): x, (4,3): x, (4,4): x. A blue rounded rectangle is drawn over the grid, spanning the first three rows and all four columns. Dimension lines indicate: a0 is the height of the first three rows; a1 is the height of the last row; a2 is the width of the first three columns; a3 is the width of the last column.

(з)

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

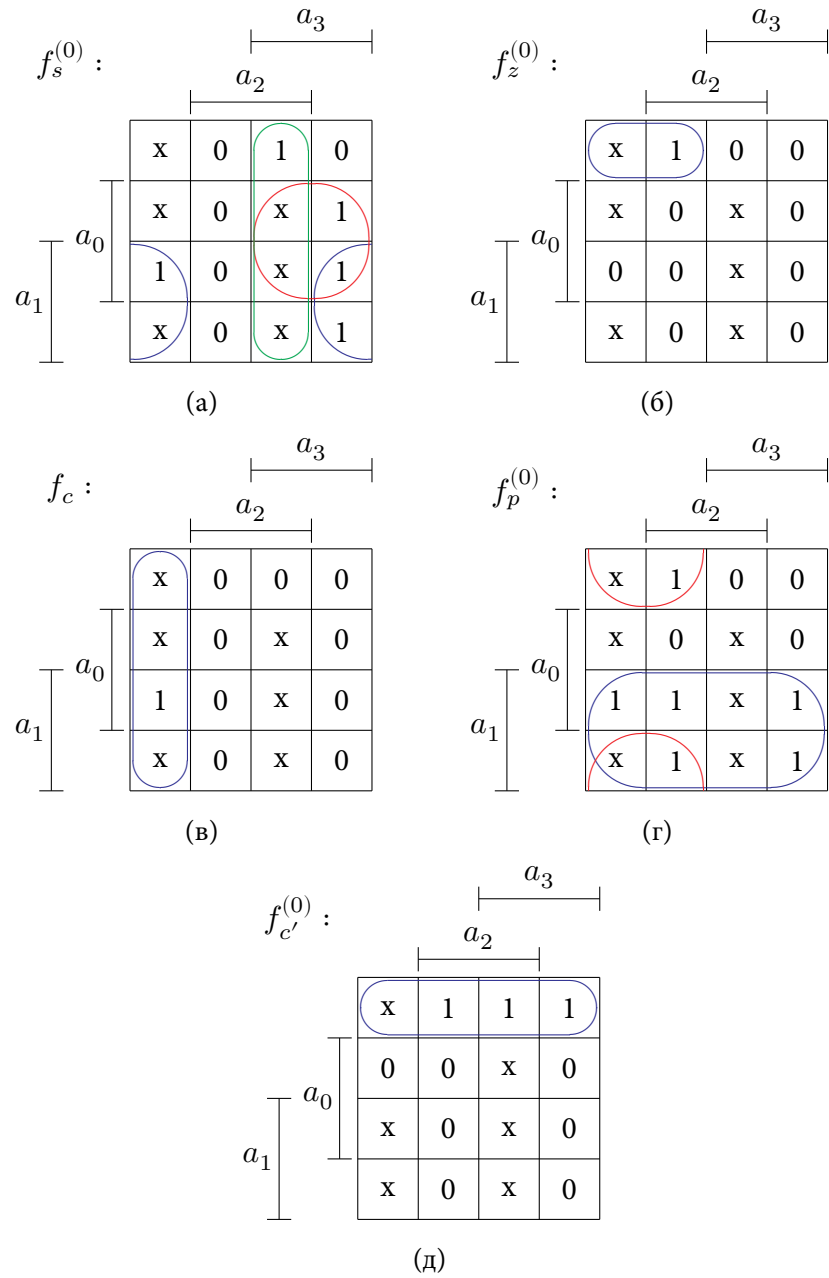


Рисунок 7 — Карты Карно для ЛФП $OA_1^{(0)}$.

В результате минимизации получается система ФВ (2) и ЛФП (3), представленных в МДНФ:

$$\left\{ \begin{array}{l} J_3^{(0)} = \bar{a}_2 \\ K_3^{(0)} = \bar{a}_2 \cdot \bar{a}_1 \cdot \bar{a}_0 \\ J_2^{(0)} = \bar{a}_3 \vee \bar{a}_1 \cdot \bar{a}_0 \\ K_2^{(0)} = \bar{a}_1 \cdot \bar{a}_0 \\ J_1^{(0)} = \bar{a}_0 \\ K_1^{(0)} = \bar{a}_0 \vee \bar{a}_3 \cdot \bar{a}_2 \\ J_0^{(0)} = 1 \\ K_0^{(0)} = 1 \end{array} \right. \quad (2)$$

$$\begin{cases} f_S^{(0)} = a_3 \cdot a_2 \vee \overline{a_2} \cdot a_1 \vee a_3 \cdot a_0 \\ f_Z^{(0)} = \overline{a_3} \cdot \overline{a_1} \cdot \overline{a_0} \\ f_{C'}^{(0)} = \overline{a_1} \cdot \overline{a_0} \\ f_P^{(0)} = a_1 \vee \overline{a_3} \cdot \overline{a_0} \\ f_C^{(0)} = \overline{a_3} \cdot \overline{a_2} \end{cases} \quad (3)$$

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 $OЭ_i^{(1)}$ (Рисунок 8).

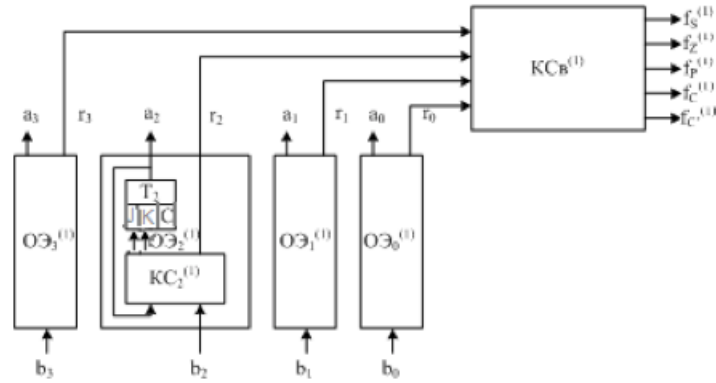


Рисунок 8 — Структура $OA_1^{(1)}$.

Работа одноразрядного $OЭ_i^{(1)}$ 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 $OЭ_i^{(1)}$ 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 $ОЭ_i^{(1)}$ (рисунок 4) на входы вспомогательной комбинационной схемы $КС_{(1)}$.

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

Таблица 5 — Описание принципа установки флагов автомата $ОА_1^{(1)}$.

