Содержание

Изм.

Лист

*№ докум.*

Подпись

Дата

Лист

ЭВМ 3-2 091027 ПЗ

*Разработ.*

*Петров М.А.*

*Проверил*

*Рощин А.Г.*

*Реценз.*

Н. Контр.

*Утверд.*

Содержание

Лит.

Листов

МГТУ ГА

1. Введение……………………………………………………………………..........2
2. Задание…………………………………………….……………………………...3
3. Общая последовательность вычитания и логического

сложения чисел с ФТ……………………………………………………………..3

1. Структурная схема АЛУ………………………….……………………………...3
2. Алгоритм вычитания и логического сложения чисел в АЛУ……………....…5
3. Разработка функциональной схемы блока управления…………………….....7

6.1 Общая последовательность разработки……………………………….......7

6.2 Формализация задания………………………………………………...…....7

6.3 Выбор типа автомата……………………………………………………….9

6.4 Разметка схемы алгоритма ………………………………………………..9

6.5 Составление таблиц переходов и выходов……………………………….9

6.6 Кодирование состояний……………………………………..……………..11

6.7 Составление кодированной таблицы переходов и выходов…….………11

6.8 Выбор типа триггера………………………………………………….……11

6.9 Преобразование таблицы переходов в таблицу

функций возбуждения триггеров………………………………………...…13

6.10 Запись функций возбуждения и функций выходов в СДНФ…………..16

6.11 Минимизация функций возбуждения и функций выходов…………….19

6.12 Выбор типа логических элементов………………………………………27

6.13 Преобразование функций переходов и функций выходов……………..27

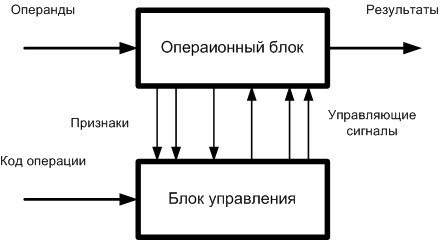
6.14 Построение функциональной схемы блока управления………………..29

6.15 Проверка правильности работы блока управления……...……………...30

1. Заключение………………………………………………………………..…….31
2. Литература……………………………………………………………………....32

**1 Введение**

Устройства ЭВМ можно выделить в два основных блока: операционный блок и блок управления. Структура данного блока представлена **на рисунке 1**.



**Рисунок 1** – структура устройства ЭВМ.

В операционном блоке выполняется операция, для которой предназначено устройство. На вход операционного блока поступают операнды, а на выходе операционного блока формируются результаты выполнения операции. В операционном блоке помимо выполняемых действий могут формироваться признаки операндов, промежуточных или окончательных результатов. Такими признаками являются знаки операндов, знак остатка при делении и другие.

Любая операция в операционном блоке выполняется по средствам сигналов, формирующихся в устройстве управления. На вход блока управления подается код операции, который задает тип операции, выполняемой в операционном блоке. Синтез блока управления может выполняться различными методами. В данной работе рассматривается блок управления, реализованный в виде автомата с памятью.

**2 Задание**

*Задание*: разработать схему блока управления в АЛУ, выполняющего операцию сложения и вычитания.

***Исходные данные*:** Тип автомата – автомат Мура.

Тип триггеров – D-триггеры и RS-триггеры.

Тип логических элементов – И-НЕ.

**3 Общая последовательность операции сложения чисел с ФТ и ИЛИ**

***3.1 Сложение с фиксированной точкой.*** При сложении определяется сумма:

**С = А+В**, где **А** – слагаемое, **В** – слагаемое, **С** – сумма.

***3.2* Общая последовательность логического сложения чисел (операция ИЛИ)**

При логическом сложении осуществляется побитовое сложение чисел (A и B) и формируется результат S=AvB, где:

A – первое число;

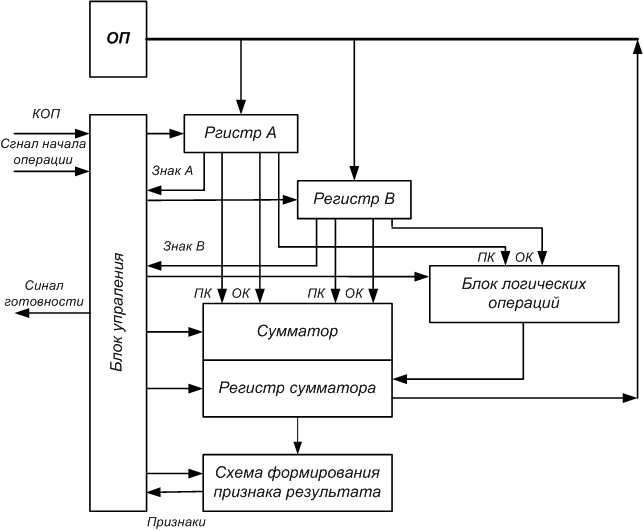
B – второе число;

S – результат операции ИЛИ;

Перед выполнением операции числа записаны в оперативной памяти в прямом коде. Для выполнения операции числа должны быть считаны и переданы в АЛУ. Операция логического сложения проводится без учета знаков чисел. Операнды А и В помещаются в логический блок. На выходе логического блока формируется результат (S), который записывается в регистр сумматора, а затем в ОП.

**4 Структурная схема АЛУ**

Структурная схема АЛУ строится в соответствии с общей последовательностью операций сложения и логического сложения. АЛУ имеет типовую структуру, представленную  **в приложении А** (копия представлена в отчете **на рисунке 2**)



**Рисунок 2** – структурная схема АЛУ

Операционный блок АЛУ представляет собой совокупность различных узлов, каждый из которых представляет собой законченное «устройство», выполняющее отдельную операцию, свойственную ему одному. Так для хранения исходных чисел (А и В) на время выполнения операции в состав АЛУ должны входить два регистра. Для сложения чисел в операционном блоке должен быть сумматор, а для логического сложения в ОБ должен быть блок логического сложения. Обычно сумматор выполняется в виде комбинационной схемы, поэтому для фиксации разности и результата логического сложения должен быть предусмотрен регистр сумматора. Результат, формирующийся в блоке логического сложения, также должен быть помещен в регистр сумматора.

