

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Вятский государственный университет»  
(«ВятГУ»)  
Факультет автоматики и вычислительной техники  
Кафедра электронных вычислительных машин

Допущено к защите  
Руководитель проекта

\_\_\_\_\_/Исупов К.С./  
(подпись) (Ф.И.О)  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

«СИНТЕЗ МИКРОПРОГРАММНЫХ УПРАВЛЯЮЩИХ АВТОМАТОВ»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к курсовому проекту  
по дисциплине «Теория автоматов»

ТПЖА 09.03.01.071 ПЗ

Разработал студент группы ИВТ-22 \_\_\_\_\_/Альмухаметов М.И./

Руководитель \_\_\_\_\_/Исупов К.С./

Проект защищен с оценкой «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_  
(оценка) (дата защиты)

Члены комиссии \_\_\_\_\_/ Мельцов В.Ю./  
(подпись) (Ф.И.О)

\_\_\_\_\_/ Исупов К.С./  
(подпись) (Ф.И.О)

Киров 2016

## Реферат

Альмухаметов М.И. Синтез автомата с жесткой логикой.  
ТПЖА.09.03.01.071 ПЗ: Курс. проект / ВятГУ, каф. ЭВМ; рук. Исупов К.С. -  
Киров, 2016. Графическая часть 4 л. – ф.А2; ПЗ 43 с., 1 источник, 6 прил.

### ОПЕРАЦИОННЫЙ АВТОМАТ, ГРАФ-СХЕМА АЛГОРИТМА, ЧЕТВЕРТЫЙ СПОСОБ УМНОЖЕНИЯ, АВТОМАТИЧЕСКАЯ КОРРЕКЦИЯ

Цель курсового проекта — синтезировать автомат с жесткой логикой, управляющий операцией умножения чисел с плавающей запятой в дополнительном коде четвертым способом с автоматической коррекцией, с порядком.

					ТПЖА 09.03.01.071 ПЗ					
					Синтез микропрограммного Управляющего автомата	Лит.			Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					1	1 : 1
Разраб.		Альмухаметов М.И.								
Провер.		Исупов К.С.								
Т. Контр.						Лист 2		Листов 43		
Реценз.						Кафедра ЭВМ Группа ИВТ-22				
Н. Контр.										
Утверд.										

# Содержание

Введение.....	5
1 Постановка задачи .....	6
2 Описание используемого алгоритма умножения .....	7
3 Численные примеры .....	9
3.1 Операция умножения без исключительных ситуаций .....	9
3.2 Операция умножения с возникновением устранимого временного	
ПРС	9
3.3 Операция умножения с возникновением ПМР при сложении	
порядков	10
3.4 Операция умножения с возникновением ПРС при сложении	
порядков	11
3.5 Операция умножения, когда множитель (или множимое) равно	
нулю	11
4 Выбор функциональной схемы операционной части устройства и	
определение списка микроопераций и логических условий .....	12
4.1 Состав операционного автомата.....	12
4.2 Описание операционного автомата.....	13
4.3 Управляющие и осведомительные сигналы.....	14
5 Разработка содержательной граф-схемы алгоритма.....	15
6 Построение отмеченной граф-схемы алгоритма.....	17
7 Построение графов автомата моделей Мили и Мура и выбор	
структурной схемы управляющего автомата .....	18

					ТПЖА 09.03.01.071 ПЗ						
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Синтез микропрограммного Управляющего автомата			Лит.		Масса	Масштаб
Разраб.	Альмухаметов М.И.									1	1 : 1
Провер.	Исупов К.С.										
Т. Контр.								Лист 3		Листов 43	
Реценз.								Кафедра ЭВМ Группа ИВТ-22			
Н. Контр.											
Утверд.											