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 (4) и функции выходов (5) формируются на основании таблиц 4 и 5.

$$\left\{ \begin{array}{l} J_3^1 = f(a_3, b_3) = 0 \\ K_3^1 = f(a_3, b_3) = a_3 \cdot \bar{b}_3 \\ J_2^1 = f(a_2, b_2) = 0 \\ K_2^1 = f(a_2, b_2) = a_2 \cdot \bar{b}_2 \\ J_1^1 = f(a_1, b_1) = 0 \\ K_1^1 = f(a_1, b_1) = a_1 \cdot \bar{b}_1 \\ J_0^1 = f(a_0, b_0) = 0 \\ K_0^1 = f(a_0, b_0) = a_0 \cdot \bar{b}_0 \end{array} \right. \quad (4)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} f_S^{(1)} = f(r_3, r_2, r_1, r_0) = K_8^4 \vee K_9^4 \vee K_{10}^4 \vee K_{11}^4 \vee K_{12}^4 \vee K_{13}^4 \vee K_{14}^4 \vee K_{15}^4 \\ f_Z^{(1)} = f(r_3, r_2, r_1, r_0) = K_0^4 \\ f_P^{(1)} = f(r_3, r_2, r_1, r_0) = K_0^4 \vee K_3^4 \vee K_5^4 \vee K_6^4 \vee K_9^4 \vee K_{10}^4 \vee K_{12}^4 \vee K_{15}^4 \\ f_{C'}^{(1)} = 0 \\ f_C^{(1)} = 0 \end{array} \right. \quad (5)$$

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

$J_i^{(1)} :$

	a	
	0	x
b	0	x

(a)

$K_i^{(1)} :$

	a	
	x	1
b	x	0

(б)

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

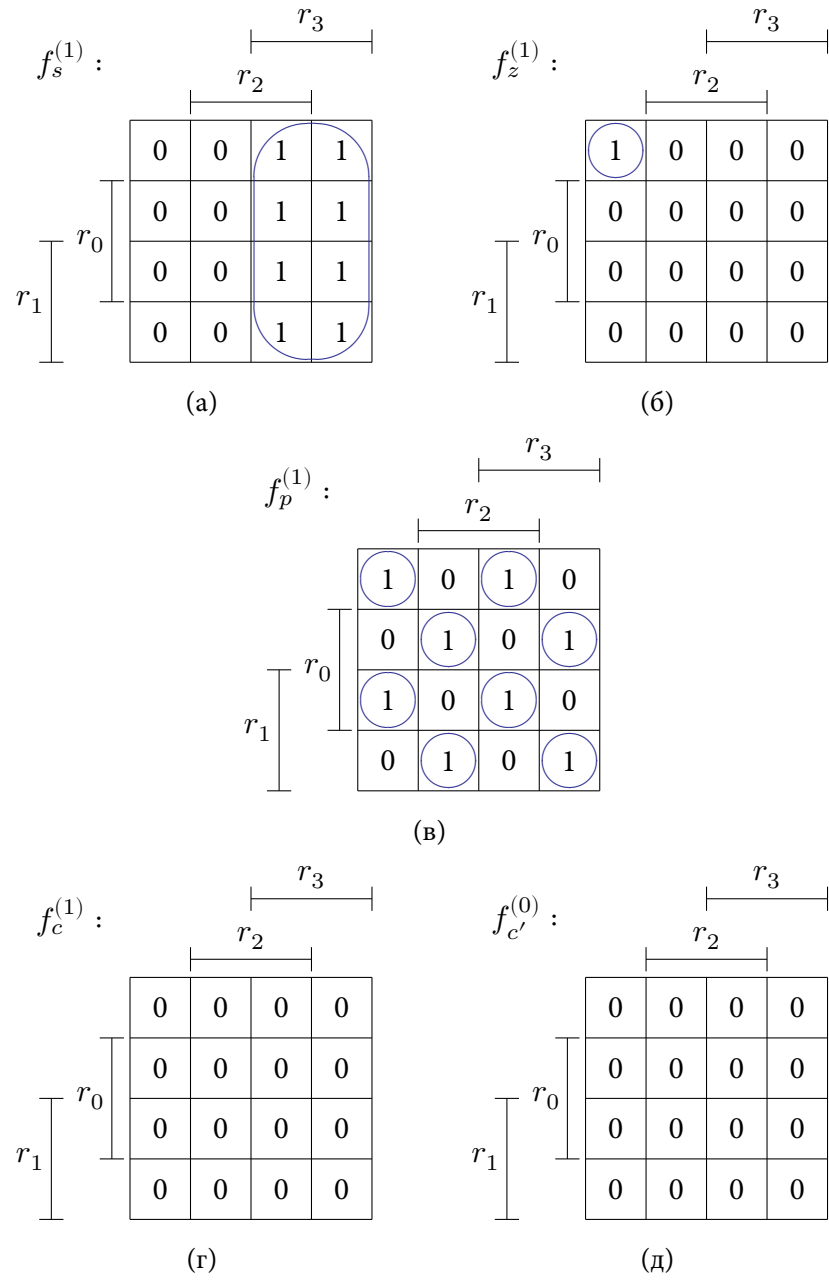


Рисунок 10 — Карты Карно для ЛФП $OA_1^{(1)}$.

После минимизации ФВ (6) и ЛФП (7) будут иметь вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} J_3^1 = f(a_3, b_3) = 0 \\ K_3^1 = f(a_3, b_3) = \bar{b}_3 \\ J_2^1 = f(a_2, b_2) = 0 \\ K_2^1 = f(a_2, b_2) = \bar{b}_2 \\ J_1^1 = f(a_1, b_1) = 0 \\ K_1^1 = f(a_1, b_1) = \bar{b}_1 \\ J_0^1 = f(a_0, b_0) = 0 \\ K_0^1 = f(a_0, b_0) = \bar{b}_0 \end{array} \right. \quad (6)$$

$$\begin{cases} f_S^{(1)} = r_3 \\ f_Z^{(1)} = \bar{r}_3 \cdot \bar{r}_2 \cdot \bar{r}_1 \cdot \bar{r}_0 \\ f_P^{(1)} = \overline{r_3 \oplus r_2 \oplus r_1 \oplus r_0} \\ f_{C'}^{(1)} = 0 \\ f_C^{(1)} = 0 \end{cases} \quad (7)$$