Наконец, для определения признаков результата должны использоваться схемы, которые объединяются в общую схему формирования признаков результата. Соединив основные узлы операционного блока между собой информационными связями, а также операционный блок и блок управления управляющими связями, получим структурную схему АЛУ, показанную в **Приложении А** (копия представлена в отчете **на рисунке 2)**

**5 Алгоритм сложения и логического сложения чисел в АЛУ с ФТ**

Алгоритм сложения и логического сложения чисел составляется в соответствии с общей последовательностью сложения и структурной схемой АЛУ. Микропрограмма сложения и логического сложения чисел в АЛУ в виде схемы алгоритма представлена **в приложении В** (копия представлена в отчете **на рисунке 3**). Здесь под микропрограммой понимается последовательность микроопераций. Микрооперация – элементарная операция, для управления которой достаточно одного управляющего сигнала.

Перед началом операции числа находятся в оперативной памяти. Если АЛУ не занято выполнением очередной операции, то блок управления находится в исходном состоянии и выдает сигнал готовности.

Блок управления начинает работу, если на него поступает сигнал начала операции.

Числа **А** и **В** последовательно считываются из оперативной памяти и записываются в регистры **РгА** и **РгВ** .Согласованная работа оперативной памяти и АЛУ обеспечивается центральным устройством управления, которое в определенные моменты времени выдает сигнал начала работы оперативной памяти в режиме чтения.

Выполнение операции начинается после поступления кода операции в блок управления, если поступил код операции сложения, числа подаются в сумматор в прямом или дополнительном коде в зависимости от их знаков или в прямом коде в блок логического сложения, в противном случае.

Далее оба числа одновременно поступают на входы сумматора или блока логического сложения, при этом на соответствующих выходах формируется или значение суммы или результат логического сложения. Результат записывается в регистр сумматора

Для получения дополнительного кода числа в младший разряд сумматора поступает сигнал +1.

Полученное значение анализируется в схеме формирования признака результата. При отрицательном результате (s=1) он преобразуется в прямой код и записывается в оперативную память. На этом операция АЛУ заканчивается.

**Рисунок 3** – структурная схема алгоритма

**Разработка функциональной схемы блока управления**

**6.1 Общая последовательность разработки**

Блок управления представляет собой автомат с памятью. Алгоритм работы блока управления задан в виде микропрограммы. В этом случае разработка блока управления включает следующие этапы:

* Формализация задания.
* Выбор типа автомата.
* Разметка схемы алгоритма.
* Составление таблицы переходов и выходов автоматов.
* Кодирование состояний.
* Составление кодированной таблицы переходов и выходов.
* Выбор типа триггеров.
* Преобразование таблицы переходов в таблицу функций возбуждения триггеров.
* Запись функций возбуждения и функций выходов в СДНФ.
* Минимизация функций возбуждения и функций выходов.
* Выбор типа логических элементов.
* Преобразование функций переходов и выходов.
* Построение функциональной схемы блока управления.
* Проверка правильности работы блока управления.

**6.2 Формализация задания**

При задании автомата микропрограммой количество входных сигналов равно числу различных условных операторов микропрограммы. В данном случае число условных операторов равно 5.

Для упрощения записи логических функций приняты следующие обозначения:

* k – сигнал начала операции;
* r – сигнал кода операции;
* a – знак числа А;
* b – знак числа В;
* s – знак результата.

Тогда входными сигналами блока управления являются сигналы k, r, a, b, s, каждый из которых может принимать значение 0 или 1.

Число выходных сигналов равно числу микроопераций в микропрограмме. Безусловные операторы содержат по одной микрооперации. Таким образом, общее число выходных сигналов равно 13. Обозначения выходных сигналов и соответствующие им микрооперации приведены в **таблице 1**.

С учетом числа входных и выходных сигналов общая схема блока управления может быть представлена в виде **рисунка 4**.



**Рисунок 4** - Общая схема блока управления

**Таблица 1**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| №  п/п | Выходные  сигналы | Микрооперации |
| 0 | Y0 | Сигнал готовности |
| 1 | Y1 | Прием числа А из ОП в регистр РгА |
| 2 | Y2 | Прием числа В из ОП в регистр РгВ |
| 3 | Y3 | Выдача числа А в блок логического сложения |
| 4 | Y4 | Выдача числа В в блок логического сложения |
| 5 | Y5 | Выдача числа А в сумматор в прямом коде |
| 6 | Y6 | Выдача числа В в сумматор в прямом коде |
| 7 | Y7 | Выдача числа A в сумматор в дополнительном коде |
| 8 | Y8 | Выдача числа B в сумматор в дополнительном коде |
| 9 | Y9 | Выдача результата в регистр сумматора |
| 10 | Y10 | Формирование признака результата |
| 11 | Y11 | Преобразование результата в прямой код |
| 12 | Y12 | Выдача результата из регистра сумматора в ОП |

**6.3 Выбор типа автомата**

Заданием предусмотрена реализация блока управления в виде автомата Мура.

**6.4 Разметка схемы алгоритма**

Для разметки используется формальная схема алгоритма, в которой названия микроопераций заменяются на соответствующие управляющие сигналы из таблицы 1. При разметке используются следующие правила:

1. Начальный и конечный операторы помечаются символам начального состояния ().
2. Все безусловные операторы помечаются символами следующих состояний (, , )

Размеченная схема алгоритма представлена **на рисунке 6**. Как видно по результатам разметки, автомат имеет 12 состояний (, , … , ).

