

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РФ
ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЛУЖБА ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ**

Кафедра вычислительных машин, комплексов, систем и сетей

Курсовая работа
защищена с оценкой

(подпись, дата)

КУРСОВАЯ РАБОТА
по дисциплине «Теория автоматов»
Вариант № 50
Тема: Блок управления для выполнения
операций ВЫЧИТАНИЕ и ИЛИ в АЛУ

Курсовая работа
допущена к защите

(подпись, дата)

Выполнил
студент группы ЭВМ 3-2
Шушкин И. А.
Руководитель Рощин А. Г.

МОСКВА – 2007

	2
1. ВВЕДЕНИЕ.....	3
2. ЗАДАНИЕ	3
3. ОБЩАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ОПЕРАЦИЙ В АЛУ.....	3
3.1. ОБЩАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫЧИТАНИЯ ЧИСЕЛ С ФТ.....	3
3.2. ОБЩАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ЛОГИЧЕСКОГО СЛОЖЕНИЯ ЧИСЕЛ (ОПЕРАЦИЯ ИЛИ).....	3
4. СТРУКТУРНАЯ СХЕМА АЛУ.....	4
5. АЛГОРИТМ ВЫЧИТАНИЯ И ЛОГИЧЕСКОГО СЛОЖЕНИЯ ЧИСЕЛ В АЛУ	4
6. РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ.....	6
6.1. ОБЩАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ОБРАБОТКИ.....	6
6.2. ФОРМАЛИЗАЦИЯ ЗАДАНИЯ	6
6.3. ВЫБОР ТИПА АВТОМАТА.....	7
6.4 РАЗМЕТКА СХЕМЫ АЛГОРИТМА	8
6.5. СОСТАВЛЕНИЕ ТАБЛИЦЫ ПЕРЕХОДОВ И ВЫХОДОВ	8
6.6. КОДИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЙ	8
6.7. СОСТАВЛЕНИЕ КОДИРОВАННОЙ ТАБЛИЦЫ ПЕРЕХОДОВ И ВЫХОДОВ.....	9
6.8. ВЫБОР ТИПА ТРИГГЕРОВ.....	9
6.9. ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ТАБЛИЦЫ ПЕРЕХОДОВ В ТАБЛИЦУ ВОЗБУЖДЕНИЯ ТРИГГЕРОВ.....	10
6.10. ЗАПИСЬ ФУНКЦИЙ ВОЗБУЖДЕНИЯ И ФУНКЦИЙ ВЫХОДОВ В СДНФ	10
6.11 Минимизация функций возбуждения и функций выходов	12
6.12. ВЫБОР ТИПА ЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ.....	16
6.13. ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ФУНКЦИЙ ПЕРЕХОДОВ И ФУНКЦИЙ ВЫХОДОВ	16
6.14. ПОСТРОЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ.....	18
6.15. ПРОВЕРКА ПРАВИЛЬНОСТИ РАБОТЫ БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ	19
7. ЗАКЛЮЧЕНИЕ	19

1. Введение

Одним из основных блоков, входящих в состав любого устройства ЭВМ, является блок правления. Блок управления формирует управляющие сигналы, которые поступают в операционный блок и коммутируют цепи передачи информации в нем. Набор и последовательность управляющих сигналов зависят от типа операции, выполняемой в операционном блоке. Синтез блоков управления может выполняться различными методами. В данной работе рассматривается синтез блока управления, реализованного в виде автомата с памятью.

2. Задание

Разработать схему блока управления для АЛУ, выполняющего операцию вычитания чисел с фиксированной точкой и операцию логического сложения чисел.

Исходные данные:

Тип автомата – автомат Мили.

Тип триггеров – D-триггеры и JK-триггеры.

Тип логических элементов – И-НЕ.

3. Общая последовательность выполнения операций в АЛУ

3.1. Общая последовательность вычитания чисел с ФТ

При сложении определяется разность $C=A - B$, где:

A – уменьшаемое;

B – вычитаемое;

C – разность.

Перед выполнением операции числа записаны в оперативной памяти в прямом коде. Для выполнения операции числа должны быть считаны и переданы в АЛУ. Так как вычитание проводится с учетом знаков чисел, то числа при вычитании представляются в дополнительном коде. В дополнительном коде представляется уменьшаемое (A), если оно отрицательно, а также вычитаемое B, если оно положительно. В остальных случаях числа представляются в прямом коде. Вычитание выполняется в сумматоре, на выходе которого формируется разность (C).

Полученная разность может быть отрицательной, в этом случае она представлена в дополнительном коде. Перед записью разности в оперативную память, она преобразуется в прямой код. Кроме разности с помощью специальных схем определяются признаки результата.

3.2. Общая последовательность логического сложения чисел (операция ИЛИ)

При логическом сложении осуществляется побитовое сложение чисел (A и B) и формируется результат $S=A \vee B$, 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 A и B 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 операции вычитания и операции логического сложения. АЛУ имеет типовую структуру, представленную в Приложении А.

Для выполнения каждого действия в операционном блоке АЛУ должны быть предусмотрены соответствующие узлы. Так для хранения исходных чисел (А и В) на время выполнения операции в состав АЛУ должны входить два регистра. Для вычитания 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**.

В **Приложении А** показаны управляющие сигналы (Y_i), значение которых будет пояснено далее. На структурной схеме выделены информационные связи, по которым передаются многоразрядные данные. Пунктирными линиями обозначена оперативная память, которая не входит в состав АЛУ.

5. Алгоритм вычитания и логического сложения чисел в АЛУ

Алгоритм вычитания и логического сложения составляется в соответствии с общей последовательностью вычитания и логического сложения и структурной схемой АЛУ. При составлении алгоритма необходимо учесть, что каждому безусловному оператору должна соответствовать одна микрооперация или несколько совместимых микроопераций, которые могут выполняться одновременно. Здесь под микрооперацией понимается элементарная операция, для управления которой достаточно одного управляющего сигнала. Микрооперациями являются, например, установка регистра в «0», прием и запись данных в регистр, выдача данных из регистра и т. д. Упорядоченная последовательность микроопераций составляет микропрограмму. Микропрограмма вычитания чисел в АЛУ в виде схемы алгоритма представлена на **рисунке 1**.

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 (оператор 1).

Выполнение операции начинается с того, что числа А и В последовательно считываются из оперативной памяти и записываются в регистры RrA и RrB (операторы 2 и 3).

На блок управления поступает код операции (i) (оператор 4). В данном случае выполняется только две операции, поэтому код операции может принимать значения «0» или «1». Если принимается код операции, равный «0», операторы А и В из регистров помещаются в блок логического сложения (операторы 5 и 6). Результат, формирующийся на выходе блока логического сложения, записывается в регистр сумматора (оператор 7).

Если принимается код операции, равный «1», выполняется операция вычитания в сумматоре, при этом числа подаются в сумматор в прямом или обратном коде в зависимости от их знаков. Анализ знаков производится операторами 8, 9, 10. Далее оба