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 (8) и ЛФП (9):

$$\begin{cases} J_3 = y_0 J_3^0 \cup y_1 J_3^1 = y_0 \cdot \bar{a}_2 \vee y_1 \cdot 0 \\ K_3 = y_0 K_3^0 \cup y_1 K_3^1 = y_0 \cdot (\bar{a}_2 \cdot \bar{a}_1 \cdot \bar{a}_0) \vee y_1 \cdot \bar{b}_3 \\ J_2 = y_0 J_2^0 \cup y_1 J_2^1 = y_0 \cdot (\bar{a}_3 \vee \bar{a}_1 \cdot \bar{a}_0) \vee y_1 \cdot 0 \\ K_2 = y_0 K_2^0 \cup y_1 K_2^1 = y_0 \cdot (\bar{a}_1 \cdot \bar{a}_0) \vee y_1 \cdot \bar{b}_2 \\ J_1 = y_0 J_1^0 \cup y_1 J_1^1 = y_0 \cdot \bar{a}_0 \vee y_1 \cdot 0 \\ K_1 = y_0 K_1^0 \cup y_1 K_1^1 = y_0 \cdot (\bar{a}_0 \vee \bar{a}_3 \cdot \bar{a}_2) \vee y_1 \cdot \bar{b}_1 \\ J_0 = y_0 J_0^0 \cup y_1 J_0^1 = y_0 \cdot 1 \vee y_1 \cdot 0 \\ K_0 = y_0 K_0^0 \cup y_1 K_0^1 = y_0 \cdot 1 \vee y_1 \cdot \bar{b}_0 \end{cases} \quad (8)$$

$$\begin{cases} f_S = y_0 f_S^0 \cup y_1 f_S^1 = y_0 \cdot (a_3 \cdot a_2 \vee \bar{a}_2 \cdot a_1 \vee a_3 \cdot a_0) \vee y_1 \cdot r_3 \\ f_Z = y_0 f_Z^0 \cup y_1 f_Z^1 = y_0 \cdot (\bar{a}_3 \cdot \bar{a}_1 \cdot \bar{a}_0) \vee y_1 \cdot (\bar{r}_3 \cdot \bar{r}_2 \cdot \bar{r}_1 \cdot \bar{r}_0) \\ f_{C'} = y_0 f_{C'}^0 \cup y_1 f_{C'}^1 = y_0 \cdot (\bar{a}_1 \cdot \bar{a}_0) \vee y_1 \cdot 0 \\ f_P = y_0 f_P^0 \cup y_1 f_P^1 = y_0 \cdot (a_1 \vee \bar{a}_3 \cdot \bar{a}_0) \vee y_1 \cdot (\overline{r_3 \oplus r_2 \oplus r_1 \oplus r_0}) \\ f_C = y_0 f_C^0 \cup y_1 f_C^1 = y_0 \cdot (\bar{a}_3 \cdot \bar{a}_2) \vee y_1 \cdot 0 \end{cases} \quad (9)$$

3.2 Синтез OA_2

Автомат OA_2 представляется в виде двух частей — памяти для хранения признаков S, Z, C', P, C (триггеры $T_S, T_Z, T_{C'}, T_P, T_C$) и KC_2 , реализующей логику установки признаков для заданного набора операций. Входными сигналами для OA_2 являются осведомительные сигналы $f_s, f_z, f_{c'}, f_p, f_c$ (ЛФП), полученные с выхода OA_1 , а также сигнал синхронизации q .

Через G обозначен один из признаков S, Z, P, C', C (Рисунок 11).

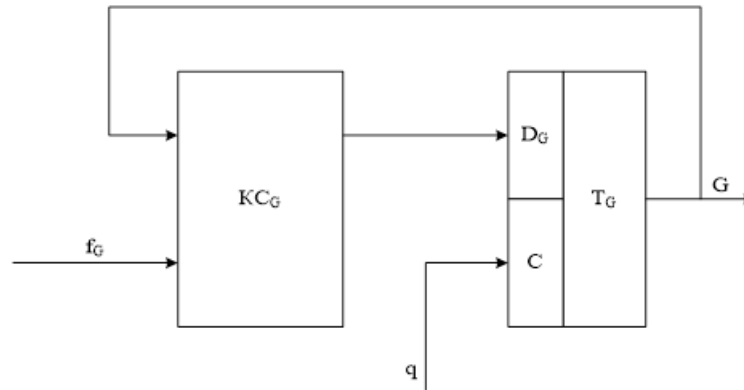


Рисунок 11 — Автомат для установки признака G .

Поскольку признаки S, Z, P, C', C являются независимыми, можно формировать одну таблицу переходов и ФВ для обобщенного признака $G \in \{S, Z, C', P, C\}$ (Таблица 7).

Таблица 7 делится по строкам на две части. В первой описывается формирование признака G в случае, когда он устанавливается $(*, 0, 1)$, во второй — когда не устанавливается $(-)$. Следующее состояние G^* триггера признака T_G определяется функциями переходов:

- $G \leftarrow f_G$, если признак устанавливается,
- $G \leftarrow G$, если признак не устанавливается.

Сигналы функций возбуждения D_G формируются в соответствии со значением переходов $G^* \leftarrow G$ и матрицей переходов D-триггера (Таблица 6).

Таблица 6 — Матрица переходов D-триггера.

Переход	D
$0 \rightarrow 0$	0
$0 \rightarrow 1$	1
$1 \rightarrow 0$	0
$1 \rightarrow 1$	1

Таблица 7 — Таблица переходов и ФВ для признака G.

Логика установки признака	Входной сигнал	Текущее состояние T_G	Следующее состояние T_G	ФВ	Примечание
	f_G	G	G^*	D_G	
устанавли- вается	0	0	0	0	$D_G = f_G$
	0	1	0	0	
	1	0	1	1	
	1	1	1	1	
не устанавл- ивается	0	0	0	0	$D_G = G$
	0	1	1	1	
	1	0	0	0	
	1	1	1	1	

Подставляя в D_G вместо G конкретные признаки, получают функции возбуждения триггеров признаков D_S, D_Z, D'_C, D_P, D_C .

Таблица 8 — Объединенные ФВ ОА₂.

Операция	Признаки					ФВ				
	S	Z	C'	P	C	D_S	D_Z	$D_{C'}$	D_P	D_C
$A \leftarrow A - 1$	+	+	+	+	—	f_s	f_z	$f_{c'}$	f_p	C
$A \leftarrow A \& B$	+	+	0	+	0	f_s	f_z	$f_{c'}$	f_p	f_c

В соответствии с таблицей 8 сформируем объединенные ФВ для каждого триггера признака:

$$D_s = y_0 f_s \cup y_1 f_s$$

$$D_z = y_0 f_z \cup y_1 f_z$$

$$D_{c'} = y_0 f_{c'} \cup y_1 f_{c'}$$

$$D_p = y_0 f_p \cup y_1 f_p$$

$$D_c = y_0 C \cup y_1 f_c$$

4 Реализация ОА

Для реализации цифрового автомата использовалась САПР «Альтера» Max+plus II.

4.1 Реализация ОА₁

Схема построена в соответствии с объединёнными функциями возбуждения и ЛФП, полученными в пункте 3.1.3.

Входными сигналами для ОА₁ являются:

- сигнал управления Y , который реализован таким образом, что:
 - $Y = 1, Y_0 = 1$. ОА реализует арифметическую операцию,
 - $Y = 0, Y_1 = 1$. ОА реализует логическую операцию.
- операнд B для логической операции,
- сигнал синхронизации Q ,
- сигнал LDA для принудительной установки триггеров в заданное состояние,
- сигнал $SETN$ разрешения принудительной установки триггеров в заданное состояние.