**6.5 Составление таблицы переходов и выходов**

Таблица переходов и выходов составляется по размеченной схеме алгоритма. Число строк таблицы (без заглавной) равно числу комбинаций входных сигналов, а число столбцов (без заглавного) равно числу состояний автомата.

Для сокращения размеров таблицы следует учесть, что при входном сигнале a = 0 автомат может находиться только в состоянии . **Таблица переходов и выходов автомата приведена в виде таблицы 2.**

Таблица 2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Входы | | | | | Состояния и выходы | | | | | | | | | | | |
| k | r | a | b | s | Y0 | Y1 | Y2 | Y3,Y4 | Y5,Y6 | Y5,Y8 | Y7,Y6 | Y7,Y8 | Y9 | Y10 | Y11 | Y12 |
| Q0 | Q1 | Q2 | Q3 | Q4 | Q5 | Q6 | Q7 | Q8 | Q9 | Q10 | Q11 |
| 0 | - | - | - | - | Q0 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 1 0 0 0 0 | | | | | Q1 | Q2 | Q3 | Q8 | Q8 | Q8 | Q8 | Q8 | Q9 | Q11 | Q11 | Q0 |
| 1 0 0 0 1 | | | | | Q1 | Q2 | Q3 | Q8 | Q8 | Q8 | Q8 | Q8 | Q9 | Q10 | Q11 | Q0 |
| 1 0 0 1 0 | | | | | Q1 | Q2 | Q3 | Q8 | Q8 | Q8 | Q8 | Q8 | Q9 | Q11 | Q11 | Q0 |
| 1 0 0 1 1 | | | | | Q1 | Q2 | Q3 | Q8 | Q8 | Q8 | Q8 | Q8 | Q9 | Q10 | Q11 | Q0 |
| 1 0 1 0 0 | | | | | Q1 | Q2 | Q3 | Q8 | Q8 | Q8 | Q8 | Q8 | Q9 | Q11 | Q11 | Q0 |
| 1 0 1 0 1 | | | | | Q1 | Q2 | Q3 | Q8 | Q8 | Q8 | Q8 | Q8 | Q9 | Q10 | Q11 | Q0 |
| 1 0 1 1 0 | | | | | Q1 | Q2 | Q3 | Q8 | Q8 | Q8 | Q8 | Q8 | Q9 | Q11 | Q11 | Q0 |
| 1 0 1 1 1 | | | | | Q1 | Q2 | Q3 | Q8 | Q8 | Q8 | Q8 | Q8 | Q9 | Q10 | Q11 | Q0 |
| 1 1 0 0 0 | | | | | Q1 | Q2 | Q4 | Q8 | Q8 | Q8 | Q8 | Q8 | Q9 | Q11 | Q11 | Q0 |
| 1 1 0 0 1 | | | | | Q1 | Q2 | Q4 | Q8 | Q8 | Q8 | Q8 | Q8 | Q9 | Q10 | Q11 | Q0 |
| 1 1 0 1 0 | | | | | Q1 | Q2 | Q5 | Q8 | Q8 | Q8 | Q8 | Q8 | Q9 | Q11 | Q11 | Q0 |
| 1 1 0 1 1 | | | | | Q1 | Q2 | Q5 | Q8 | Q8 | Q8 | Q8 | Q8 | Q9 | Q10 | Q11 | Q0 |
| 1 1 1 0 0 | | | | | Q1 | Q2 | Q6 | Q8 | Q8 | Q8 | Q8 | Q8 | Q9 | Q11 | Q11 | Q0 |
| 1 1 1 0 1 | | | | | Q1 | Q2 | Q6 | Q8 | Q8 | Q8 | Q8 | Q8 | Q9 | Q10 | Q11 | Q0 |
| 1 1 1 1 0 | | | | | Q1 | Q2 | Q7 | Q8 | Q8 | Q8 | Q8 | Q8 | Q9 | Q11 | Q11 | Q0 |
| 1 1 1 1 1 | | | | | Q1 | Q2 | Q7 | Q8 | Q8 | Q8 | Q8 | Q8 | Q9 | Q10 | Q11 | Q0 |

 **Рисунок 6** - Размеченная схема алгоритма

**6.6 Кодирование состояний**

Принимаем естественный способ кодирования.

Число элементов памяти при этом будет равно

n = (N) ↑ ,

где: n – число элементов памяти;

N – число состояний автомата;

↑ - знак округления в большую сторону до целого.

При N = 12 получим:

n = ( 12) ↑ = 4.

Обозначим элементы памяти символами , ,  и . Далее каждому состоянию поставим в соответствие двоичный код его номера и набор состояний элементов памяти. В результате получим следующее кодирование состояний:

\_ \_ \_ \_ \_ \_

Q0 → 0000 →  Q6→ 0110 → 

\_ \_ \_ \_

Q1 → 0001 →  Q7→ 0111 → 

\_ \_ \_ \_ \_ \_

Q2 → 0010 →  Q8→ 1000 → 

\_ \_ \_ \_

Q3 → 0011 →  Q9→ 1001 → 

\_ \_ \_ \_ \_

Q4 → 0100 →  Q10→ 1010 → 

\_ \_ \_

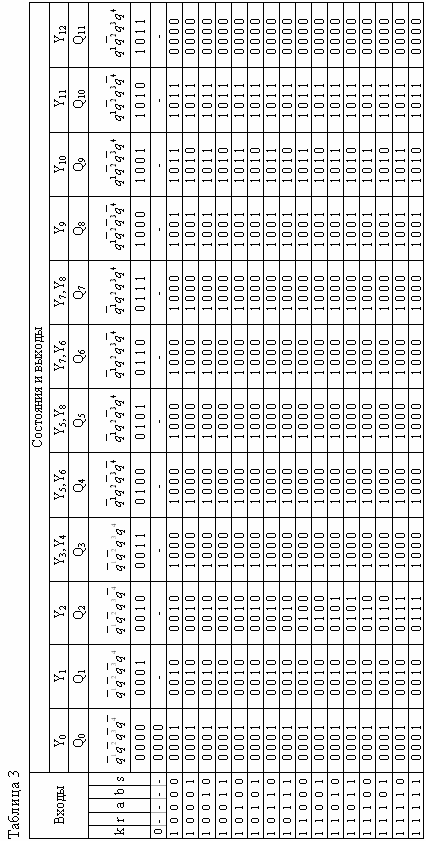
Q5 → 0101 →  Q11→ 1011 → 

**6.7 Составление кодированной таблицы переходов и выходов**

Для составления кодированной таблицы переходов заменим в таблице 2 состояния **Qi** их двоичными номерами в соответствии с принятым кодированием. В результате получим кодированную таблицу переходов и выходов, которая имеет вид таблицы 3. В таблице 3 приведены как двоичные Q номера состояний, так и состояния каждого элемента памяти. Кроме этого, в таблице приведены значения выходных сигналов, которые остаются теми же, что и в таблице 2.

**6.8 Выбор типа триггера**

Выбор типа триггера производится методом перебора. При этом поочередно выполняется синтез автомата для всех рассматриваемых типов триггеров. Для реализации выбирается тип триггера, при использовании которого автомат имеет меньшую сложность. В данном случае синтез производится для RS- триггера и D – триггера.



**6.9 Преобразование таблицы переходов в таблицу функций возбуждения триггеров**

При использовании D – триггеров преобразование таблицы переходов не выполняется. Поэтому приведем преобразование таблицы переходов в таблицу функций возбуждения для Т – триггеров. Эта таблица имеет вид таблицы 4.

Необходимо записать функции возбуждения триггеров, такие, чтобы триггеры переходили в те же состояния, что и D – триггеры, т. е. автомат должен работать также, как и при использовании D – триггера. Для этого кодированная таблица переходов преобразуется в таблицу функций возбуждения триггеров. Преобразования выполняются при помощи характеристической таблицы соответствующего триггера, которая имеет вид таблицы

Таблица 5

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Состояния** | | **Входы** | |
| **Qt** | **Qt+1** | **S** | **R** |
| 0 | 0 | 0 | - |
| 0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | - | 0 |

Таблица 4.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Входы** | **Состояния и выходы** | | | | | | | | | | | |
| **k r a b s** | **Y0** | | | | **Y1** | | | | **Y2** | | | |
| **Q0** | | | | **Q1** | | | | **Q2** | | | |
| **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **0** | **1** | **0** | **0** | **1** | **0** |
| **Кодировка** | **S1R1** | **S2R2** | **S3R3** | **S4R4** | **S1R1** | **S2R2** | **S3R3** | **S4R4** | **S1R1** | **S2R2** | **S3R3** | **S4R4** |
| 0 - - - - | 0- | 0- | 0- | 0- | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 1 0 0 0 0 | 0- | 0- | 0- | 10 | 0- | 0- | 10 | 01 | 0- | 0- | -0 | 0- |
| 1 0 0 0 1 | 0- | 0- | 0- | 10 | 0- | 0- | 10 | 01 | 0- | 0- | -0 | 0- |
| 1 0 0 1 0 | 0- | 0- | 0- | 10 | 0- | 0- | 10 | 01 | 0- | 0- | -0 | 0- |
| 1 0 0 1 1 | 0- | 0- | 0- | 10 | 0- | 0- | 10 | 01 | 0- | 0- | -0 | 0- |
| 1 0 1 0 0 | 0- | 0- | 0- | 10 | 0- | 0- | 10 | 01 | 0- | 0- | -0 | 0- |
| 1 0 1 0 1 | 0- | 0- | 0- | 10 | 0- | 0- | 10 | 01 | 0- | 0- | -0 | 0- |
| 1 0 1 1 0 | 0- | 0- | 0- | 10 | 0- | 0- | 10 | 01 | 0- | 0- | -0 | 0- |
| 1 0 1 1 1 | 0- | 0- | 0- | 10 | 0- | 0- | 10 | 01 | 0- | 0- | -0 | 0- |
| 1 1 0 0 0 | 0- | 0- | 0- | 10 | 0- | 0- | 10 | 01 | 0- | 10 | 01 | 0- |
| 1 1 0 0 1 | 0- | 0- | 0- | 10 | 0- | 0- | 10 | 01 | 0- | 10 | 01 | 0- |
| 1 1 0 1 0 | 0- | 0- | 0- | 10 | 0- | 0- | 10 | 01 | 0- | 10 | 01 | 10 |
| 1 1 0 1 1 | 0- | 0- | 0- | 10 | 0- | 0- | 10 | 01 | 0- | 10 | 01 | 10 |
| 1 1 1 0 0 | 0- | 0- | 0- | 10 | 0- | 0- | 10 | 01 | 0- | 10 | 01 | 0- |
| 1 1 1 0 1 | 0- | 0- | 0- | 10 | 0- | 0- | 10 | 01 | 0- | 10 | 01 | 0- |
| 1 1 1 1 0 | 0- | 0- | 0- | 10 | 0- | 0- | 10 | 01 | 0- | 10 | 01 | 10 |
| 1 1 1 1 1 | 0- | 0- | 0- | 10 | 0- | 0- | 10 | 01 | 0- | 10 | 01 | 10 |