8	Кодирование внутренних состояний .....	19
8.1	Кодирование внутренних состояний для модели Мили на D-триггерах	19
8.2	Кодирование внутренних состояний для модели Мура на D-триггерах	22
8.3	Кодирование внутренних состояний для модели Мили на счетчике	26
8.4	Кодирование внутренних состояний для модели Мили на RS-триггерах	29
9	Построение функциональной схемы управляющего автомата .....	35
10	Заключение .....	36
	Библиографический список .....	37
	Приложение А .....	38
	Приложение Б .....	39
	Приложение В .....	40
	Приложение Г .....	41
	Приложение Д .....	42
	Приложение Е .....	43

## Введение

В последние годы с большой интенсивностью ведутся работы по созданию и применению различных автоматических систем для переработки информации. Такие автоматы реализуются в виде самостоятельных устройств специального назначения или в виде блоков, входящих в системы управления и системы обработки информации. При этом работа ведется с математическими моделями, предназначенными для в той или иной степени приближенного отображения физических моделей.

Применение моделей в “Теории автоматов” не ограничивается какой-либо частной областью, а возможно для решения проблем практически в любой области исследования.

Основной целью данного курсового проекта является получение навыков синтеза управляющего МПА с жесткой логикой на основе разработки машинных алгоритмов одной из заданных арифметических операций. Основным требованием является минимизация аппаратных затрат как управляющего автомата, так и операционного автомата при приемлемом быстродействии.

					ТПЖА.09.03.01.071	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

## 1 Постановка задачи

Синтезировать микропрограммный автомат с жесткой логикой, управляющий выполнением умножения чисел в двоичной системе счисления с плавающей запятой в дополнительном коде с порядками четвертым способом с автоматической коррекцией, в основном логическом базисе.

					ТПЖА.09.03.01.071	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

## 2 Описание используемого алгоритма умножения

- 1) Считать множимое;
- 2) Проверить множимое на равенство нулю:
  - если множимое равно нулю, то операцию умножения прекратить, результат равен нулю;
  - если множимое не равно нулю, то перейти к п.3;
- 3) Считать множитель:
  - Если множитель равен нулю, то операцию умножения прекратить, результат равен нулю;
  - Если множитель не равен нулю, то перейти к п.4;
- 4) Определить порядок произведения путем сложения порядков исходных сомножителей;
- 5) Проверить сумму порядков на ПРС и ПМР (Если при сложении порядков положительного знака в результате получен порядок, знак которого отличается от знаков операндов, то эта ситуация сигнализирует о возникновении ПРС, при котором следует прекратить операцию умножения. Особого внимания требует ситуация, когда «1» в знаковом разряде порядка, а во всех остальных – нули. Это может быть, как признак временного ПРС (в дальнейшем, если возникает необходимость в нормализации мантиссы результата, устраняется, в противном случае нужно выдать сигнал «ПРС»), так и ПМР, при котором результат равен 0). ПМР возникает при получении положительного знака суммы порядков, когда знаки порядков исходных операндов были отрицательными. В противном случае перейти к п.6;
- 6) Цикл умножения (анализируются сразу две смежные цифры множителя, знаковый и старший разряд) по следующим правилам:

- если знаковый разряд множителя равен единице, а цифра соседнего старшего разряда множителя равна нулю (10), то множимое надо вычитать из предыдущей частной суммы;
  - если знаковый разряд множителя равен нулю, а цифра соседнего старшего разряда множителя равна единице (01), то множимое надо складывать с предыдущей частной суммой;
  - если анализируемые цифры совпадают (00, 11), то никаких операций не производится;
  - сдвиги производятся на один разряд. Множимое сдвигается в сторону старших разрядов, а множитель в сторону младших (правило сдвига отрицательных чисел в ДК: при сдвиге влево освобождающиеся младшие разряды заполняются нулями, при сдвиге вправо освобождающиеся старшие разряды заполняются единицами);
  - Окончание цикла умножения происходит, когда все разряды множимого равны нулю;
  - результат получается в ДК со знаком;
- 7) Произвести нормализацию мантиссы, если необходимо. Если было зафиксировано временное ПРС и в нормализации нет необходимости, то произошло истинное ПРС, иначе, когда необходима нормализация, вычитается единица из порядка произведения и проверяется ПМР, если ПМР, то выдать 0, иначе перейти к п.8.
- 8) Выдать результат;