Выходными сигналами для ОА₁ являются:

- новое состояние автомата A ,
- ЛФП $FS, FZ, FC1, FP, FC$.

Поскольку после включения питания все триггеры будут находиться в нулевом состоянии, использована схема принудительной установки состояния автомата в заданное.

Для выполнения различных операций используется одна и та же память, то есть одни и те же триггеры, возбуждаемые различными функциями. Поэтому схемы формирования функций возбуждения и ЛФП представлены в виде отдельных символов $oa10_logic$ и $oa11_logic$ для ОА₁⁽⁰⁾ и ОА₁⁽¹⁾ соответственно.

Так как используются две схемы формирования функций возбуждения и ЛФП, то реализована схема, позволяющая подключить выходы одной из них к входам триггеров и ЛФП в зависимости от кода операции Y .

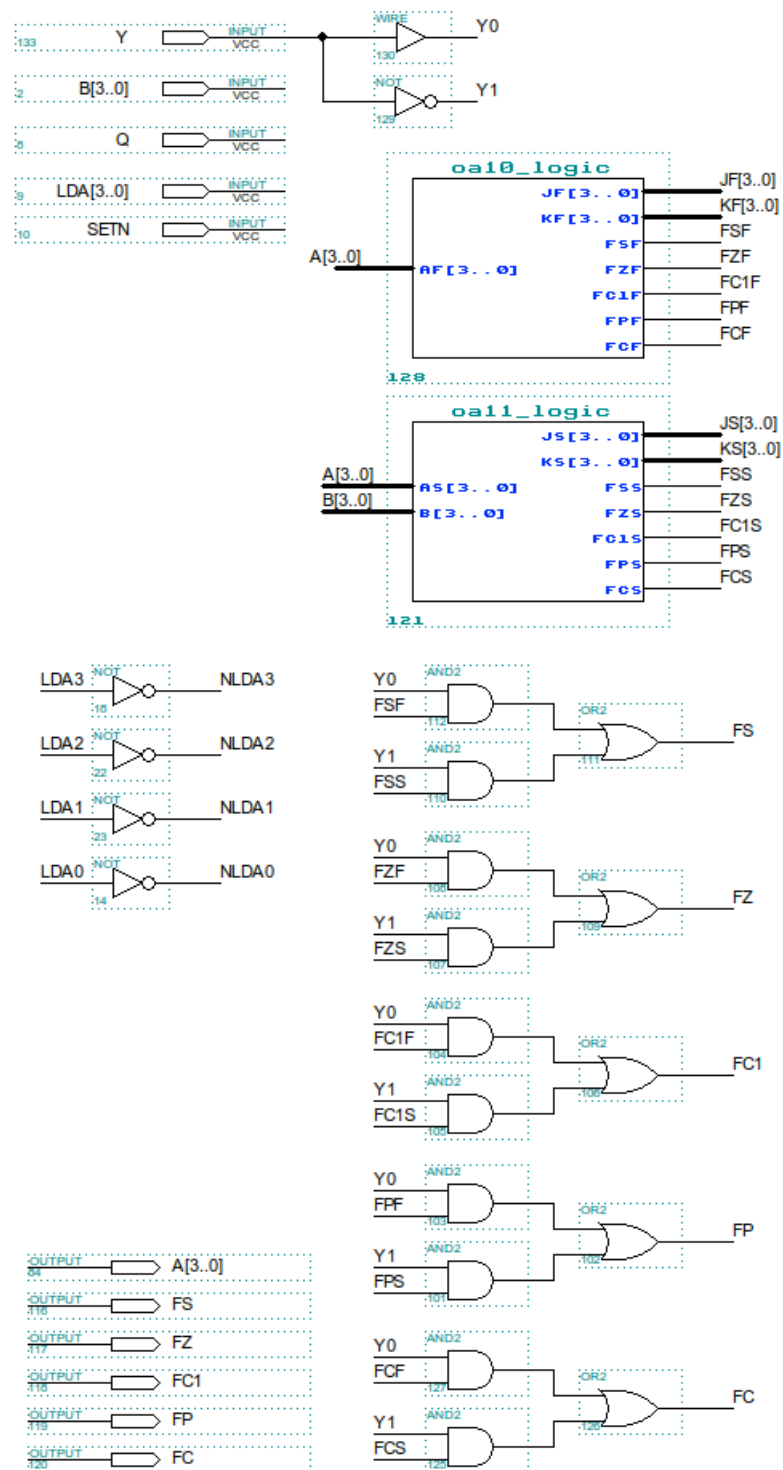


Рисунок 12 — Схема ОА₁ (начало).