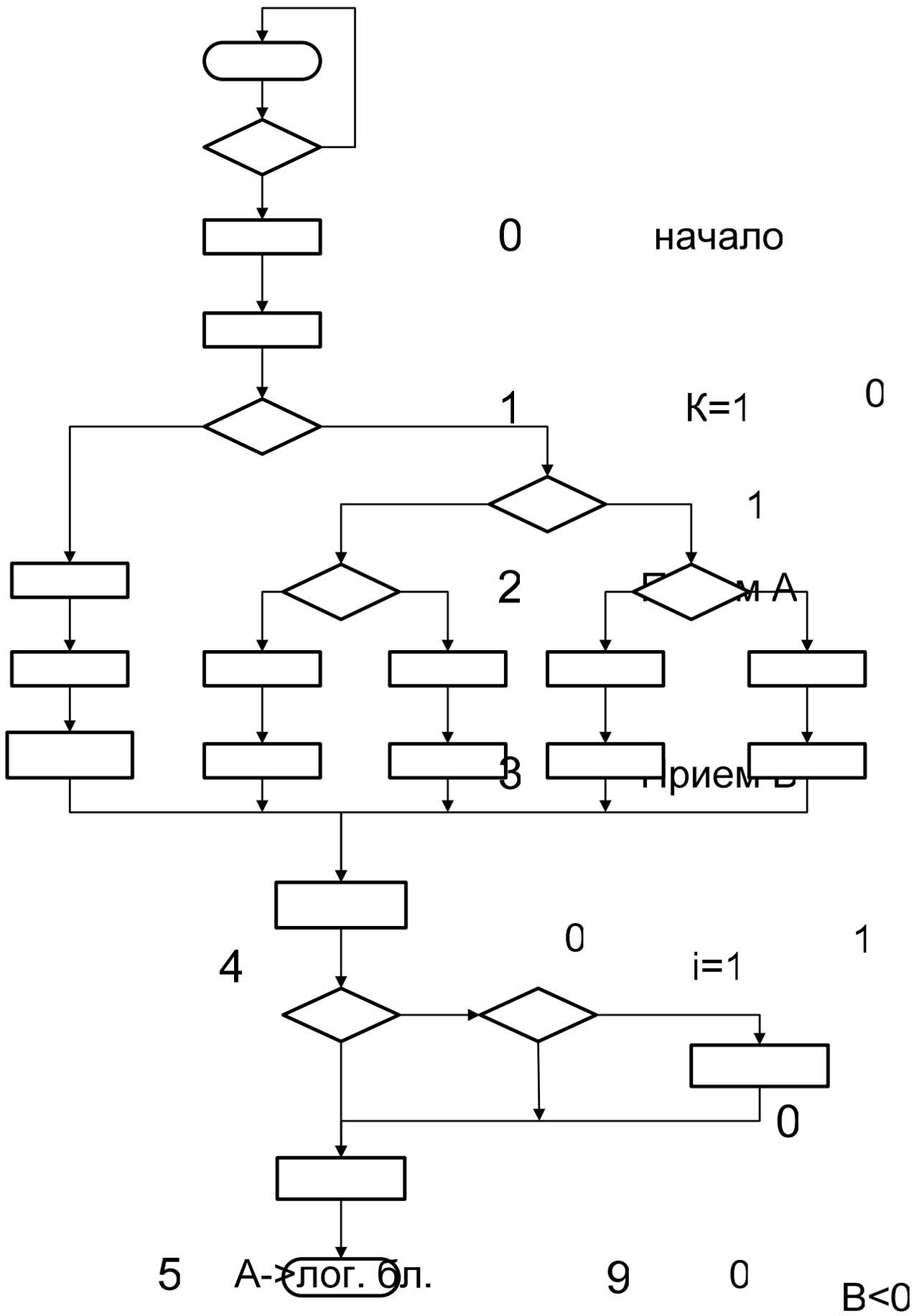


Рисунок 1

6	B->лог. бл.	11	Апк->СМ	12
---	-------------	----	---------	----

числа одновременно поступают на входы сумматора, при этом на его выходах формируется значение разности, которое записывается в регистр сумматора (операторы 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18).

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

Полученный результат анализируется в схеме формирования признака результата (оператор 19). Если была выполнена операция логического сложения ($i=0$) (оператор 20), анализ признаков не происходит, и результат сразу записывается из регистра сумматора в оперативную память (оператор 23). Если была выполнена операция вычитания ($i=1$), проверяется знак результата (S) (оператор 21). Если результат положительный ($S=0$), результат так же записывается в оперативную память. Если результат сложения отрицательный ($S=1$), то он сначала преобразовывается в прямой код (оператор 22), а затем записывается в оперативную память.

Следует отметить, что приведенная схема алгоритма является упрощенной. В частности, здесь не полностью раскрыто преобразование в дополнительный и прямой коды, не показаны действия при равенстве одного из операндов нулю, возможные действия при предварительной установке регистров состоянии «0» и т. д.

6. Разработка функциональной схемы блока управления

6.1. Общая последовательность обработки

Блок управления представляет собой автомат с памятью. Алгоритм работы блока 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 автомата
- ✓ 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 функций 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 (операторы 9 и 10, 4 и 20 одинаковы).

Для упрощения записи логических функций приняты следующие обозначения:

- k – сигнал готовности
- i – сигнал кода операции
- a – знак числа A
- b – знак числа B
- s – знак результата операции

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

Число входных сигналов блока управления равно числу микроопераций в микропрограмме. При анализе микропрограммы можно установить, что безусловные операторы 2, 3, 5, 6, 7, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 22, 23 содержат по одной микрооперации. Операторы 11 и 12, 13 и 14, 15 и 17, 16 и 18 содержат повторяющиеся микрооперации. Кроме того, начальному оператору соответствует выходной сигнал, который сообщает о готовности блока управления к выполнению операции. Таким образом, общее число выходных сигналов равно 13. Обозначения выходных сигналов и соответствующие им микрооперации приведены в **таблице 1**.

Таблица 1

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

С учетом числа входных и выходных сигналов общая схема блока управления может быть представлена в виде **рисунка 2**.

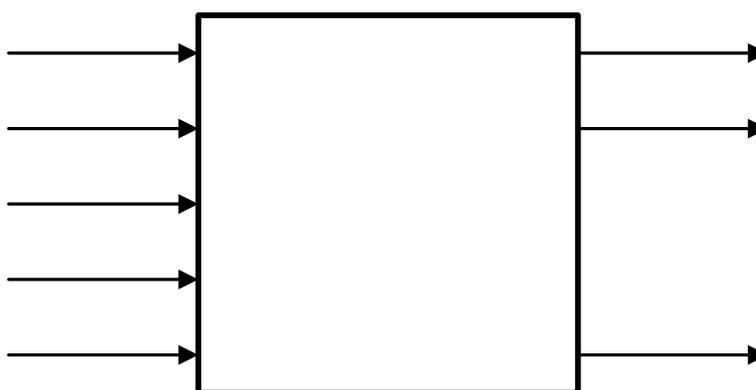


Рисунок 2

6.3. Выбор типа автомата

Заданием предусмотрена реализация блока управления в виде автомата Мили.

6.4 Разметка схемы алгоритма

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

1. Выход начального и вход конечного операторов помечаются символами начального состояния (Q0).
2. Входы операторов, следующих за безусловными операторами, помечаются символами последовательно пронумерованных состояний Q1, Q2, Q3.....

Размеченная схема алгоритма представлена на **рисунке**. Как видно по результатам разметки, автомат имеет 12 состояний (Q0 – Q11).

6.5. Составление таблицы переходов и выходов

Таблица переходов и выходов составляется по размеченной схеме алгоритма. Число строк таблицы (без заглавной строки) равно числу комбинаций входных сигналов, а число столбцов (без заглавного столбца) равно числу состояний автомата. В каждой клетке таблицы указываются новое состояние автомата и выходной сигнал, выдаваемый автоматом. Таблица переходов и выходов автомата приведена в виде **таблицы 2**.

Таблица 2

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

6.6. Кодирование состояний

Принимаем естественный способ кодирования. Число элементов памяти при этом будет равно

$$n = (\log_2 N) \uparrow$$

Где: n – число элементов памяти;

N – число состояний автомата;

↑ - знак округления в большую сторону до целого.

При N=12 получим:

$$n = (\log_2 12) \uparrow = 4$$

Обозначим элементы памяти символами q^1, q^2, q^3 и q^4 . далее каждому состоянию поставим в соответствие двоичный код его номера и набор состояний элементов памяти. В результате получим следующее кодирование состояний:

— — — —

$$Q_0 \rightarrow 0000 \rightarrow q^1 q^2 q^3 q^4;$$

$$Q_1 \rightarrow 0001 \rightarrow \bar{q}^1 \bar{q}^2 \bar{q}^3 q^4;$$

$$Q_2 \rightarrow 0010 \rightarrow \bar{q}^1 \bar{q}^2 q^3 \bar{q}^4;$$

$$Q_3 \rightarrow 0011 \rightarrow \bar{q}^1 \bar{q}^2 q^3 q^4;$$

$$Q_4 \rightarrow 0100 \rightarrow \bar{q}^1 q^2 \bar{q}^3 \bar{q}^4;$$

$$Q_5 \rightarrow 0101 \rightarrow \bar{q}^1 q^2 \bar{q}^3 q^4;$$

$$Q_6 \rightarrow 0110 \rightarrow \bar{q}^1 q^2 q^3 \bar{q}^4;$$

$$Q_7 \rightarrow 0111 \rightarrow \bar{q}^1 q^2 q^3 q^4;$$

$$Q_8 \rightarrow 1000 \rightarrow q^1 \bar{q}^2 \bar{q}^3 \bar{q}^4;$$

$$Q_9 \rightarrow 1001 \rightarrow \bar{q}^1 q^2 q^3 \bar{q}^4;$$

$$Q_{10} \rightarrow 1010 \rightarrow \bar{q}^1 q^2 \bar{q}^3 q^4;$$

$$Q_{11} \rightarrow 1011 \rightarrow q^1 \bar{q}^2 q^3 q^4;$$

$$Q_{12} \rightarrow 1100 \rightarrow \bar{q}^1 \bar{q}^2 q^3 q^4;$$

6.7. Составление кодированной таблицы переходов и выходов

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

Таблица 3

Входы					Состояния и выходы											
					Q0	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11
k	i	a	b	s	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011
0	-	-	-	-	0000,Y0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	0	0	0	0	0001,Y1	0010,Y2	0111,Y7	-	-	-	-	1000,Y8	1001,Y9	1010,Y10	1011,-	0000,Y12
1	0	0	0	1	0001,Y1	0010,Y2	0111,Y7	-	-	-	-	1000,Y8	1001,Y9	1010,Y10	1011,-	0000,Y12
1	0	0	1	0	0001,Y1	0010,Y2	0111,Y7	-	-	-	-	1000,Y8	1001,Y9	1010,Y10	1011,-	0000,Y12
1	0	0	1	1	0001,Y1	0010,Y2	0111,Y7	-	-	-	-	1000,Y8	1001,Y9	1010,Y10	1011,-	0000,Y12
1	0	1	0	0	0001,Y1	0010,Y2	0111,Y7	-	-	-	-	1000,Y8	1001,Y9	1010,Y10	1011,-	0000,Y12
1	0	1	0	1	0001,Y1	0010,Y2	0111,Y7	-	-	-	-	1000,Y8	1001,Y9	1010,Y10	1011,-	0000,Y12
1	0	1	1	0	0001,Y1	0010,Y2	0111,Y7	-	-	-	-	1000,Y8	1001,Y9	1010,Y10	1011,-	0000,Y12
1	0	1	1	1	0001,Y1	0010,Y2	0111,Y7	-	-	-	-	1000,Y8	1001,Y9	1010,Y10	1011,-	0000,Y12
1	1	0	0	0	0001,Y1	0010,Y2	0110,Y6	-	-	-	1001,Y5	-	-	1010,Y10	1011	0000,Y12
1	1	0	0	1	0001,Y1	0010,Y2	0110,Y6	-	-	-	1001,Y5	-	-	1010,Y10	1011,Y11	0000,Y12
1	1	0	1	0	0001,Y1	0010,Y2	0101,Y6	-	-	1001,Y4	-	-	-	1010,Y10	1011	0000,Y12
1	1	0	1	1	0001,Y1	0010,Y2	0101,Y6	-	-	1001,Y4	-	-	-	1010,Y10	1011,Y11	0000,Y12
1	1	1	0	0	0001,Y1	0010,Y2	0100,Y3	-	1001,Y5	-	-	-	-	1010,Y10	1011	0000,Y12
1	1	1	0	1	0001,Y1	0010,Y2	0100,Y3	-	1001,Y5	-	-	-	-	1010,Y10	1011,Y11	0000,Y12
1	1	1	1	0	0001,Y1	0010,Y2	0011,Y3	1001,Y4	-	-	-	-	-	1010,Y10	1011	0000,Y12
1	1	1	1	1	0001,Y1	0010,Y2	0011,Y3	1001,Y4	-	-	-	-	-	1010,Y10	1011,Y11	0000,Y12

6.8. Выбор типа триггеров

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 заданием предусмотрено построить автомат на D- и JK-триггерах.

6.9. Преобразование таблицы переходов в таблицу возбуждения триггеров

При использовании D-триггеров преобразование таблицы переходов не выполняется. При использовании JK-триггеров необходимо составить таблицу возбуждения JK-триггеров. Эта таблица составляется в соответствии с логикой работы JK-триггера, представленного в **таблице 4**. В первом столбце этой таблицы записаны текущие состояния триггера, а во втором – следующие состояния. В третьей и четвертой колонке показано, какие сигналы должны поступать на входы J- и K- триггеров, чтобы происходило переключение триггеров в соответствии с таблицей. Прочерки означают, что на данный вход может быть подан любой сигнал. Чтобы построить таблицу возбуждения JK-триггеров, необходимо в кодированной таблице переходов заменить следующие состояния каждого триггера на входные сигналы J и K с учетом текущего состояния. Таблица возбуждения JK-триггеров представлена в виде таблицы 5.

Таблица 4

Qt	Q(t+1)	J	K
0	0	0	-
0	1	1	-
1	0	-	1
1	1	-	0

Таблица 5

Входы					Состояния и выходы																							
					Q0				Q1				Q2				Q3				Q4				Q5			
					0000				0001				0010				0011				0100				0101			
k	i	a	b	s	q1q2q3q4				q1q2q3q4				q1q2q3q4				q1q2q3q4				q1q2q3q4				q1q2q3q4			
					J1K1	J2K2	J3K3	J4K4	J1K1	J2K2	J3K3	J4K4	J1K1	J2K2	J3K3	J4K4	J1K1	J2K2	J3K3	J4K4	J1K1	J2K2	J3K3	J4K4	J1K1	J2K2	J3K3	J4K4
0	-	-	-	-	0-	0-	0-	0-	Y0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
1	0	0	0	0	0-	0-	0-	1-	Y1	0-	0-	1-	-1	Y2	0-	1-	-0	1-	Y7	-	-	-	-	-	-	-		
1	0	0	0	1	0-	0-	0-	1-	Y1	0-	0-	1-	-1	Y2	0-	1-	-0	1-	Y7	-	-	-	-	-	-	-		
1	0	0	1	0	0-	0-	0-	1-	Y1	0-	0-	1-	-1	Y2	0-	1-	-0	1-	Y7	-	-	-	-	-	-	-		
1	0	0	1	1	0-	0-	0-	1-	Y1	0-	0-	1-	-1	Y2	0-	1-	-0	1-	Y7	-	-	-	-	-	-	-		
1	0	1	0	0	0-	0-	0-	1-	Y1	0-	0-	1-	-1	Y2	0-	1-	-0	1-	Y7	-	-	-	-	-	-	-		
1	0	1	0	1	0-	0-	0-	1-	Y1	0-	0-	1-	-1	Y2	0-	1-	-0	1-	Y7	-	-	-	-	-	-	-		
1	0	1	1	0	0-	0-	0-	1-	Y1	0-	0-	1-	-1	Y2	0-	1-	-0	1-	Y7	-	-	-	-	-	-	-		
1	0	1	1	1	0-	0-	0-	1-	Y1	0-	0-	1-	-1	Y2	0-	1-	-0	1-	Y7	-	-	-	-	-	-	-		
1	1	0	0	0	0-	0-	0-	1-	Y1	0-	0-	1-	-1	Y2	0-	1-	-0	0-	Y6	-	-	-	-	-	-	-		
1	1	0	0	1	0-	0-	0-	1-	Y1	0-	0-	1-	-1	Y2	0-	1-	-0	0-	Y6	-	-	-	-	-	-	-		
1	1	0	1	0	0-	0-	0-	1-	Y1	0-	0-	1-	-1	Y2	0-	1-	-0	1-	Y6	-	-	-	1-	-1	0-	-0	Y4	
1	1	0	1	1	0-	0-	0-	1-	Y1	0-	0-	1-	-1	Y2	0-	1-	-0	1-	Y6	-	-	-	1-	-1	0-	-0	Y4	
1	1	1	0	0	0-	0-	0-	1-	Y1	0-	0-	1-	-1	Y2	0-	1-	-1	0-	Y3	-	-	1-	-1	0-	1-	Y5		
1	1	1	0	1	0-	0-	0-	1-	Y1	0-	0-	1-	-1	Y2	0-	1-	-1	0-	Y3	-	-	1-	-1	0-	1-	Y5		
1	1	1	1	0	0-	0-	0-	1-	Y1	0-	0-	1-	-1	Y2	0-	0-	-0	1-	Y3	1-	0-	-1	-0	Y4	-	-		
1	1	1	1	1	0-	0-	0-	1-	Y1	0-	0-	1-	-1	Y2	0-	0-	-0	1-	Y3	1-	0-	-1	-0	Y4	-	-		

Таблица 5 (продолжение)

Входы					Состояния и выходы																								
					Q6				Q7				Q8				Q9				Q10				Q11				
					0110				0111				1000				1001				1010				1011				
k	i	a	b	s	q1q2q3q4				q1q2q3q4				q1q2q3q4				q1q2q3q4				q1q2q3q4								
					J1K1	J2K2	J3K3	J4K4	J1K1	J2K2	J3K3	J4K4	J1K1	J2K2	J3K3	J4K4	J1K1	J2K2	J3K3	J4K4	J1K1	J2K2	J3K3	J4K4	J1K1	J2K2	J3K3	J4K4	
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
1	0	0	0	0	-	-	-	-	Y8	-0	0-	0-	1-	Y9	-0	0-	1-	-1	Y10	-0	0-	-0	1-	-	-1	0-	-1	-1	Y12
1	0	0	0	1	-	-	-	-	Y8	-0	0-	0-	1-	Y9	-0	0-	1-	-1	Y10	-0	0-	-0	1-	-	-1	0-	-1	-1	Y12
1	0	0	1	0	-	-	-	-	Y8	-0	0-	0-	1-	Y9	-0	0-	1-	-1	Y10	-0	0-	-0	1-	-	-1	0-	-1	-1	Y12
1	0	0	1	1	-	-	-	-	Y8	-0	0-	0-	1-	Y9	-0	0-	1-	-1	Y10	-0	0-	-0	1-	-	-1	0-	-1	-1	Y12
1	0	1	0	0	-	-	-	-	Y8	-0	0-	0-	1-	Y9	-0	0-	1-	-1	Y10	-0	0-	-0	1-	-	-1	0-	-1	-1	Y12
1	0	1	0	1	-	-	-	-	Y8	-0	0-	0-	1-	Y9	-0	0-	1-	-1	Y10	-0	0-	-0	1-	-	-1	0-	-1	-1	Y12
1	0	1	1	0	-	-	-	-	Y8	-0	0-	0-	1-	Y9	-0	0-	1-	-1	Y10	-0	0-	-0	1-	-	-1	0-	-1	-1	Y12
1	0	1	1	1	-	-	-	-	Y8	-0	0-	0-	1-	Y9	-0	0-	1-	-1	Y10	-0	0-	-0	1-	-	-1	0-	-1	-1	Y12
1	1	0	0	0	1-	-1	-1	1-	Y5	-	-	-	-	-	-0	0-	1-	-1	Y10	-0	0-	-0	1-	-	-1	0-	-1	-1	Y12
1	1	0	0	1	1-	-1	-1	1-	Y5	-	-	-	-	-	-0	0-	1-	-1	Y10	-0	0-	-0	1-	-	-1	0-	-1	-1	Y12
1	1	0	1	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0	0-	1-	-1	Y10	-0	0-	-0	1-	-	-1	0-	-1	-1	Y12
1	1	0	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0	0-	1-	-1	Y10	-0	0-	-0	1-	-	-1	0-	-1	-1	Y12
1	1	1	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0	0-	1-	-1	Y10	-0	0-	-0	1-	-	-1	0-	-1	-1	Y12
1	1	1	0	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0	0-	1-	-1	Y10	-0	0-	-0	1-	-	-1	0-	-1	-1	Y12
1	1	1	1	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0	0-	1-	-1	Y10	-0	0-	-0	1-	-	-1	0-	-1	-1	Y12
1	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0	0-	1-	-1	Y10	-0	0-	-0	1-	-	-1	0-	-1	-1	Y12

6.10. Запись функций возбуждения и функций выходов в СДНФ

Можно заметить, что в кодированной таблице переходов для D-триггера и в таблице возбуждения для JK-триггера используются не все комбинации входных сигналов, т. е. имеются запрещенные комбинации. Для сокращения записи функций возбуждения и функций выходов будем сразу учитывать эти комбинации.