### 3 Численные примеры

#### 3.1 Операция умножения без исключительных ситуаций

$A=3.625_{10}$  Мантисса (ДК):  $0.1110100_2$  Порядок:  $0.010_2$

$B=-5.75_{10}$  Мантисса (ДК):  $1.0100100_2$  Порядок:  $0.011_2$

Сложение порядков:

$0.010$

$0.011$

$0.101$  (ПРС не возникло)

Таблица 1 – Умножение мантисс

Множитель ←	Множимое →	Сумма ЧП	Комментарий
<u>0,1110100</u>	1,0100100 0000000	0,0000000 0000000 <u>1,0100100 0000000</u> 1,0100100 0000000	Сложение
<u>1,1101000</u>	1,1010010 0000000	1,0100100 0000000	Сдвиг
<u>1,1010000</u>	1,1101001 0000000	1,0100100 0000000	Сдвиг
<u>1,0100000</u>	1,1110100 1000000	1,0100100 0000000 <u>0,0001011 1000000</u> 1,0101111 1000000	Сдвиг Вычитание
<u>0,1000000</u>	1,1111010 0100000	1,0101111 1000000 <u>1,1111010 0100000</u> 1,0101001 1100000	Сдвиг Сложение
<u>1,0000000</u>	1,1111101 0010000	1,0101001 1100000 <u>0,0000010 1110000</u> 1,0101100 1010000	Сдвиг Вычитание
<u>0,0000000</u>	1,1111110 1001000	1,0101100 1010000	Сдвиг

$(A*B)_{ДК}=1,01011001010000_2$

$(A*B)_{ПК}=1,10100110110000_2$

Результат:  $-10100,11011_2 = -20.84375_{10}$

Проверка:  $3,625*(-5,75) = -20,84375$

#### 3.2 Операция умножения с возникновением устранимого временного ПРС

$A= 16$  Мантисса:  $0.100000_2$  Порядок:  $0.101_2$

$B= 4$  Мантисса:  $0.100000_2$  Порядок:  $0.011_2$

Сложение порядков:

0.101

0.011

1.000 временное ПРС!

Таблица 2 – Умножение мантисс

Множитель ←	Множимое →	Сумма ЧП	Комментарий
<u>0,1</u> 000000	0,1000000 0000000	0,0000000 0000000 <u>0,1000000 0000000</u> 0,1000000 0000000	Сложение
<u>1,0</u> 000000	0,0100000 0000000	0,1000000 0000000 <u>0,0100000 0000000</u> 0,0100000 0000000	Сдвиг
<u>0,00</u> 000000	0,0010000 0000000	0,0100000 0000000	Сдвиг

$(A*B)_{ДК}=0,0100000\ 0000000$

$(A*B)_{ПК}=0,0100000\ 0000000$

Мантисса не нормализована, следовательно, так как было зафиксировано временное ПРС, оно устранился. Сдвинем произведение на один разряд влево, вычтем «1» из порядка произведения.

1.000

1.111

0.111 = 0.111

Временное ПРС было устранено. Продолжаем операцию умножения.

Результат:  $1000000_2 = 64_{10}$

Проверка:  $16*4 = 64$

### 3.3 Операция умножения с возникновением ПМР при сложении порядков

$A = 0.0234375_{10}$  Мантисса:  $0.1100000_2$  Порядок:  $1.011_2$

$B = 0.0078125_{10}$  Мантисса:  $0.1000000_2$  Порядок:  $1.010_2$

Сложение порядков:

1.011

1.010

0.101 ПМР!

ПМР. Прекращаем операцию умножения, вывести результат, равный нулю.

### 3.4 Операция умножения с возникновением ПРС при сложении порядков

$A = 7.25$       Мантисса:  $0.1110100_2$     Порядок:  $0.011_2$

$B = 46$       Мантисса:  $0.1011100_2$     Порядок:  $0.110_2$

$0.011$

$0.110$

$1.001$  ПРС!