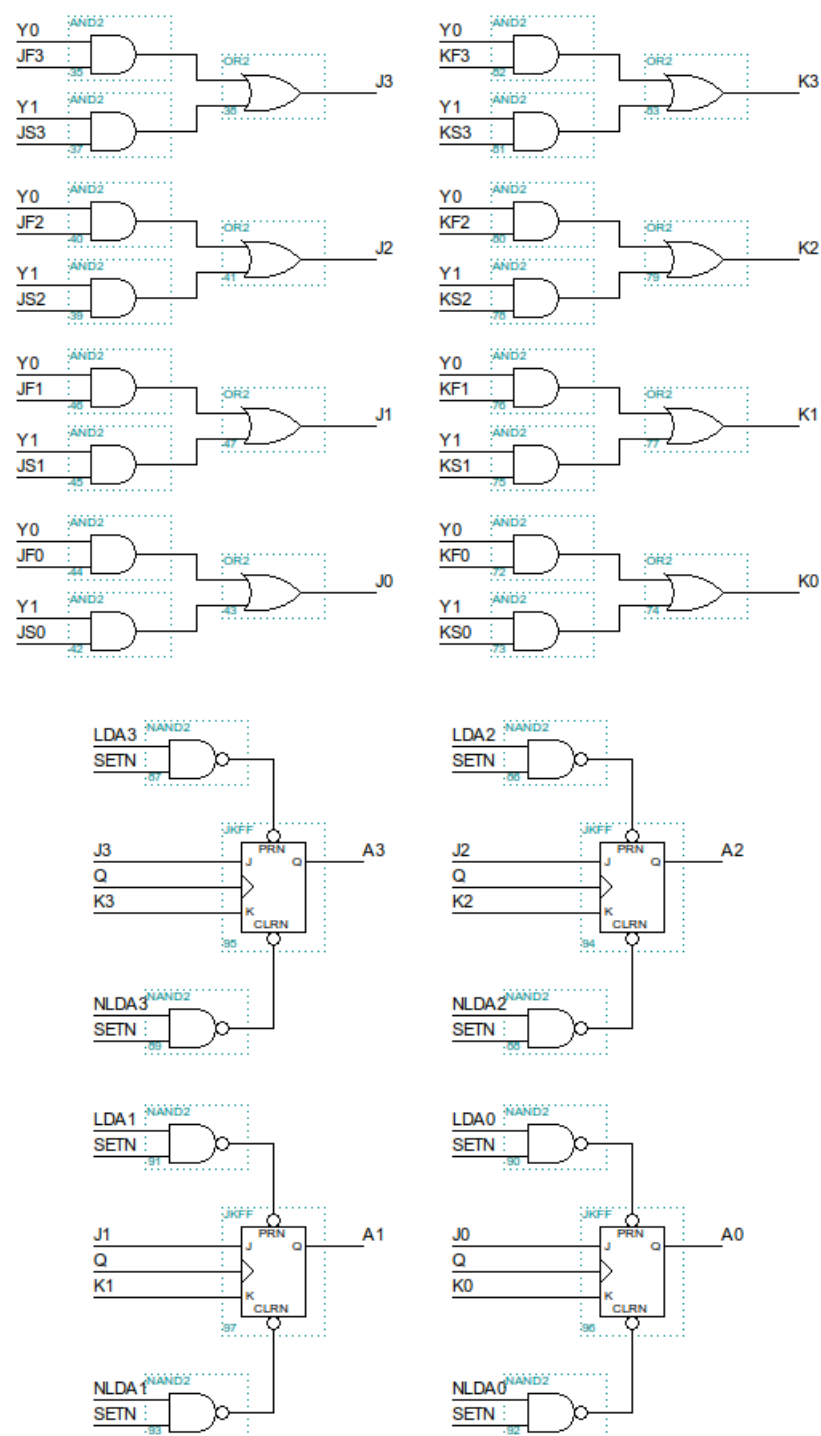


Рисунок 13 — Схема ОА₁ (окончание).

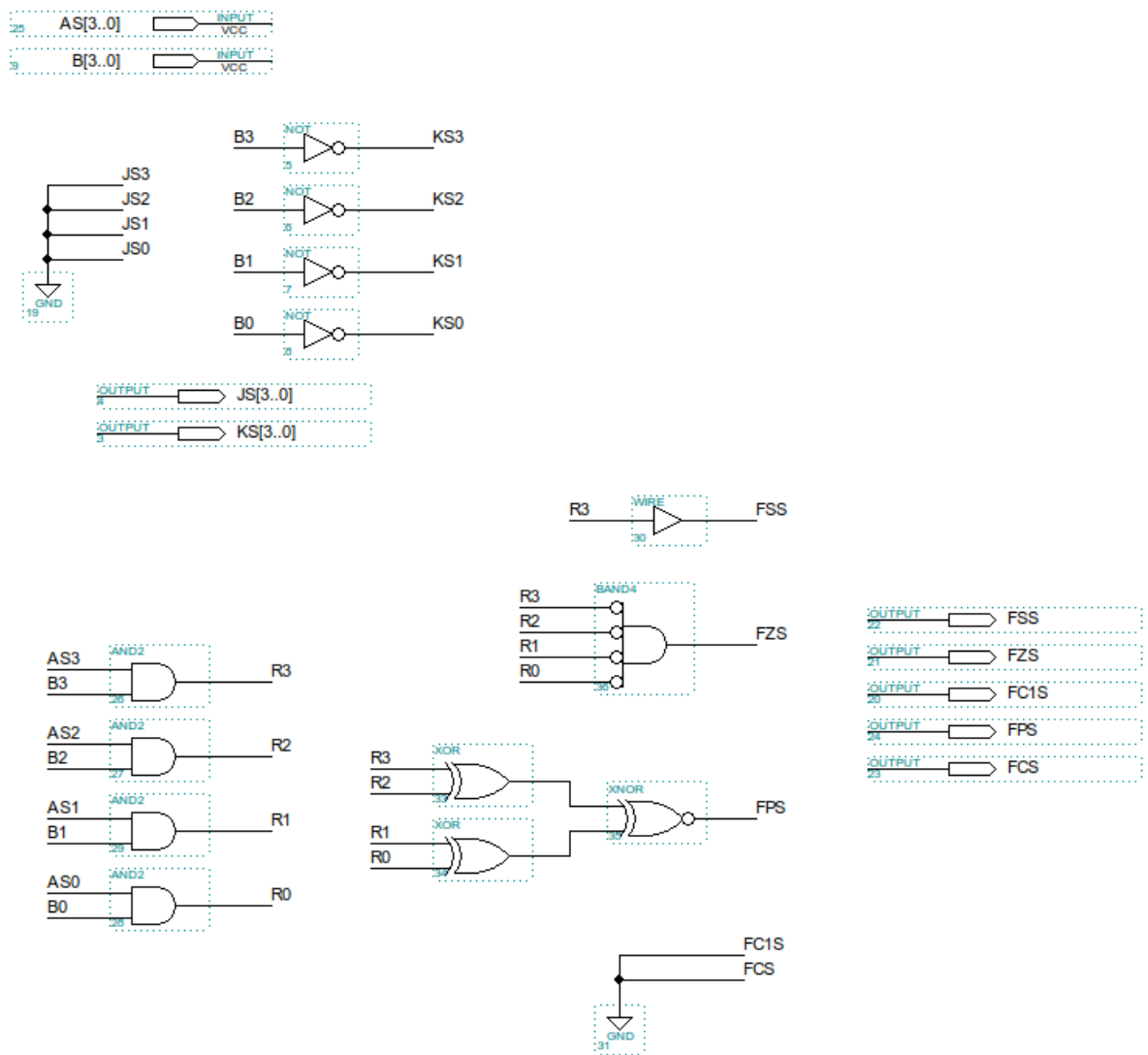


Рисунок 15 — Схема формирования функций возбуждения и ЛФП ОА₁⁽¹⁾.

4.2 Реализация OA_2

Схема построена в соответствии с объединёнными функциями возбуждения для каждого признака, полученными в пункте 3.2.

Для проверки сохранения значения признака C в соответствии с заданием (Таблица 1) реализован сигнал $PRNC$ принудительной установки признака C . При $PRNC = 1$ автомат устанавливает признак C .

При выполнении логической операции (по сигналу $Y1$) в соответствии с заданием (Таблица 1) автомат должен устанавливать значения признаков C и C' (на схеме признак C' обозначен как $C1$) равными нулю. Для этого использован сигнал '0'.

Входными сигналами для OA_2 являются:

- осведомительные сигналы FS , FZ , $FC1$, FP , FC ,
- сигнал синхронизации Q ,
- сигнал управления Y .

Выходными сигналами для OA_2 являются флаги S , Z , $C1$, P , C .