Функции возбуждения D-триггеров:

$$D_1 = \bar{q}^1 \bar{q}^2 q^3 q^4 \vee \bar{q}^1 q^2 \bar{q}^3 \bar{q}^4 \vee \bar{q}^1 q^2 \bar{q}^3 q^4 \vee \bar{q}^1 q^2 q^3 \bar{q}^4 \vee \bar{q}^1 q^2 q^3 q^4 \vee q^1 \bar{q}^2 \bar{q}^3 \bar{q}^4 \vee q^1 \bar{q}^2 \bar{q}^3 q^4 \vee q^1 \bar{q}^2 q^3 \bar{q}^4$$

$$D_2 = \bar{i} \bar{a} \bar{q}^1 \bar{q}^2 q^3 \bar{q}^4 \vee i \bar{a} \bar{q}^1 \bar{q}^2 q^3 \bar{q}^4 \vee i \bar{a} b \bar{q}^1 \bar{q}^2 q^3 \bar{q}^4$$

$$D_3 = \bar{q}^1 \bar{q}^2 \bar{q}^3 q^4 \vee i \bar{q}^1 \bar{q}^2 q^3 \bar{q}^4 \vee i \bar{a} b \bar{q}^1 \bar{q}^2 q^3 \bar{q}^4 \vee i \bar{a} b \bar{q}^1 \bar{q}^2 q^3 \bar{q}^4 \vee q^1 \bar{q}^2 \bar{q}^3 q^4 \vee q^1 \bar{q}^2 q^3 \bar{q}^4$$

$$D_4 = k \bar{q}^1 \bar{q}^2 \bar{q}^3 \bar{q}^4 \vee i \bar{q}^1 \bar{q}^2 q^3 \bar{q}^4 \vee i \bar{a} b \bar{q}^1 \bar{q}^2 q^3 \bar{q}^4 \vee i \bar{a} b \bar{q}^1 \bar{q}^2 q^3 \bar{q}^4 \vee \bar{q}^1 \bar{q}^2 q^3 q^4 \vee \bar{q}^1 q^2 \bar{q}^3 \bar{q}^4 \vee \bar{q}^1 q^2 \bar{q}^3 q^4 \vee \bar{q}^1 q^2 q^3 \bar{q}^4 \vee q^1 \bar{q}^2 \bar{q}^3 \bar{q}^4 \vee q^1 \bar{q}^2 \bar{q}^3 q^4 \vee q^1 \bar{q}^2 q^3 \bar{q}^4$$

Функции возбуждения JK-триггеров:

$$J_1 = \bar{q}^1 \bar{q}^2 q^3 q^4 \vee \bar{q}^1 q^2 \bar{q}^3 \bar{q}^4 \vee \bar{q}^1 q^2 \bar{q}^3 q^4 \vee \bar{q}^1 q^2 q^3 \bar{q}^4 \vee \bar{q}^1 q^2 q^3 q^4$$

$$K_1 = q^1 \bar{q}^2 q^3 q^4$$

$$J_2 = \bar{i} \bar{a} \bar{q}^1 \bar{q}^2 q^3 \bar{q}^4 \vee i \bar{a} \bar{q}^1 \bar{q}^2 q^3 \bar{q}^4 \vee i \bar{a} b \bar{q}^1 \bar{q}^2 q^3 \bar{q}^4$$

$$K_2 = \bar{q}^1 q^2 \bar{q}^3 \bar{q}^4 \vee \bar{q}^1 q^2 \bar{q}^3 q^4 \vee \bar{q}^1 q^2 q^3 \bar{q}^4 \vee \bar{q}^1 q^2 q^3 q^4$$

$$J_3 = \bar{q}^1 \bar{q}^2 \bar{q}^3 q^4 \vee q^1 \bar{q}^2 \bar{q}^3 q^4$$

$$K_3 = i \bar{a} b \bar{q}^1 \bar{q}^2 q^3 \bar{q}^4 \vee i \bar{a} b \bar{q}^1 \bar{q}^2 q^3 \bar{q}^4 \vee \bar{q}^1 \bar{q}^2 q^3 q^4 \vee \bar{q}^1 q^2 q^3 \bar{q}^4 \vee \bar{q}^1 q^2 q^3 q^4 \vee q^1 \bar{q}^2 q^3 \bar{q}^4$$

$$J_4 = k \bar{q}^1 \bar{q}^2 \bar{q}^3 \bar{q}^4 \vee i \bar{q}^1 \bar{q}^2 q^3 \bar{q}^4 \vee i \bar{a} b \bar{q}^1 \bar{q}^2 q^3 \bar{q}^4 \vee i \bar{a} b \bar{q}^1 \bar{q}^2 q^3 \bar{q}^4 \vee \bar{q}^1 q^2 \bar{q}^3 \bar{q}^4 \vee \bar{q}^1 q^2 q^3 \bar{q}^4 \vee \bar{q}^1 q^2 q^3 q^4 \vee q^1 \bar{q}^2 \bar{q}^3 \bar{q}^4 \vee q^1 \bar{q}^2 \bar{q}^3 q^4 \vee q^1 \bar{q}^2 q^3 \bar{q}^4$$

$$K_4 = \bar{q}^1 \bar{q}^2 \bar{q}^3 q^4 \vee \bar{q}^1 q^2 q^3 q^4 \vee q^1 \bar{q}^2 \bar{q}^3 \bar{q}^4 \vee q^1 \bar{q}^2 q^3 q^4$$

Функции выходов:

$$Y_0 = k \bar{q}^1 \bar{q}^2 \bar{q}^3 \bar{q}^4$$

$$Y_1 = k \bar{q}^1 \bar{q}^2 \bar{q}^3 q^4$$

$$Y_2 = \bar{q}^1 \bar{q}^2 \bar{q}^3 q^4$$

— — —

$$Y_3 = iaq^1q^2q^3q^4$$

$$Y_4 = \bar{q}^1\bar{q}^2q^3q^4 \vee \bar{q}^1q^2\bar{q}^3q^4$$

$$Y_5 = \bar{q}^1q^2\bar{q}^3\bar{q}^4 \vee \bar{q}^1q^2q^3\bar{q}^4$$

$$Y_6 = ia\bar{q}^1\bar{q}^2q^3\bar{q}^4$$

$$Y_7 = i\bar{q}^1\bar{q}^2q^3\bar{q}^4$$

$$Y_8 = \bar{q}^1q^2q^3q^4$$

$$Y_9 = q^1\bar{q}^2\bar{q}^3\bar{q}^4$$

$$Y_{10} = q^1\bar{q}^2q^3q^4$$

$$Y_{11} = sq^1\bar{q}^2q^3\bar{q}^4$$

$$Y_{12} = q^1q^2q^3q^4$$

6.11 Минимизация функций возбуждения и функций выходов

Для окончательной минимизации используем метод Карно. При минимизации следует учесть, что все функции являются не полностью определенными, так как в таблице переходов не использованы состояния $Q_{12}(1100)$, $Q_{13}(1101)$, $Q_{14}(1110)$ и $Q_{15}(1111)$. Отметим также, что метод Карно применим непосредственно только к функциям не более четырех переменных. В случае более сложных функций они минимизируются по частям. Для минимизации функций методом Карно, сгруппируем конъюнкции каждой функции так, как это показано ниже. Для каждой группы составим диаграмму Карно и минимизируем ее.