ПРС. Прекращаем операцию умножения, выдаем сигнал о ПРС.

### 3.5 Операция умножения, когда множитель (или множимое) равно нулю

$A = 0$       Мантисса:  $0.0000000_2$     Порядок:  $0.001_2$

$B = 6$       Мантисса:  $0.1100000_2$     Порядок:  $0.101_2$

Множимое равно нулю. Результат 0.

#### 4 Выбор функциональной схемы операционной части устройства и определение списка микроопераций и логических условий

##### 4.1 Состав операционного автомата

Операционный автомат должен содержать следующие элементы:

- 24-х разрядный сдвиговый регистр RG1 для хранения мантиссы множимого;
- 47 разрядный сдвиговый регистр RG2 для хранения мантиссы множителя;
- 47 разрядный сдвиговый регистр RG3 для хранения мантиссы СЧП;
- 8-разрядный регистр RG4 для хранения порядков;
- 24-х входовой элемент KC1 «или» для определения окончания операции;
- 47 разрядный управляемый инвертор KC2 для инвертирования множителя;
- 47 разрядный управляемый элемент KC3 «и» для формирования нуля, добавляемого к СЧП;
- 8 разрядный управляемый инвертор KC4 для инвертирования порядка (перевод в ДК);
- 7 разрядный управляемый инвертор KC5 для инвертирования суммы порядков;
- 7 входовой элемент KC6 «или» для проверки порядка на «00...00»
- 47 разрядный сумматор SM1 для суммы частичных произведений;
- 8-разрядный сумматор SM2 для сложения порядков;
- 8-разрядный счетчик СТ для хранения порядка произведения;
- D-триггер Т1 для хранения знака порядка множимого;
- D-триггер Т3 для хранения знака результата;
- Элемент «или» для проверки числа на ноль;
- Элемент сложения «по модулю два» для выбора «0» как слагаемого суммы частичных произведений;
- Элемент «и» для подачи единицы на вход CRP сумматора SM1;
- Элемент «и» для подачи сигнала на сдвиг RG3;

					ТПЖА.09.03.01.071	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

- Элемент сложения «по модулю два» для проверки нормализации результата;
- Два 3-х входных и три 2-х входных элемента «и» для определения случаев ПРС, ПМР, временного ПРС;
- RS-триггер Т2 для выдачи сигнала о ПРС;
- Усилитель-формирователь для выдачи результата на выходную шину.

Функциональная схема операционной части устройства представлена в приложении А.

#### 4.2 Описание операционного автомата

Операнды разрядностью 4 байта поступают по входной шине в дополнительном коде, результат в дополнительном коде выводится по выходной шине. В регистр RG1 поступает мантисса множимого со знаком, поэтому регистр имеет 24 разряда, так же регистр является сдвиговым, так как в процессе умножения производится сдвиг множимого влево.

Регистр RG2 имеет 47 разрядов, в старшие разряды заносится мантисса множителя со знаком, младшие разряды заполняются нулями. Регистр является сдвиговым, так как в процессе умножения производится сдвиг множителя вправо.

Регистр RG3 имеет 47 разрядов для хранения суммы частичных произведений, где 47-й разряд – знак результата, является сдвиговым, так как можем потребоваться нормализация мантиссы результата.

Регистр RG4 имеет 8 разрядов, в нем хранится сначала порядок множимого, затем множителя.

В триггер Т1 записывается знак порядка множимого.

Триггер Т2 сигнализирует о ПРС.

В триггер Т3 записывается знак произведения.

Счетчик СТ1 имеет 8 разрядов, в нем хранится порядок произведения.

Сумматор SM1 имеет 47 разрядов на входе и выходе, вход CRP. На плечо А подается СЧП, на плечо В подается слагаемое, которое необходимо в

цикле. На вход CRP подается единица, если были инвертированы данные из RG2 и необходимо произвести вычитание в цикле умножения.