Таблица 4.2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Входы** | **Состояния и выходы** | | | | | | | | | | | |
| **k r a b s** | **Y3 , Y4** | | | | **Y5 , Y6** | | | | **Y5 , Y8** | | | |
| **Q3** | | | | **Q4** | | | | **Q5** | | | |
| **0** | **0** | **1** | **1** | **0** | **1** | **0** | **0** | **0** | **1** | **0** | **1** |
| **Кодировка** | **S1R1** | **S2R2** | **S3R3** | **S4R4** | **S1R1** | **S2R2** | **S3R3** | **S4R4** | **S1R1** | **S2R2** | **S3R3** | **S4R4** |
| 0 - - - - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 1 0 0 0 0 | 10 | 0- | 01 | 01 | 10 | 01 | 0- | 0- | 10 | 01 | 0- | 01 |
| 1 0 0 0 1 | 10 | 0- | 01 | 01 | 10 | 01 | 0- | 0- | 10 | 01 | 0- | 01 |
| 1 0 0 1 0 | 10 | 0- | 01 | 01 | 10 | 01 | 0- | 0- | 10 | 01 | 0- | 01 |
| 1 0 0 1 1 | 10 | 0- | 01 | 01 | 10 | 01 | 0- | 0- | 10 | 01 | 0- | 01 |
| 1 0 1 0 0 | 10 | 0- | 01 | 01 | 10 | 01 | 0- | 0- | 10 | 01 | 0- | 01 |
| 1 0 1 0 1 | 10 | 0- | 01 | 01 | 10 | 01 | 0- | 0- | 10 | 01 | 0- | 01 |
| 1 0 1 1 0 | 10 | 0- | 01 | 01 | 10 | 01 | 0- | 0- | 10 | 01 | 0- | 01 |
| 1 0 1 1 1 | 10 | 0- | 01 | 01 | 10 | 01 | 0- | 0- | 10 | 01 | 0- | 01 |
| 1 1 0 0 0 | 10 | 0- | 01 | 01 | 10 | 01 | 0- | 0- | 10 | 01 | 0- | 01 |
| 1 1 0 0 1 | 10 | 0- | 01 | 01 | 10 | 01 | 0- | 0- | 10 | 01 | 0- | 01 |
| 1 1 0 1 0 | 10 | 0- | 01 | 01 | 10 | 01 | 0- | 0- | 10 | 01 | 0- | 01 |
| 1 1 0 1 1 | 10 | 0- | 01 | 01 | 10 | 01 | 0- | 0- | 10 | 01 | 0- | 01 |
| 1 1 1 0 0 | 10 | 0- | 01 | 01 | 10 | 01 | 0- | 0- | 10 | 01 | 0- | 01 |
| 1 1 1 0 1 | 10 | 0- | 01 | 01 | 10 | 01 | 0- | 0- | 10 | 01 | 0- | 01 |
| 1 1 1 1 0 | 10 | 0- | 01 | 01 | 10 | 01 | 0- | 0- | 10 | 01 | 0- | 01 |
| 1 1 1 1 1 | 10 | 0- | 01 | 01 | 10 | 01 | 0- | 0- | 10 | 01 | 0- | 01 |

Таблица 4.3

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Входы** | **Состояния и выходы** | | | | | | | | | | | |
| **k r a b s** | **Y7 , Y6** | | | | **Y7 , Y8** | | | | **Y9** | | | |
| **Q6** | | | | **Q7** | | | | **Q8** | | | |
| **0** | **1** | **1** | **0** | **0** | **1** | **1** | **1** | **1** | **0** | **0** | **0** |
| **Кодировка** | **S1R1** | **S2R2** | **S3R3** | **S4R4** | **S1R1** | **S2R2** | **S3R3** | **S4R4** | **S1R1** | **S2R2** | **S3R3** | **S4R4** |
| 0 - - - - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 1 0 0 0 0 | 10 | 01 | 01 | 0- | 10 | 01 | 01 | 01 | -0 | 0- | 0- | -0 |
| 1 0 0 0 1 | 10 | 01 | 01 | 0- | 10 | 01 | 01 | 01 | -0 | 0- | 0- | -0 |
| 1 0 0 1 0 | 10 | 01 | 01 | 0- | 10 | 01 | 01 | 01 | -0 | 0- | 0- | -0 |
| 1 0 0 1 1 | 10 | 01 | 01 | 0- | 10 | 01 | 01 | 01 | -0 | 0- | 0- | -0 |
| 1 0 1 0 0 | 10 | 01 | 01 | 0- | 10 | 01 | 01 | 01 | -0 | 0- | 0- | -0 |
| 1 0 1 0 1 | 10 | 01 | 01 | 0- | 10 | 01 | 01 | 01 | -0 | 0- | 0- | -0 |
| 1 0 1 1 0 | 10 | 01 | 01 | 0- | 10 | 01 | 01 | 01 | -0 | 0- | 0- | -0 |
| 1 0 1 1 1 | 10 | 01 | 01 | 0- | 10 | 01 | 01 | 01 | -0 | 0- | 0- | -0 |
| 1 1 0 0 0 | 10 | 01 | 01 | 0- | 10 | 01 | 01 | 01 | -0 | 0- | 0- | -0 |
| 1 1 0 0 1 | 10 | 01 | 01 | 0- | 10 | 01 | 01 | 01 | -0 | 0- | 0- | -0 |
| 1 1 0 1 0 | 10 | 01 | 01 | 0- | 10 | 01 | 01 | 01 | -0 | 0- | 0- | -0 |
| 1 1 0 1 1 | 10 | 01 | 01 | 0- | 10 | 01 | 01 | 01 | -0 | 0- | 0- | -0 |
| 1 1 1 0 0 | 10 | 01 | 01 | 0- | 10 | 01 | 01 | 01 | -0 | 0- | 0- | -0 |
| 1 1 1 0 1 | 10 | 01 | 01 | 0- | 10 | 01 | 01 | 01 | -0 | 0- | 0- | -0 |
| 1 1 1 1 0 | 10 | 01 | 01 | 0- | 10 | 01 | 01 | 01 | -0 | 0- | 0- | -0 |
| 1 1 1 1 1 | 10 | 01 | 01 | 0- | 10 | 01 | 01 | 01 | -0 | 0- | 0- | -0 |