Минимизация функций возбуждения D-триггеров:

$$D_1 = q^2 \vee \bar{q}^1q^3q^4 \vee q^1\bar{q}^3 \vee q^1\bar{q}^4$$

$$D_2 = i\bar{q}^1\bar{q}^2q^3\bar{q}^4 \vee ia\bar{q}^1\bar{q}^2q^3\bar{q}^4 \vee iab\bar{q}^1\bar{q}^2q^3\bar{q}^4$$

$$D_3 \setminus = \bar{q}^1\bar{q}^2\bar{q}^3q^4 \vee q^1\bar{q}^2\bar{q}^3q^4 \vee q^1\bar{q}^2q^3\bar{q}^4$$

$$D_3 \setminus \setminus = i\bar{q}^1\bar{q}^2q^3\bar{q}^4 \vee iab\bar{q}^1\bar{q}^2q^3\bar{q}^4 \vee iab\bar{q}^1\bar{q}^2q^3\bar{q}^4$$

$$D_3 = \bar{q}^2\bar{q}^3q^4 \vee q^1q^3\bar{q}^4 \vee i\bar{q}^1\bar{q}^2q^3\bar{q}^4 \vee iab\bar{q}^1\bar{q}^2q^3\bar{q}^4 \vee iab\bar{q}^1\bar{q}^2q^3\bar{q}^4$$

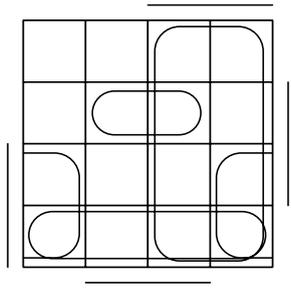
$$D_4 \setminus = \bar{q}^1\bar{q}^2q^3q^4 \vee \bar{q}^1q^2\bar{q}^3\bar{q}^4 \vee \bar{q}^1q^2q^3q^4 \vee \bar{q}^1q^2q^3\bar{q}^4 \vee q^1\bar{q}^2\bar{q}^3\bar{q}^4 \vee q^1\bar{q}^2q^3\bar{q}^4$$

$$D_4 \setminus \setminus = k\bar{q}^1\bar{q}^2\bar{q}^3\bar{q}^4$$

$$D_4 \setminus \setminus \setminus = i\bar{q}^1\bar{q}^2q^3\bar{q}^4 \vee iab\bar{q}^1\bar{q}^2q^3\bar{q}^4 \vee iab\bar{q}^1\bar{q}^2q^3\bar{q}^4$$

$$D_4 = q^1\bar{q}^4 \vee q^2\bar{q}^4 \vee q^2\bar{q}^3 \vee \bar{q}^1\bar{q}^2q^3q^4 \vee k\bar{q}^1\bar{q}^2\bar{q}^3\bar{q}^4 \vee i\bar{q}^1\bar{q}^2q^3\bar{q}^4 \vee i\bar{q}^1\bar{q}^2q^3\bar{q}^4$$

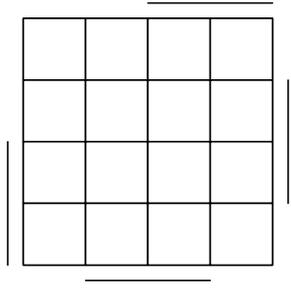
Диаграммы Карно для функций возбуждения D-триггеров показаны на **рисунке 2**.



D_1

q^2

1 1



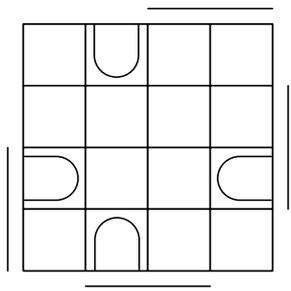
q^1

1 1 1

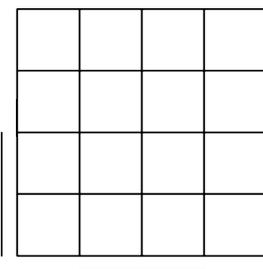
q^3

1 * *

1 1 * *

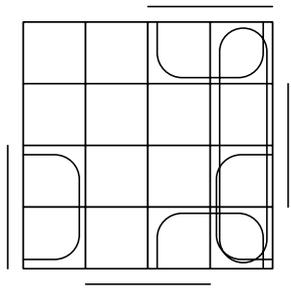


q^4

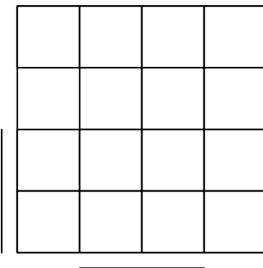


q^2

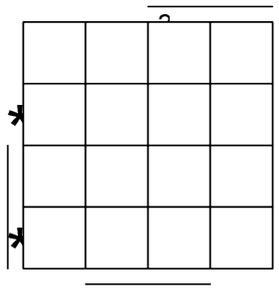
1



q^1



*



*

q^4

Рисунок 2

D_3'

q^2

1

D

Минимизация функций возбуждения JK-триггеров:

$$J_1 = q^2 \vee q^3 q^4$$

$$K_1 = q^3 q^4$$

$$J_2 = \bar{i} \bar{q}^1 q^3 \bar{q}^4 \vee i \bar{a} \bar{q}^1 q^3 \bar{q}^4 \vee i a b \bar{q}^1 q^3 \bar{q}^4$$

$$K_2 = 1$$

$$J_3 = \bar{q}^2 q^4$$

$$K_3 = \bar{q}^1 \bar{q}^2 q^3 q^4 \vee \bar{q}^1 q^2 q^3 \bar{q}^4 \vee \bar{q}^1 q^2 q^3 q^4 \vee q^1 \bar{q}^2 q^3 q^4$$

$$K_3 = i \bar{a} b \bar{q}^1 \bar{q}^2 q^3 \bar{q}^4 \vee i a b \bar{q}^1 \bar{q}^2 q^3 \bar{q}^4$$

$$K_3 = q^4 \vee q^2 \vee i \bar{a} b \bar{q}^1 \bar{q}^2 \bar{q}^4 \vee i a b \bar{q}^1 \bar{q}^2 \bar{q}^4$$

$$J_4 = \bar{q}^1 q^2 \bar{q}^3 \bar{q}^4 \vee \bar{q}^1 q^2 q^3 \bar{q}^4 \vee q^1 \bar{q}^2 \bar{q}^3 \bar{q}^4 \vee q^1 \bar{q}^2 q^3 \bar{q}^4$$

$$J_4 = k \bar{q}^1 \bar{q}^2 \bar{q}^3 \bar{q}^4$$

$$J_4 = i \bar{q}^1 \bar{q}^2 q^3 \bar{q}^4 \vee i a b \bar{q}^1 \bar{q}^2 q^3 \bar{q}^4 \vee i a b \bar{q}^1 \bar{q}^2 q^3 \bar{q}^4$$

$$J_4 = q^1 \vee q^2 \vee k \bar{q}^1 \bar{q}^2 \bar{q}^3 \vee i \bar{q}^1 \bar{q}^2 q^3 \vee i b \bar{q}^1 \bar{q}^2 q^3$$

$$K_4 = q^1 \vee q^2 q^3 \vee \bar{q}^2 \bar{q}^3$$

Диаграммы Карно для функций возбуждения JK-триггеров показаны на **рисунке 3**.

Минимизация функций выходов:

$$Y_0 = k \bar{q}^1 \bar{q}^2 \bar{q}^3 \bar{q}^4$$

$$Y_1 = k \bar{q}^1 \bar{q}^2 \bar{q}^3 \bar{q}^4$$

$$Y_2 = \bar{q}^1 \bar{q}^2 \bar{q}^3 \bar{q}^4$$

$$Y_3 = i a \bar{q}^1 \bar{q}^2 q^3 \bar{q}^4$$

$$Y_4 = \bar{q}^1 \bar{q}^2 q^3 \bar{q}^4 \vee q^2 \bar{q}^3 \bar{q}^4$$

$$Y_5 = q^2 \bar{q}^4$$

$$Y_6 = i \bar{a} \bar{q}^1 \bar{q}^2 q^3 \bar{q}^4$$

$$Y_7 = i \bar{q}^1 \bar{q}^2 q^3 \bar{q}^4$$

$$Y_8 = q^2 q^3 \bar{q}^4$$

$$Y_9 = q^1 \bar{q}^3 \bar{q}^4$$

$$Y_{10} = q^1 \bar{q}^3 \bar{q}^4$$

$$Y_{11} = sq^1q^3\bar{q}^4$$

$$Y_{12} = q^1q^3q^4$$

Диаграмма Карно для функций выходов показана на **рисунке 4**. Цифры в клетках соответствуют номеру выходного сигнала (Y_0, Y_1 и т.д.)