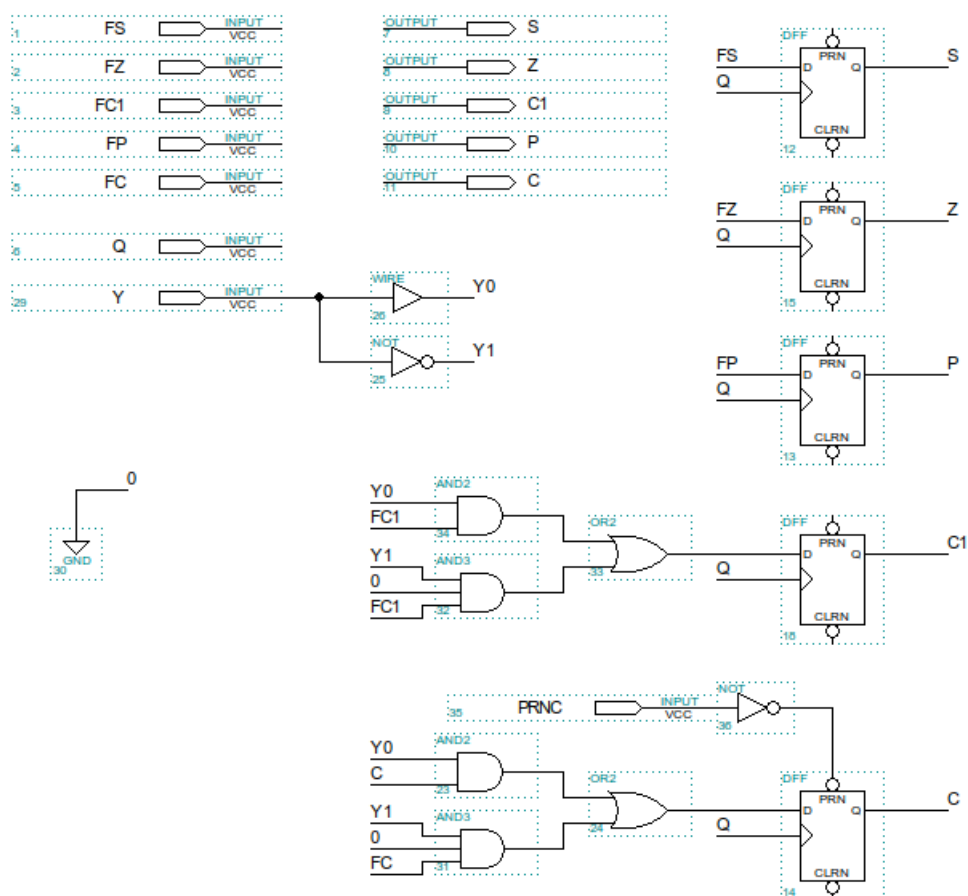


Рисунок 16 — Схема OA_2 .

4.3 Реализация ОА

Схема операционного автомата (Рисунок 17) представлена в виде совокупности схем ОА₁ и ОА₂, представленных в виде символов.

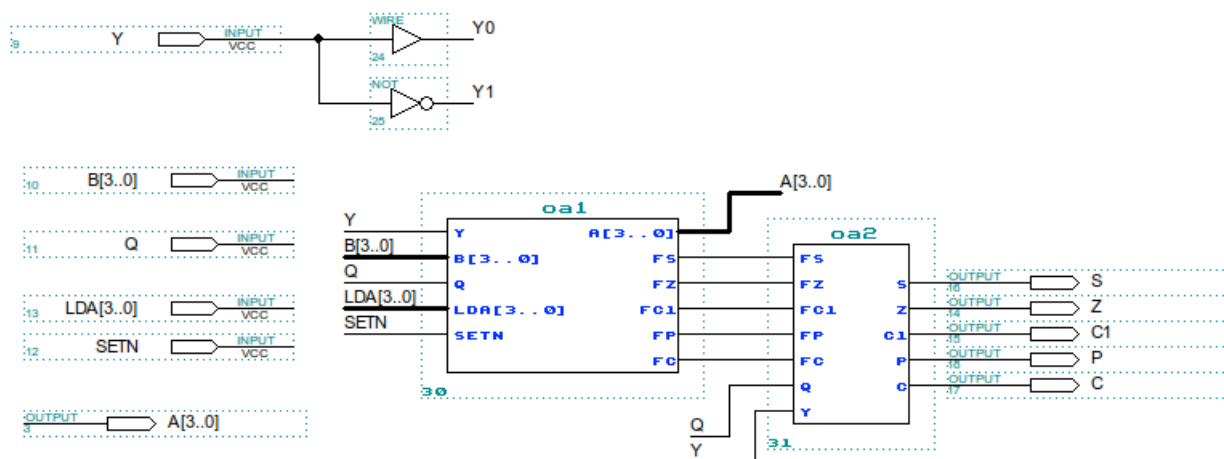


Рисунок 17 — Схема ОА.

5 Моделирование ОА

5.1 Методика моделирования

Процесс моделирования данного автомата был разделен на 3 этапа:

- Моделирование ОА₁. Целью моделирования ОА₁ является проверка правильности выполнения операций, проверка формирования значений логических функций признаков f_S , f_Z , $f_{C'}$, f_P , f_C .
- Моделирование ОА₂. На данном этапе осуществляется проверка правильности записи значений признаков S , Z , C' , P , C .
- Моделирование ОА. На данном этапе осуществлялась проверка правильности взаимодействия автоматов ОА₁ и ОА₂.

5.2 Моделирование ОА₁

5.2.1 Моделирование арифметической операции

На вход ОА₁ подаются следующие сигналы:

- сигнал кода операции $Y = 1$,
- сигнал $LDA = 0011_2$, соответствующий числу 3h (первому разрешенному состоянию),
- импульс SETN, соответствующий переходу автомата в состояние с шины LDA,
- импульсы тактовой частоты Q.

Корректной работе автомата соответствуют значения на выходах, приведенные в таблице 9.

Временная диаграмма результатов моделирования представлена на рисунке 18.

Таблица 9 — Ожидаемые результаты моделирования операции $A \leftarrow A - 1$.