Таблица 4.4

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Входы** | **Состояния и выходы** | | | | | | | | | | | |
| **k r a b s** | **Y10** | | | | **Y11** | | | | **Y12** | | | |
| **Q9** | | | | **Q10** | | | | **Q11** | | | |
| **1** | **0** | **0** | **1** | **1** | **0** | **1** | **0** | **1** | **0** | **1** | **1** |
| **Кодировка** | **S1R1** | **S2R2** | **S3R3** | **S4R4** | **S1R1** | **S2R2** | **S3R3** | **S4R4** | **S1R1** | **S2R2** | **S3R3** | **S4R4** |
| 0 - - - - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 1 0 0 0 0 | -0 | 0- | 10 | -0 | -0 | 0- | -0 | 10 | 01 | 0- | 01 | 01 |
| 1 0 0 0 1 | -0 | 0- | 10 | 01 | -0 | 0- | -0 | 10 | 01 | 0- | 01 | 01 |
| 1 0 0 1 0 | -0 | 0- | 10 | -0 | -0 | 0- | -0 | 10 | 01 | 0- | 01 | 01 |
| 1 0 0 1 1 | -0 | 0- | 10 | 01 | -0 | 0- | -0 | 10 | 01 | 0- | 01 | 01 |
| 1 0 1 0 0 | -0 | 0- | 10 | -0 | -0 | 0- | -0 | 10 | 01 | 0- | 01 | 01 |
| 1 0 1 0 1 | -0 | 0- | 10 | 01 | -0 | 0- | -0 | 10 | 01 | 0- | 01 | 01 |
| 1 0 1 1 0 | -0 | 0- | 10 | -0 | -0 | 0- | -0 | 10 | 01 | 0- | 01 | 01 |
| 1 0 1 1 1 | -0 | 0- | 10 | 01 | -0 | 0- | -0 | 10 | 01 | 0- | 01 | 01 |
| 1 1 0 0 0 | -0 | 0- | 10 | -0 | -0 | 0- | -0 | 10 | 01 | 0- | 01 | 01 |
| 1 1 0 0 1 | -0 | 0- | 10 | 01 | -0 | 0- | -0 | 10 | 01 | 0- | 01 | 01 |
| 1 1 0 1 0 | -0 | 0- | 10 | -0 | -0 | 0- | -0 | 10 | 01 | 0- | 01 | 01 |
| 1 1 0 1 1 | -0 | 0- | 10 | 01 | -0 | 0- | -0 | 10 | 01 | 0- | 01 | 01 |
| 1 1 1 0 0 | -0 | 0- | 10 | -0 | -0 | 0- | -0 | 10 | 01 | 0- | 01 | 01 |
| 1 1 1 0 1 | -0 | 0- | 10 | 01 | -0 | 0- | -0 | 10 | 01 | 0- | 01 | 01 |
| 1 1 1 1 0 | -0 | 0- | 10 | -0 | -0 | 0- | -0 | 10 | 01 | 0- | 01 | 01 |
| 1 1 1 1 1 | -0 | 0- | 10 | 01 | -0 | 0- | -0 | 10 | 01 | 0- | 01 | 01 |

**6. 10 Запись функций возбуждения и функций выходов в СДНФ**

Для упрощения записи используем скобочную форму логических функций.

Функции возбуждения D – триггера:



\_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_

(r a b s ˅ … ˅ r a b s)k ˅ (r a b s ˅ … ˅ r a b s)k ˅

\_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_

(r a b s ˅ … ˅ r a b s)k˅ (r a b s ˅ … ˅ r a b s)k ˅

\_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_

(r a b s ˅ … ˅ r a b s)k ˅ (r a b s ˅ … ˅ r a b s)k ˅

\_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_

(r a b s ˅ … ˅ r a b s)k ˅ (r a b s ˅ … ˅ r a b s)k



\_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_

(r a b s ˅ r a b s ˅ r a b s ˅ r a b s ˅ r a b s ˅ r a b s ˅ r a b s ˅ r a b s)k



\_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_

(r a b s ˅ … r a b s)k ˅ (r a b s ˅ … ˅ r a b s)k˅

\_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_

(r a b s ˅ … r a b s)k˅ (r a b s ˅ r a b s ˅ r a b s ˅ r a b s ˅ r a b s ˅ r a b s ˅

\_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_

r a b s ˅ r a b s ˅ r a b s ˅ r a b s ˅ r a b s ˅ r a b s)k



\_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_

(r a b s ˅ … ˅ r a b s)k ˅ (r a b s ˅ … ˅ r a b s)k˅

\_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_

(r a b s ˅ r a b s ˅ r a b s ˅ r a b s ˅ r a b s ˅ r a b s ˅ r a b s ˅ r a b s)k˅

\_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_

(r a b s ˅ … ˅ r a b s)k˅ (r a b s ˅ r a b s ˅ r a b s ˅ r a b s)k

Функции возбуждения RS-триггера:

S1=

\_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_

(r a b s ˅ … ˅ r a b s)k ˅ (r a b s ˅ … ˅ r a b s)k ˅

\_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_

(r a b s ˅ … ˅ r a b s)k ˅ (r a b s ˅ … ˅ r a b s)k ˅

\_ \_ \_ \_ \_

(r a b s ˅ … ˅ r a b s)k

S2=

\_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_

(r a b s ˅ r a b s ˅ r a b s ˅ r a b s ˅ r a b s ˅ r a b s ˅ r a b s ˅ r a b s)k

S3=

\_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_

(r a b s ˅ … ˅ r a b s)k ˅ (r a b s ˅ … ˅ r a b s)k

S4=

\_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_

(r a b s ˅ … ˅ r a b s)k ˅ (r a b s ˅ … ˅ r a b s)k ˅

\_ \_ \_ \_ \_ \_ \_

(r a b s ˅ r a b s ˅ r a b s ˅ r a b s)k

R1=

\_ \_ \_ \_ \_

(r a b s ˅ … ˅ r a b s)k

R2=

\_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_

(r a b s ˅ … ˅ r a b s)k ˅ (r a b s ˅ … ˅ r a b s)k ˅

\_ \_ \_ \_ \_

(r a b s ˅ … ˅ r a b s)k

R3=

\_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_

(r a b s ˅ r a b s ˅ r a b s ˅ r a b s ˅ r a b s ˅ r a b s ˅ r a b s ˅ r a b s)k˅

\_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_

(r a b s ˅ … ˅ r a b s)k ˅ (r a b s ˅ … ˅ r a b s)k ˅

\_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_

(r a b s ˅ … ˅ r a b s)k ˅ (r a b s ˅ … ˅ r a b s)k

R4=

\_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_

(r a b s ˅ r a b s ˅ r a b s ˅ r a b s ˅ r a b s ˅ r a b s ˅ r a b s ˅ r a b s)k˅

\_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_

(r a b s ˅ … ˅ r a b s)k ˅ (r a b s ˅ … ˅ r a b s)k ˅

\_ \_ \_ \_ \_

(r a b s ˅ … ˅ r a b s)k

Упростив выражения в скобках методом непосредственных преобразований, получим:

\_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_

 k∨ k∨ k∨ k∨ k∨ k∨

\_ \_ \_ \_

k∨ k;

\_ \_ \_

kr;

\_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_

k∨ k∨ k˅ kr∨ ka;

\_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_

 k∨ k∨ k∨ kr∨ kb∨ ks;

Функции возбуждения RS- триггеров после упрощения выражений в скобках:

\_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_

S1= k∨ k∨ k∨ k∨ k;

\_ \_ \_

S2= kr;

\_ \_ \_ \_ \_

S3= k∨ k;

\_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_

S4= k∨ k˅ kr∨ kb;

\_

R1= k;

\_ \_ \_ \_ \_ \_

R2= k∨ k∨ k;

\_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_

R3= k∨ k∨ k∨ k ˅ kr;

\_ \_ \_ \_ \_ \_ \_

R4= k∨ k∨ k ˅ ks;

Функции выходов запишем в следующем виде:

\_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_

= ; ∨ ; ;

\_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_

; ∨ ; ;

\_ \_ \_ \_ \_ \_ \_

; ∨ ; ;

\_ \_ \_ \_ \_

; ∨ ;

\_ \_ \_ \_ \_

; ;

**6.11 Минимизация функций возбуждения и функций выходов**

Для окончательной минимизации функций используется метод Карно. При минимизации следует учесть, что все функции являются не полностью определенными, так как в таблице переходов не использованы состояния Q12, Q13, Q14, Q15.

Стоит отметить, что метод Карно применим непосредственно только к функциям не более четырех переменных. В случае более сложных функций они минимизируются по частям.

Например :

\_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_

k∨ k∨ k˅ kr∨ ka

Будет представлять собой при минимизации 3 функции D31˅D32˅D33

Диаграммы Карно для функций выходов  приведены на рисунках 7-12.



Рисунок 7 – Карты Карно для Y0,Y1



Рисунок 8 – Карты Карно для Y2,Y3 ,Y4



Рисунок 9 – Карты Карно для Y5,Y6



Рисунок 10 – Карты Карно для Y7,Y8



Рисунок 11 – Карты Карно для Y9,Y10



Рисунок 12 – Карты Карно для Y11,Y12

После минимизации получим следующие выражения для функций выходов:

\_ \_ \_ \_ \_ \_

= ; ; ;

\_ \_ \_ \_ \_

; ; ;

\_ \_ \_

; ; ;

\_ \_

; ;

\_ \_ \_ \_

; ;

Диаграммы Карно для функций  показаны на рисунках 13-16



Рисунок 13 – Карты Карно для D1,D2



Рисунок 14 – Карты Карно для D3



Рисунок 15 – Карты Карно для D4-1,4-2,4-3



Рисунок 16 – Картa Карно для D4-4

В результате минимизации получим следующие выражения для функций D – триггеров:

\_ \_ \_

 k∨ k∨ k˅ k;

\_ \_ \_

kr;

\_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_

k˅ k˅ kr∨ ka;

\_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_

 k∨ k∨ kr∨ kb∨ ks;

Диаграммы Карно для функций R,S показаны на рисунках 17-22



Рисунок 17 – Карты Карно для S1,S2



Рисунок 18 – Карты Карно для S3



Рисунок 19 – Карты Карно для S4-1,S4-2



Рисунок 20 – Карты Карно для R1,R2



Рисунок 21 – Карты Карно для R3-1,R3-2



Рисунок 22 – Карты Карно для R4-1,R4-2

В результате минимизации получим следующие выражения для функций возбуждения RS – триггеров:

\_

S1= k∨ k;

\_ \_ \_

S2= kr;

\_ \_

S3= k;

\_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_

S4= k∨ k˅ kr∨ kb;

R1= k;

\_

R2= k∨ k;

\_ \_ \_

R3= k∨ k∨ kr;

\_ \_

R4= k∨ k∨ ks;

**6.12 Выбор типа логических элементов**

В качестве логических заданы элементы И – НЕ.