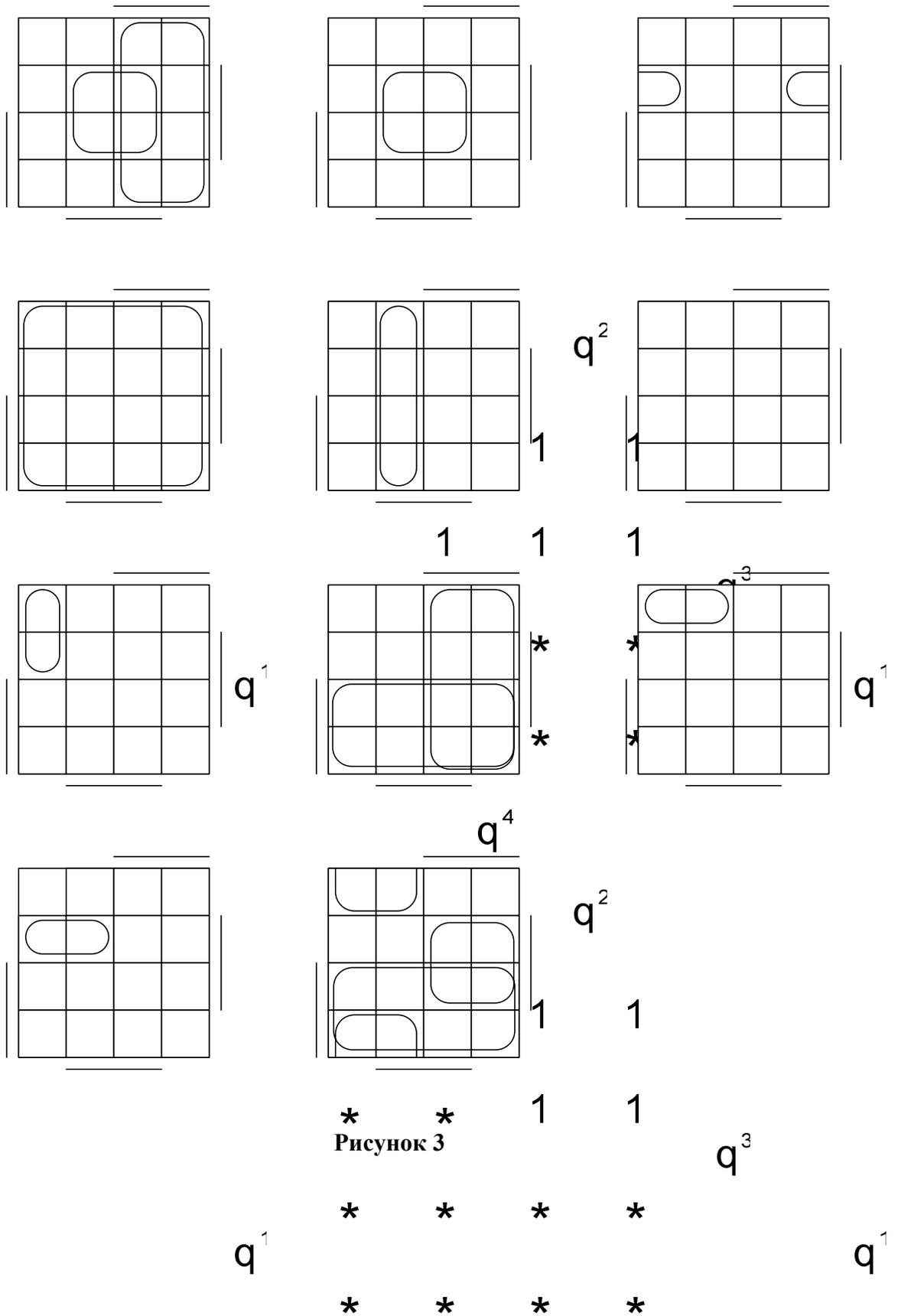


Рисунок 3

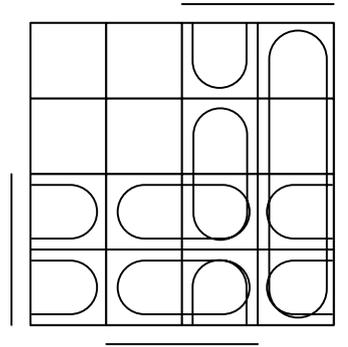


Рисунок 4

0 1

6.12. Выбор типа логических элементов

В качестве логических элементов заданы элементы И-НЕ.

3 6 7

6.13. Преобразование функций переходов и функций выходов

Применяя правило двойной инверсии, получим следующие выражения:

q¹

Функции возбуждения D-триггеров:

9

$$D_1 = \overline{q^2} \ \& \ \overline{q^1}q^3q^4 \ \& \ q^1\overline{q^3} \ \& \ q^1\overline{q^4}$$

$$D_2 = \overline{i\overline{q^1}q^2q^3q^4} \ \vee \ \overline{ia\overline{q^1}q^2q^3q^4} \ \vee \ \overline{iabq^1q^2q^3q^4}$$

$$D_3 = \overline{q^2q^3q^4} \ \vee \ \overline{q^1q^3q^4} \ \vee \ \overline{i\overline{q^1}q^2q^3q^4} \ \vee \ \overline{iabq^1q^2q^3q^4} \ \vee \ \overline{iabq^1q^2q^3q^4}$$

$$D_4 = \overline{q^1q^4} \ \vee \ \overline{q^2q^4} \ \vee \ \overline{q^2q^3} \ \vee \ \overline{q^1q^2q^3q^4} \ \vee \ \overline{kq^1q^2q^3q^4} \ \vee \ \overline{i\overline{q^1}q^2q^3q^4} \ \vee \ \overline{ibq^1q^2q^3q^4}$$

Функции возбуждения JK-триггеров:

$$J_1 = \overline{q^2} \ \vee \ \overline{q^3q^4}$$

$$K_1 = \overline{q^3q^4}$$

$$J_2 = \overline{i\overline{q^1}q^3q^4} \ \vee \ \overline{ia\overline{q^1}q^3q^4} \ \vee \ \overline{iabq^1q^3q^4}$$

$$K_2 = 1$$



$$J_3 = q^2 q^4$$

$$K_3 = q^4 \vee q^2 \vee i \bar{a} b q^1 \bar{q}^2 \bar{q}^4 \vee i a b q^1 \bar{q}^2 \bar{q}^4$$

$$J_4 = q^1 \vee q^2 \vee k \bar{q}^1 \bar{q}^2 \bar{q}^3 \vee i \bar{q}^1 \bar{q}^2 \bar{q}^3 \vee i b \bar{q}^1 \bar{q}^2 \bar{q}^3$$

$$K_4 = q^1 \vee q^2 q^3 \vee \bar{q}^2 \bar{q}^3$$

Функции выходов:

$$Y_0 = k \bar{q}^1 \bar{q}^2 \bar{q}^3 \bar{q}^4$$

$$Y_1 = k \bar{q}^1 \bar{q}^2 \bar{q}^3 \bar{q}^4$$

$$Y_2 = \bar{q}^1 \bar{q}^2 \bar{q}^3 \bar{q}^4$$

$$Y_3 = i a \bar{q}^1 \bar{q}^2 \bar{q}^3 \bar{q}^4$$

$$Y_4 = \bar{q}^1 \bar{q}^2 \bar{q}^3 \bar{q}^4 \vee q^2 \bar{q}^3 \bar{q}^4$$

$$Y_5 = q^2 \bar{q}^4$$

$$Y_6 = i a \bar{q}^1 \bar{q}^2 \bar{q}^3 \bar{q}^4$$

$$Y_7 = i \bar{q}^1 \bar{q}^2 \bar{q}^3 \bar{q}^4$$

$$Y_8 = q^2 q^3 q^4$$

$$Y_9 = q^1 \bar{q}^3 \bar{q}^4$$

$$Y_{10} = q^1 \bar{q}^3 \bar{q}^4$$

$$Y_{11} = s q^1 q^3 \bar{q}^4$$

$$Y_{12} = q^1 q^3 q^4$$

6.14. Построение функциональной схемы блока управления

Функциональная схема блока управления строится в соответствии с преобразованными функциями возбуждения триггеров и функциями выходов. Функциональная схема, построенная на JK-триггерах, приведена **Приложении С**.

Перед составлением схемы можно определить типы и количество логических элементов, необходимых для построения схемы. При этом необходимо учесть, что для реализации каждой конъюнкции необходим логический элемент И-НЕ на соответствующее количество входов. Если логическая функция содержит две и более конъюнкций, то дополнительно используется элемент И-НЕ, с числом входов, равным числу конъюнкций. Если функция состоит из одной конъюнкции, то дополнительно используется элемент И-НЕ с двумя входами, который выполняет функцию инвертора.

В случае, если используются не все входы элемента, неиспользуемые входы обычно подключаются к одному из используемых входов.

В **таблицах 6 и 7** приведено, соответственно для D- и JK-триггеров, количество элементов И-НЕ и количество входов для каждого элемента.

Сравнив эти таблицы, мы видим, что для построения схемы на JK-триггерах нам потребуется меньшее количество элементов И-НЕ, и общее количество входов так же меньше чем при использовании D-триггеров. Следовательно, схема, построенная на JK-триггере имеет меньшую сложность.

Таблица 6

Тип элемента	Количество входов элемента	Количество элементов	Общее количество входов элементов
И-НЕ	2	24	48
И-НЕ	3	9	27
И-НЕ	4	6	24
И-НЕ	8	15	120
Итого		54	219

Таблица 7

Тип элемента	Количество входов элемента	Количество элементов	Общее количество входов элементов
И-НЕ	2	27	54
И-НЕ	3	7	21
И-НЕ	4	7	28
И-НЕ	8	11	88
Итого		52	191

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 Q и на входы автомата поступают сигналы $k=1, i=1, a=1, b=1$. Для каждого такта известны набор входных сигналов и текущее состояние автомата, представленное в виде сигналов на выходах элементов памяти (q^i). 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 Мили сначала определяется значение выходного сигнала Y_i при текущем состоянии Q_t , а затем новое состояние элемента Q_{t+1} . Полученные результаты следует сравнить с данными таблицы переходов и выходов автомата.