A(t)	A(t+1)	FS	FZ	FC1	FP	FC
0011	1100	1	0	0	1	1
1100	1011	1	0	1	0	0
1011	1010	1	0	0	1	0
1010	1001	1	0	0	1	0
1001	1000	1	0	0	0	0
1000	0111	0	0	1	0	0
0111	0110	0	0	0	1	0
0110	0101	0	0	0	1	0
0101	0100	0	0	0	0	0
0100	0011	0	0	1	1	0

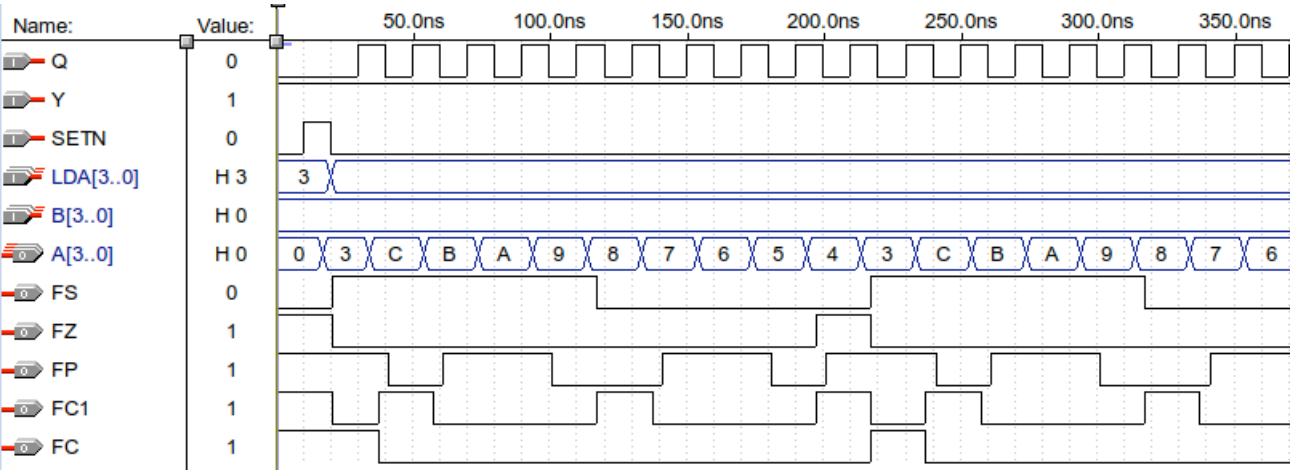


Рисунок 18 — Временная диаграмма результатов моделирования операции $A \leftarrow A - 1$.

Автомат циклически выполняет заданную операцию $A \leftarrow A - 1$ в коде с избытком 3, вырабатывая сигналы от 3h до Ch в шестнадцатеричной системе счисления. Признаки устанавливаются в соответствии с таблицей 9. То есть автомат функционирует в соответствии с заданием.

5.2.2 Моделирование логической операции

На вход ОА1 подаются следующие сигналы:

- сигнал кода операции $Y = 0$,
- сигналы LDA, соответствующие установке состояния,
- импульс SETN, соответствующий переходу автомата в состояние с шины LDA,
- сигналы B,
- импульсы тактовой частоты Q.

Корректной работе автомата соответствуют значения на выходах, приведенные в таблице 10.

Временная диаграмма результатов моделирования представлена на рисунке 19.

Таблица 10 — Ожидаемые результаты моделирования операции $A \leftarrow A \& B$.

A(t)	B(t)	A(t+1)	FS	FZ	FC1	FP	FC
1010	0111	0010	0	0	0	0	0
0010	1001	0000	0	1	0	1	0
1111	1001	1001	1	0	0	1	0
1001	0110	0000	0	1	0	1	0

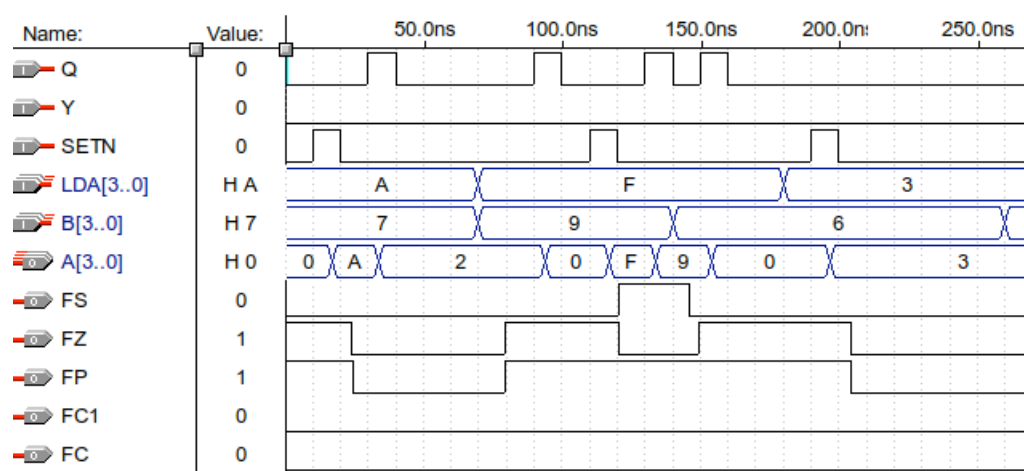


Рисунок 19 — Временная диаграмма результатов моделирования операции $A \leftarrow A \& B$.

Из временной диаграммы (Рисунок 19) видно, что автомат выполняет операцию $A \leftarrow A \& B$ в соответствии с ожидаемыми результатами таблицы 10.

Если с помощью схемы задания состояния записать в A число 1010_2 , а на шину B подать сигнал, соответствующий числу 0111_2 , то после прихода следующего импульса синхронизации $A = A \& B = 1010_2 \& 0111_2 = 0010_2$ и т.д. Признаки устанавливаются в соответствии с таблицей 10. То есть автомат функционирует в соответствии с заданием.

5.3 Моделирование OA_2

На триггеры Ds, Dz, Dc1, Dp, Dc подаются:

- объединенные функции возбуждения FZ, FS, FP, FC1, FC,
- управляющий сигнал Y,
- импульсы тактовой частоты Q,
- сигнал PRNC принудительной установки признака C.

На выходах OA_2 по положительному фронту синхроимпульса Q записываются значения признаков S, Z, C1, P, C в соответствии со значениями ЛФП из таблиц 2, 5.