Сумматор SM2 имеет 8 разрядов на входе и выходе, вход CRP. На плечо А подается выходные данные с управляемого инвертора, на плечо В данные из счетчика СТ1. На вход CRP подается единица, если были инвертированы данные из RG4.

#### 4.3 Управляющие и осведомительные сигналы

УА подает в ОА управляющие сигналы, реализующие следующие микрооперации:

- у0 – сброс Т2, RG3;
  - у1 – запись в RG1 и Т1;
  - у2 – сдвиг RG1 влево, RG2 вправо, запись в Т3;
  - у3 – запись в RG2, RG4;
  - у4 – запись в RG3;
  - у5 – запись в СТ1;
  - у6 – вычитание 1 из счетчика СТ1, сдвиг RG3;
  - у7 – выдача результата на шину;
  - у8 – переключение в 1 триггера Т2 для выдачи сигнала о ПРС;
- ОА формирует следующие осведомительные сигналы для УА:
- Х – проверка наличия операндов на входной шине;
  - Р0 – проверка на окончание цикла умножения;
  - Р1 – проверка числа на 0;
  - Р2 – проверка нормализации мантиссы результата;
  - Р3 – проверка на ПРС;
  - Р4 – проверка на временное ПРС;
  - Р5 – проверка на ПМР;
  - Р6 – проверка знака суммы порядков;
  - Z – проверка возможности выдачи результата на выходную шину.

## 5 Разработка содержательной граф-схемы алгоритма

В первом такте производится проверка наличия на входной шине множимого. При поступлении множимого его мантисса со знаком записывается в RG1 и в старшие разряды RG2. Порядок заносится в RG4. Так же в данном такте происходит обнуление RG3 и CT1.

Во втором такте, если множимое нуль ( $p1=1$ ), то выдается результат 0, иначе записывается порядок множимого из регистра RG4 в счетчик CT1 через выход S сумматора SM2, на плече A которого порядок из RG4, если он отрицательный, то инвертируется, на плече B содержимое счетчика CT1.

В третьем такте производится проверка на входной шине множителя. При поступлении множителя, его мантисса со знаком записывается в старшие разряды регистра RG2, порядок записывается в регистр RG4.

В четвертом такте, если множитель нуль ( $p1=1$ ), то сбрасывается значение счетчика CT1 и выдается результат 0, иначе в счетчик CT1 записывается сумма порядков с выхода S сумматора SM2, на плече A которого порядок множителя, инвертированный, если он отрицательный, а на плече B содержимое счетчика CT1.

В пятом такте проверяются исключительные ситуации. Если возникло ПРС( $p3=1$ ), то триггер T2 устанавливается в единицу и операция умножения прекращается. Если произошла ПМП ( $p5=1$ ), то сбрасывается значение счетчика CT1 и регистра RG3, тем самым сформировав нуль на выходной шине. Если ПМП не произошло, то начинается цикл умножения. В регистр RG3 записывается значение с выхода S сумматора SM1, где на плечо A подается содержимое регистра RG3, а на плечо B подается значение RG2, инвертированное, если старший разряд RG1 равен единице или обнуленное, если значения двух старших разрядов RG1 равны «00» или «11». Далее производится запись знака в T3, сдвиг регистров RG1 и RG2 влево и вправо соответственно. После чего если цикл не завершен, он повторяется сначала.

Если цикл завершен ( $p_0=1$ ), то проверяется нормализация мантиссы, если она не нормализована ( $p_2=1$ ), то значение счетчика СТ1 уменьшается на единицу, содержимое RG3 сдвигается влево и проверяется возникновение ПМР, если да ( $p_5=1$ ), то сбрасывается значение счетчика СТ1 и регистра RG3, тем самым сформировав нуль на выходной шине, иначе проверяется, было ли зафиксировано временное ПРС, если да ( $p_4=1$ ), то произошло истинное ПРС, триггер Т2 устанавливается в единицу и операция умножения прекращается. Далее проверяется порядок произведения, если он отрицательный ( $p_6=1$ ), то значение счетчика СТ1 уменьшается на единицу и на выходную шину подается инвертированное содержимое СТ1 – порядок произведения в ПК. Так же, на выходную шину подаются данные с выхода S мультиплексора MS1, где выбираются данные из регистра RG3 – мантисса результата, сдвинутая, если была необходима нормализация. Знак подается из старшего разряда регистра RG3.