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

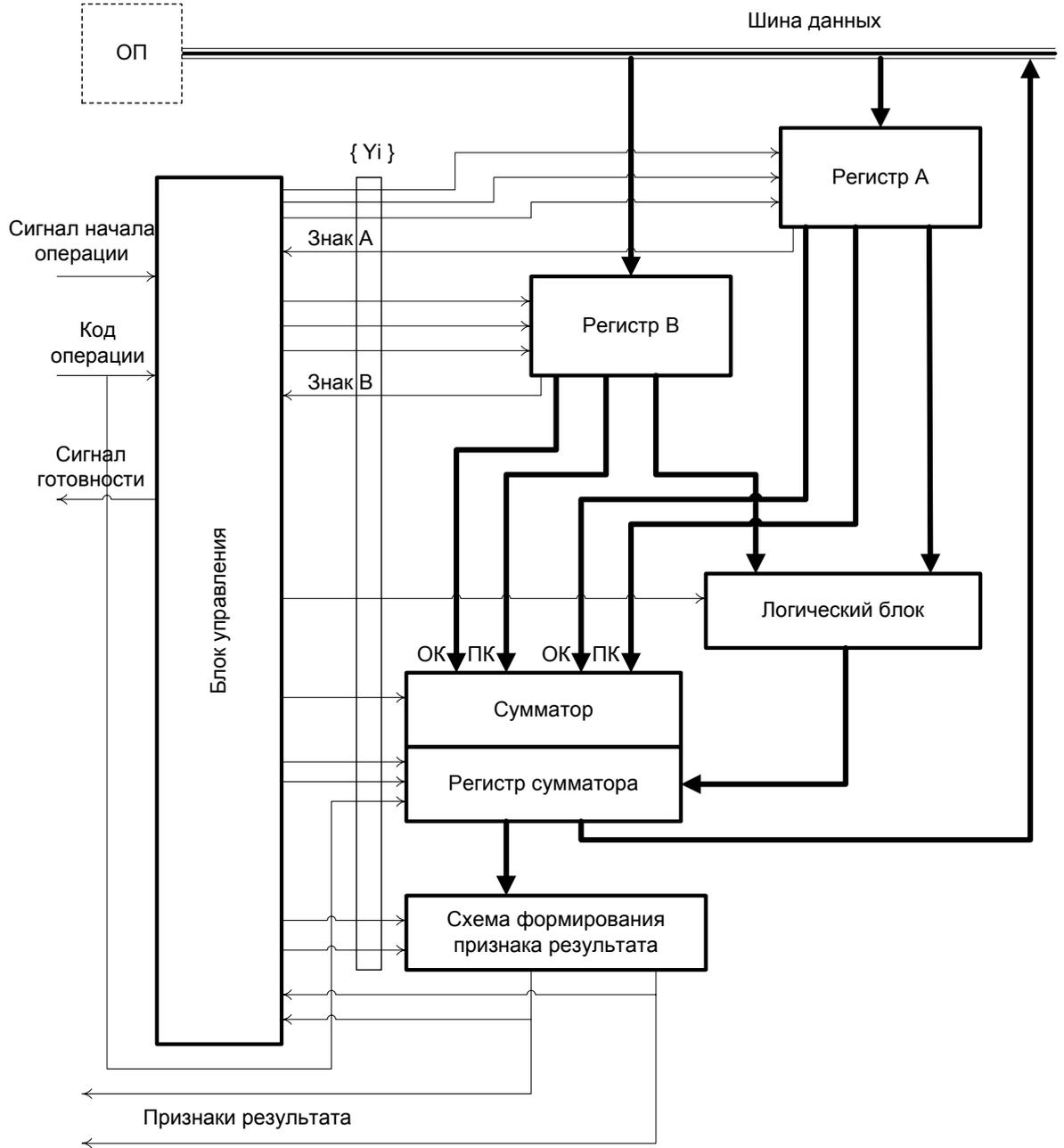
Таблица 8

Входы	Текущее состояние	Следующее состояние	Выход
	Q_t	Q_{t+1}	
$k \ i \ a \ b \ -$	$q_1 \ q_2 \ q_3 \ q_4 \ (Q_t)$	$q_1 \ q_2 \ q_3 \ q_4 \ (Q_t)$	Y_i
1 1 1 1 -	0 0 0 0 (Q_0)	0 0 0 1 (Q_1)	Y_1
1 1 1 1 -	0 0 0 1 (Q_1)	0 0 1 0 (Q_2)	Y_2
1 1 1 1 -	0 0 1 0 (Q_2)	0 0 1 1 (Q_3)	Y_3
1 1 1 1 -	0 0 1 1 (Q_3)	1 0 0 1 (Q_9)	Y_4
1 1 1 1 -	1 0 0 1 (Q_9)	1 0 1 0 (Q_{10})	Y_{10}
.

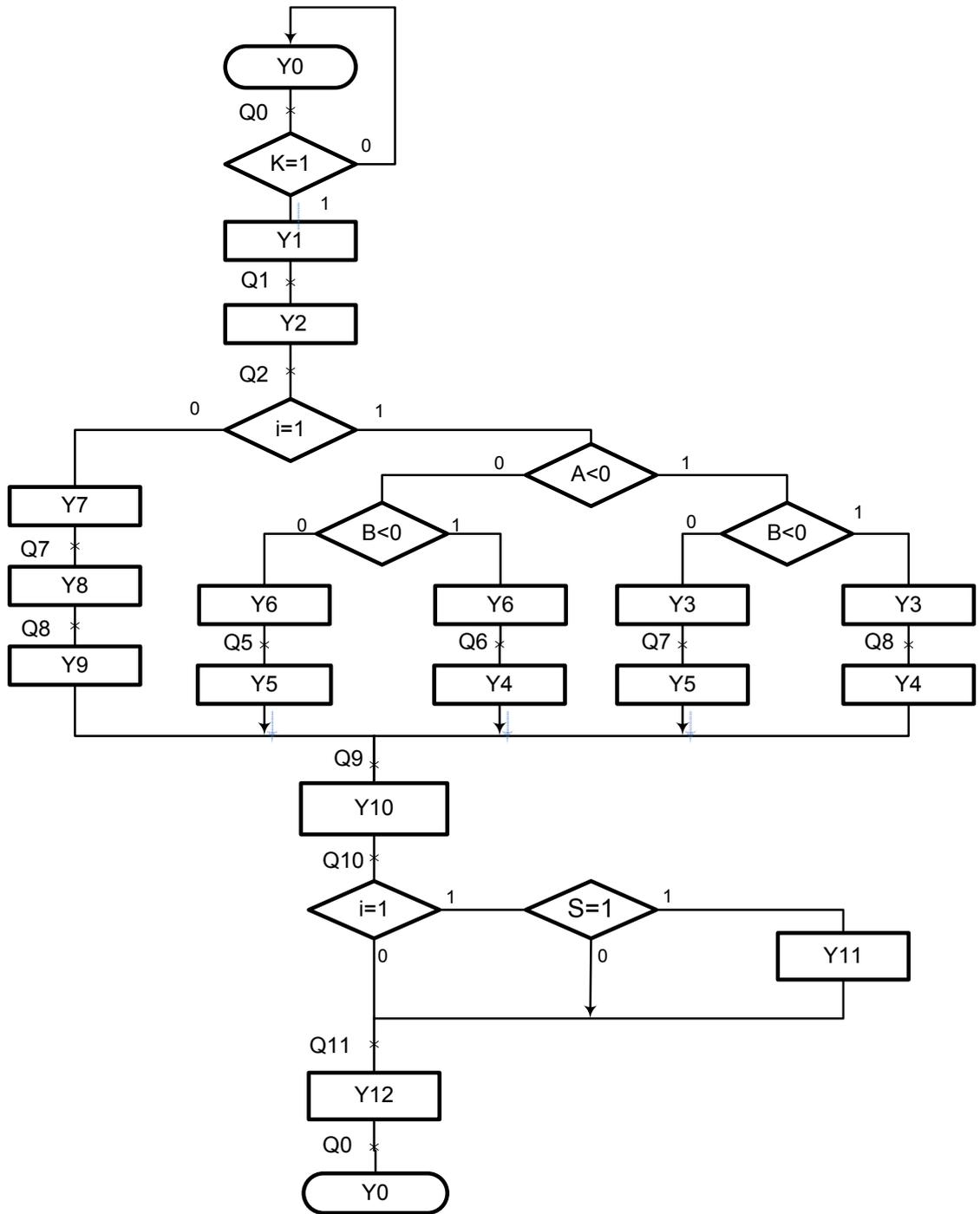
Из данных **таблицы 8** видно, что при заданных входных сигналах и заданном текущем состоянии автомат работает в соответствии с таблицей переходов. По результатам проверки работы автомата при всех сочетаниях сходных сигналов и состояний можно сделать вывод о том, что автомат синтезирован правильно.

7. Заключение

В результате выполнения задания синтезирован блок управления операциями вычитания и логического умножения в АЛУ. Блок управления построен в виде автомата Мили с использованием в качестве элементов памяти JK-триггеров и логических элементов И-НЕ. Для реализации блока управления требуются 4 JK-триггера и 52 логических элемента с общим количеством входов 191. Блок управления имеет минимальный аппаратный состав и обеспечивает формирование выходных сигналов при любых сочетаниях сигналов на входах блока.