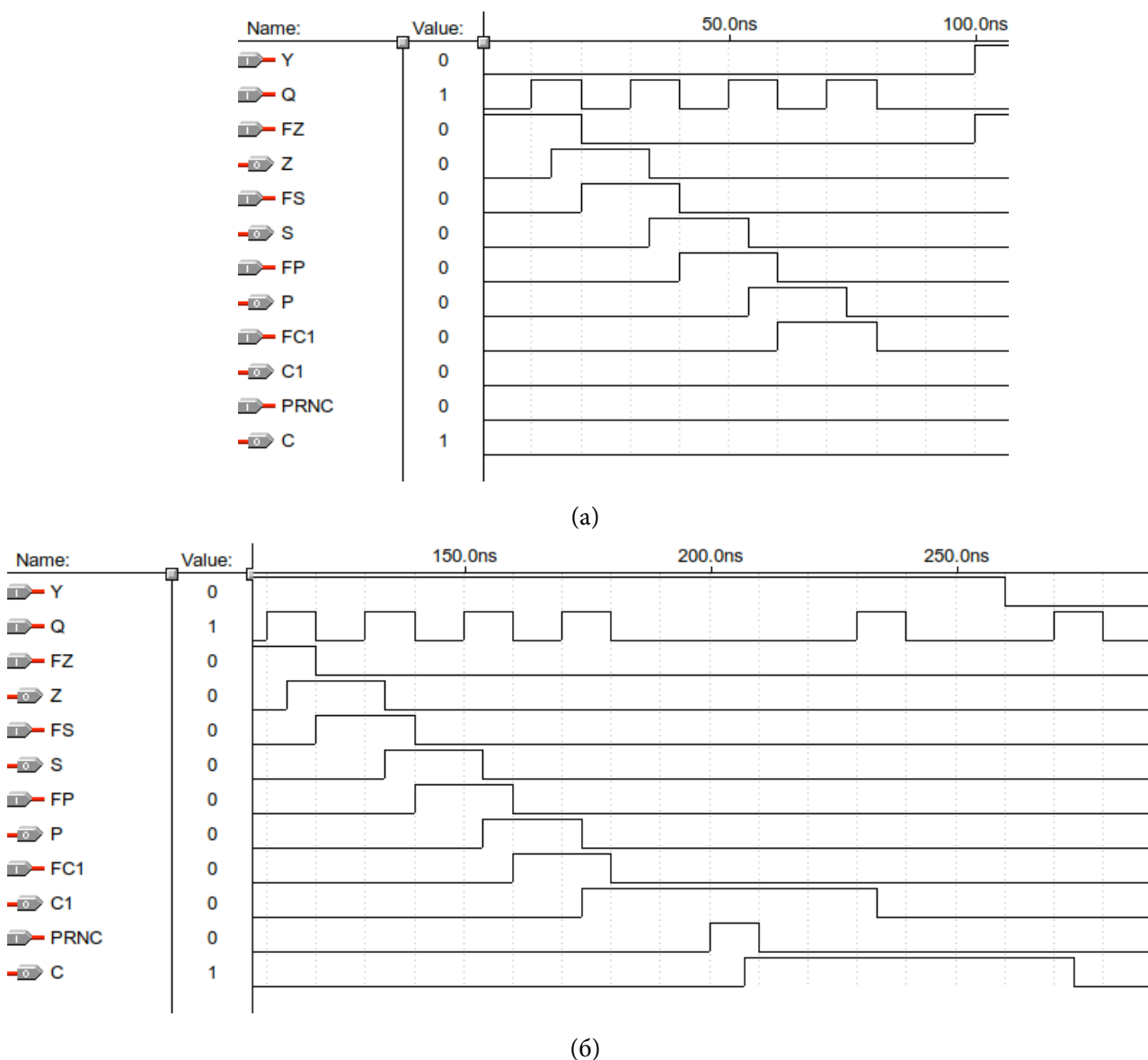


Рисунок 20 — Временные диаграммы результатов моделирования OA_2 .

Из диаграмм (Рисунок 20) видно, что схема работает корректно. Значение признака C при выполнении арифметической ($Y = 1$) операции ОА сохраняет.

5.4 Моделирование ОА

На рисунках 21, 22 приведены временные диаграммы выполнения логической (для $Y = 0$) и арифметической (для $Y = 1$) операций, иллюстрирующие работу автомата, состоящего из ОА₁ и ОА₂.

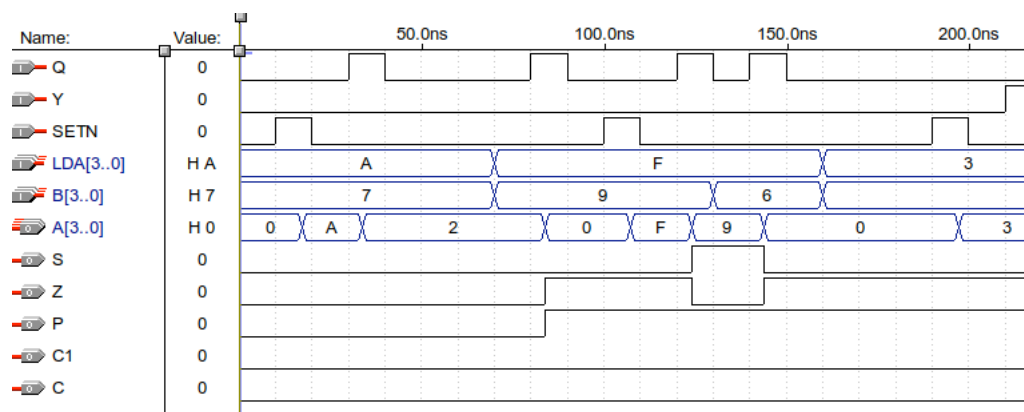


Рисунок 21 — Временная диаграмма результатов моделирования ОА для $y = 0$.

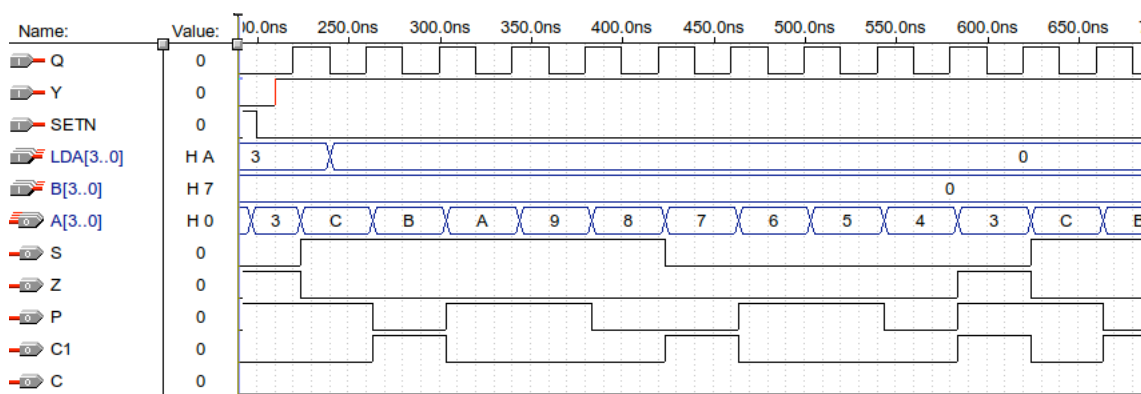


Рисунок 22 — Временная диаграмма результатов моделирования ОА для $y = 1$.

Из временных диаграмм видно, что результаты выполнения операций и признаки, совпадают со значениями из таблиц 2 и 5. Признак C, в соответствии с заданием (Таблица 1), при выполнении арифметической операции ОА не устанавливает.

То есть, автомат функционирует в соответствии с заданием.

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

1. Н. И. Иopa, «Теория автоматов (Проектирование цифровых устройств на ПЛИС)», Методические указания к курсовой работе, практическим занятиям и лабораторным работам / РГРТУ, Рязань, 2011, 80 с.
2. Н. И. Иopa, «Синтез автоматов без памяти», Учебное пособие / РГРТУ, Рязань, 2011, 92 с.
3. Н. И. Иopa, «Теория автоматов в задачах», Методические указания к практическим занятиям / РГРТА, Рязань, 2004, 36 с.