Разработанная содержательная граф-схема представлена в приложении Б.

					ТПЖА.09.03.01.071	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16



## 6 Построение отмеченной граф-схемы алгоритма

Для разметки граф-схемы алгоритма каждой совокупности микроопераций, находящихся в операторных вершинах, ставятся в соответствие управляющие сигналы  $y_0 \dots y_8$ . Эти сигналы являются выходными сигналами управляющего автомата и обеспечивают выполнение требуемых действий в соответствии со списком микроопераций операционного автомата. Совокупность микроопераций для каждой операторной вершины образует микрокоманды, список которых приведен в таблице 3.

Таблица 3 – Совокупность микроопераций и соответствующие им микрокоманды

Микрокоманда	Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8
Совокупность микроопераций	y3 y1 y0	y5	y3	y0	y8	y4	y2	y6	y7

Каждой условной вершине содержательной граф-схемы алгоритма ставится в соответствие один из входных сигналов управляющего автомата  $X_0 \dots X_8$ , список которых представлен в таблице 4.

Таблица 4 – Список входных сигналов

Входной сигнал УА	X0	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
Логическое условие ОА	p0	p1	p2	p3	p4	p5	p6	Z	X

Далее, в полном соответствии с содержательной граф-схемой алгоритма строится отмеченная граф-схема алгоритма, условным вершинам которой приписывается один из входных сигналов управляющего автомата, а операторным вершинам – одна из микрокоманд.

Отмеченная граф-схема алгоритма представлена в приложении В.

## 7 Построение графов автомата моделей Мили и Мура и выбор структурной схемы управляющего автомата

Графы автомата моделей Мили и Мура, построенные в соответствии с отмеченной граф-схемой алгоритма представлены в приложениях Г и Д.

Граф автомата Мили имеет 9 вершин, соответствующих состояниям автомата  $a_0 \dots a_8$ . Дуги его отмечены входными сигналами, действующими на каждом переходе и набором входных сигналов, вырабатываемых управляющим автоматом на данном переходе.

Граф автомата Мура имеет 14 вершин, соответствующих состояниям автомата  $b_0 \dots b_{13}$ , каждое из которых определяет наборы выходных сигналов управляющего, а дуги графа отмечены входными сигналами, действующими на данном переходе.

В управляющем автомате в качестве элементов памяти управляющего устройства будем рассматривать D-триггеры, RS-триггеры и счетчик, так как именно эти элементы дают возможность составить минимальный управляющий автомат.

При выборе D-триггеров в качестве ЭП, при переходе из одного состояния в другое сигналы возбуждения должны быть поданы на триггеры, которые в коде состояния содержат единицу.

Для RS-триггеров необходима установка в единицу и сброса для каждого триггера.

В случае счетчиков, при последовательном кодировании состояний, переход из одного состояния в другое будет осуществляться подачей на вход счетчика сигнала, увеличивающего или уменьшающего содержимое самого счетчика. Счетчики имеют входы сброса и установки. Это позволяет закодировать нестандартные переходы.

## 8 Кодирование внутренних состояний

### 8.1 Кодирование внутренних состояний для модели Мили на D-триггерах

Составим таблицу, содержащую число переходов в каждое состояние и в соответствие с ней закодируем состояния, так как при кодировании следует применять метод (состояния с наибольшим числом переходов кодируются минимальным количеством единиц). Данная таблица представлена в таблице 5.