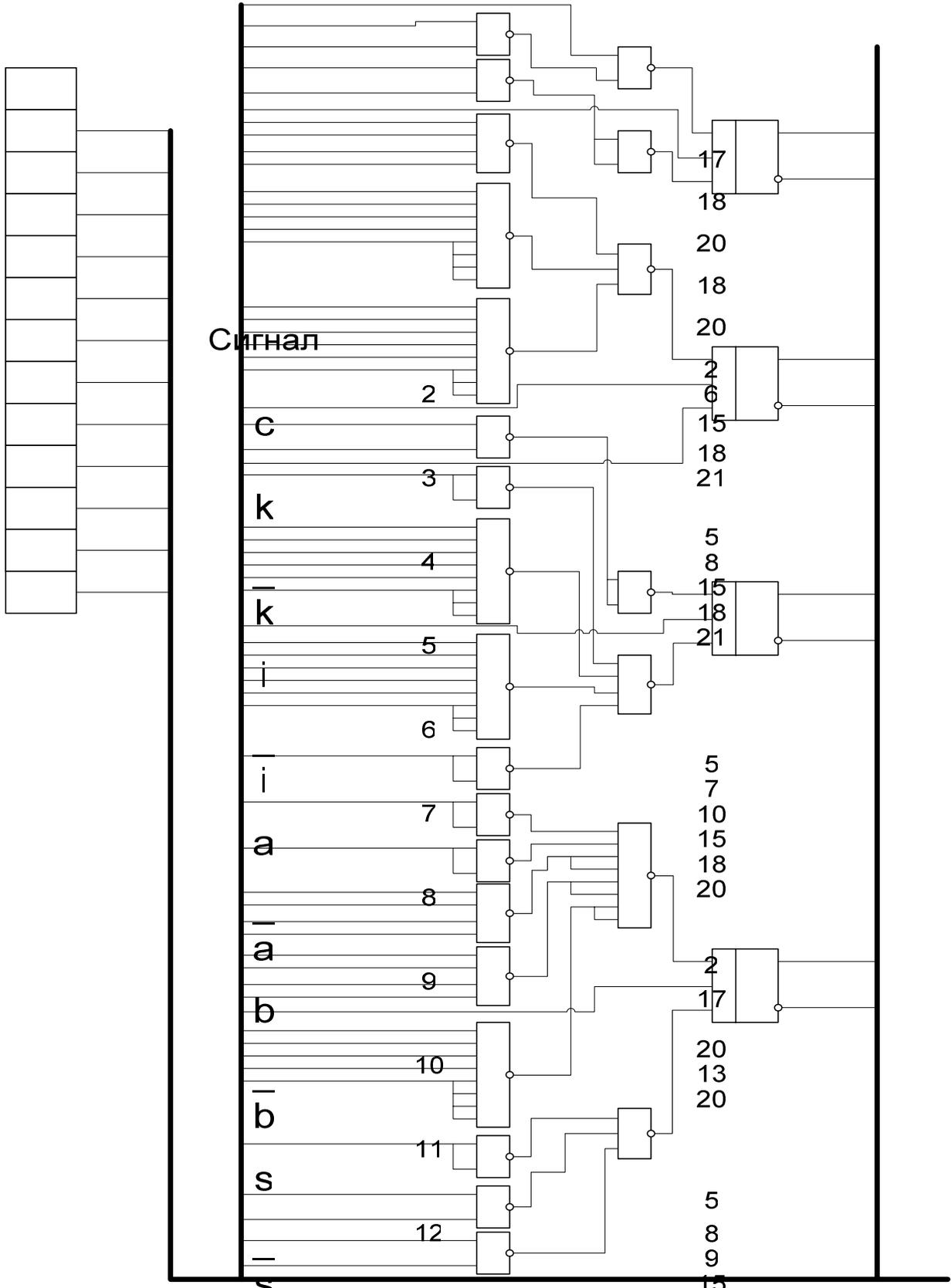


					ПРИЛОЖЕНИЕ А			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Шушкин И.А.			Структурная схема АЛУ	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Роцин А.Г.					1	1
Реценз.		Роцин А.Г.				МГТУГА		
Н. Контр.		Роцин А.Г.						
Утверд.		Роцин А.Г.						

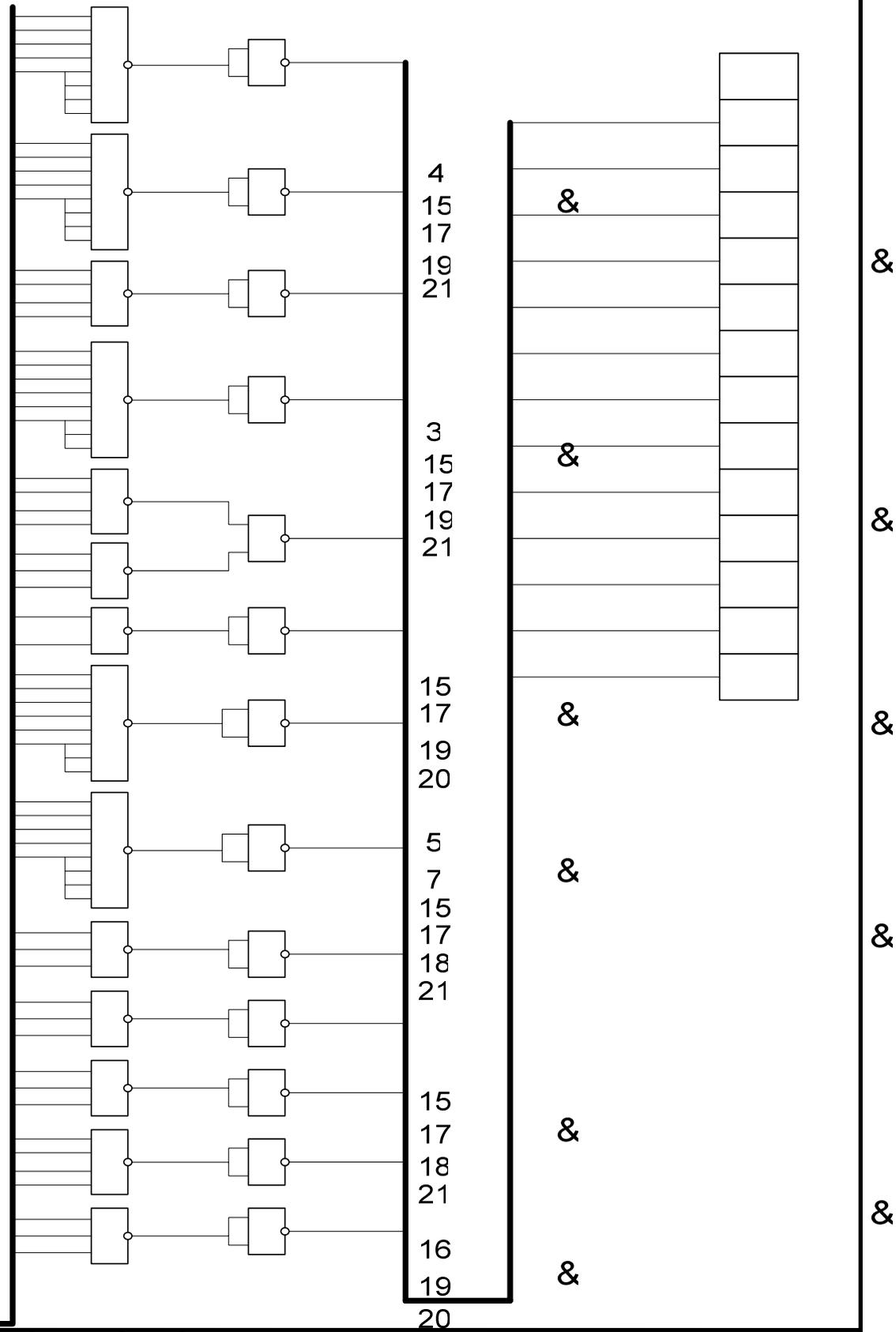


ПРИЛОЖЕНИЕ В

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Шушкин И.А.			Схема алгоритма блока управления	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Роцин А.Г.					1	1
Реценз.		Роцин А.Г.				МГТУГА		
Н. Контр.		Роцин А.Г.						
Утверд.		Роцин А.Г.						



					13	17	ПРИЛОЖЕНИЕ С			
			1							
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	Функциональная схема блока управления		<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>	
Разраб.	Шушкин И.А.						2	1	2	
Провер.	Рощин А.Г.						5			
Реценз.	Рощин А.Г.						7	МГТУГА		
Н. Контр.	Рощин А.Г.						10			
Утверд.	Рощин А.Г.				15					
						17				
						21				



ЭВМ 61500015КР50Э2				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Разраб.	Шушкин И.А.			
Провер.	Рощин А.Г.			
Реценз.	Рощин А.Г.			
Н. Контр.	Рощин А.Г.			
Утверд.	Рощин А.Г.			
Блок управления АЛУ. Схема электрическая функциональная				
21				
5				
8				
15				
17				
18				
Лит.	Лист	Листов		
	2	2		
МГТУГА				