**6.13 Преобразование функций переходов и функций выходов**

Применяя правило двойной инверсии, получим следующие выражения:

Функции возбуждения D – триггеров:

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_ \_\_\_\_\_ \_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_

\_ \_ \_

 k& k& k& k;

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_ \_ \_

kr;

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_

k& k& kr& ka;

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_

 k& k& kr& kb& ks;

Применяя правило двойной инверсии, получим следующие выражения:

Функции возбуждения RS – триггеров:

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_

\_

S1= k& k;

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_ \_ \_

S2= kr;

\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_

\_ \_

S3= k;

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_ \_

S4= k& k& kr& kb;

\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_

R1= k;

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_ \_\_\_\_\_

\_

R2= k& k;

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_ \_ \_

R3= k& k& k r;

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_

\_ \_

R4= k∨ k∨ ks;

Функции выходов:

\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_

\_ \_ \_ \_ \_ \_

= ; ; ;

\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_

\_ \_ \_ \_ \_

; ; ;

\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_ \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_ \_\_\_\_\_

\_ \_ \_

; ; ;

\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_

\_ \_

; ;

\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_

\_ \_ \_ \_

; ;

**6. 14 Построение функциональной схемы блока управления**

Функциональная схема блока управления приведена на рисунке А.3. Перед составлением схемы нужно определить типы и количество логических элементов, необходимых для построения схемы.

С учетом количества и вида функций возбуждения D – триггеров и функций выходов для реализации схемы блока управления потребуются элементы, количество и тип которых приведены в таблице 6.

Таблица 6

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Тип  элемента | Количество  входов элемента | Количество  элементов | Общее количество  входов элементов |
| И – НЕ | 2 | 19 | 38 |
| И – НЕ | 3 | 7 | 21 |
| И – НЕ | 4 | 11 | 44 |
| И - НЕ | 5 | 2 | 10 |
| И – НЕ | 6 | 4 | 24 |
| Итого | | 43 | 137 |

С учетом количества и вида функций возбуждения RS – триггеров и функций выходов для реализации схемы блока управления потребуются элементы, количество и тип которых приведены в таблице 7.

Таблица 7

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Тип  элемента | Количество  входов элемента | Количество  элементов | Общее количество  входов элементов |
| И – НЕ | 2 | 19 | 38 |
| И – НЕ | 3 | 11 | 33 |
| И – НЕ | 4 | 11 | 44 |
| И - НЕ | 5 | 2 | 10 |
| И – НЕ | 6 | 4 | 24 |
| Итого | | 47 | 149 |

Как видно из таблиц **6** и **7** меньшую сложность будет иметь схема, построенная на D – триггерах. Таким образом, для построения блока управления с использованием D – триггеров потребуется 43 логических элемента с общим количеством входов, равным 137

Функциональная схема блока управления представлена в **приложении C.**

**6.15 Проверка правильности работы блока управления**

При контроле работоспособности автомата определяется правильность смены состояний и выходных сигналов для определенной последовательности входных сигналов и исходного состояния. Пусть автомат находится в состоянии Q2, и на входы автомата поступают сигналы k = 1, r = 1, a= 0, b = 1 и s = 0. Для каждого такта известны набор входных сигналов и текущее состояние автомата, представленное в виде сигналов на выходах элементов памяти (qi). Эти сигналы подаются на входы функциональной схемы.

Далее для каждого элемента схемы определяется выходной сигнал, затем новое состояние автомата и сигналы на выходе автомата. При этом для автомата Мура сначала определяется новое состояние автомата Qt+1, а затем значение выходного сигнала  при новом состоянии Qt+1. Полученные результаты сравниваются с данными таблицы переходов и выходов автомата.

Результаты контроля для некоторых комбинаций входных сигналов и состояний автомата приведены в таблице 8.

Таблица 8

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Входы | | | | | Текущее состояние | Следующее состояние | Выход |
|  |  |
| k | r | a | b | s | (Qt) | (Qt+1) | Yi |
| 1 1 0 1 0 | | | | | 0 0 1 0 (Q2) | 0 0 1 1 (Q5) | Y5, Y8 |
| 1 0 1 1 0 | | | | | 1 0 0 0 (Q8) | 1 0 0 1 (Q9) | Y10 |
| 1 0 1 0 1 | | | | | 1 0 0 1 (Q9) | 1 0 1 0 (Q10) | Y11 |
| 1 0 1 1 1 | | | | | 1 0 1 1 (Q11) | 0 0 0 0 (Q0) | Y0 |

Из данных таблицы 8 видно, что при заданных входных сигналах и заданном текущем состоянии автомат работает в соответствии с таблицей переходов. По результатам проверки работы автомата при всех сочетаниях входных сигналов и состояний можно сделать вывод о том, что автомат синтезирован правильно.

**7. Заключение**

В результате выполнения задания синтезирован блок управления операцией сложения и логического сложения в АЛУ .

Блок управления построен в виде автомата Мура с использованием в качестве элементов памяти D - триггеров и логических элементов И - НЕ. Для реализации блока управления требуется четыре D - триггера и 43 логических элемента с общим количеством входов 137. Блок управления имеет минимальный аппаратурный состав и обеспечивает формирование выходных сигналов при любых сочетаниях сигналов на входах блока.

**8. Литература**

1. Рощин А.Г., Половов Р.М. Пособие к выполнению курсовой работы по дисциплине Теория автоматов М: МГТУ ГА, 2001.
2. Рощин А.Г., Половов Р.М. Тексты лекций по дисциплине «Теория автоматов». Часть 1. М.: МГТУ ГА, 2007.
3. Рощин А.Г., Половов Р.М. Тексты лекций по дисциплине «Теория автоматов». Часть 2. М.: МГТУ ГА, 2008.
4. Н.Н. Горнец, А.Г. Рощин, В.В. Соломенцев Организация ЭВМ и систем. М.: ACADEMA, 2006.