Таблица 5 - Число переходов в каждое из состояний

Состояние	a <sub>0</sub>	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>5</sub>	a <sub>6</sub>	a <sub>7</sub>	a <sub>8</sub>
Переходы	a <sub>0</sub> , a <sub>4</sub> , a <sub>6</sub> , a <sub>8</sub>	a <sub>0</sub>	a <sub>1</sub> , a <sub>2</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub> , a <sub>6</sub>	a <sub>5</sub>	a <sub>6</sub> (2)	a <sub>1</sub> , a <sub>3</sub> , a <sub>4</sub> , a <sub>7</sub> (3), a <sub>8</sub>
Число переходов	4	1	2	1	1	2	1	2	7
Код	0001	0011	0010	0110	1100	1000	1010	0100	0000

Далее составляется прямая структурная таблица переходов и выходов автомата Мили и формируются логические выражения для функций возбуждения. Данная таблица представлена в таблице 6.

Таблица 6 - Прямая структурная таблица переходов и выходов

Исходное состояние	Код $a_m$	Состояние перехода $a_s$	Код $a_s$	Входной сигнал	Выходной сигнал	Функции возбуждения
a0	0001	a0	0001	$\neg x_8$	-	D0
		a1	0011	$x_8$	$y_0 y_1 y_3$	D1D0
a1	0011	a2	0010	$\neg x_1$	$y_5$	D1
		a8	0000	$x_1$	-	-
a2	0010	a2	0010	$\neg x_8$	-	D1
		a3	0110	$x_8$	$y_3$	D2D1
a3	0110	a4	1100	$\neg x_1$	$y_5$	D3D2
		a8	0000	$x_1$	$y_0$	-
a4	1100	a0	0001	$x_3$	$y_8$	D0
		a5	1000	$\neg x_3 \neg x_5$	$y_4$	D3
		a8	0000	$\neg x_3 x_5$	$y_0$	-
a5	1000	a6	1010	1	$y_2$	D3D1
a6	1010	a0	0001	$x_0 \neg x_2 x_4$	$y_8$	D0
		a5	1000	$\neg x_0$	$y_4$	D3
		a7	0100	$x_0 x_2$	$y_6$	D2
		a7	0100	$x_0 \neg x_2 \neg x_4$	-	D2
a7	0100	a8	0000	$x_5$	$y_0$	-
		a8	0000	$\neg x_5 \neg x_6$	-	-
		a8	0000	$\neg x_5 x_6$	$y_6$	-
a8	0000	a0	0001	$x_7$	$y_7$	D0
		a8	0000	$\neg x_7$	-	-

Из таблицы 6 получим логические выражения для каждой функции возбуждения D-триггера, а также для функций выходов как конъюнкции соответствующих исходных состояний  $a_m$  и входных сигналов, которые объединены знаками дизъюнкции для всех строк, содержащих данную функцию возбуждения или соответственно функцию выхода.

$$D3 = a_3 \neg x_1 \vee a_4 \neg x_3 \neg x_5 \vee a_5 \vee a_6 \neg x_0$$

$$D2 = a_2 x_8 \vee a_3 \neg x_1 \vee a_6 x_0 x_2 \vee a_6 x_0 \neg x_2 \neg x_4$$

$$D1 = a_0 x_8 \vee a_1 \neg x_1 \vee a_2 x_8 \vee a_2 \neg x_8 \vee a_5$$

$$D0 = a_0 x_8 \vee a_0 \neg x_8 \vee a_4 x_3 \vee a_6 x_0 \neg x_2 x_4 \vee a_8 x_7$$

Аналогично составляются логические выражения для функций выходов.

$$y_0 = a_0 x_8 \vee a_3 x_1 \vee a_4 \neg x_3 x_5$$

$$y_1 = a_0 x_8$$

$$y_2 = a_5$$

$$y_3 = a_0 x_8 \vee a_2 x_8$$

$$\begin{aligned}
 y_4 &= a_4 \neg x_3 \neg x_5 \vee a_6 \neg x_0 \\
 y_5 &= a_1 \neg x_1 \vee a_3 \neg x_1 \\
 y_6 &= a_6 x_0 x_2 \vee a_7 \neg x_5 x_6 \\
 y_7 &= a_8 x_7 \\
 y_8 &= a_4 x_3 \vee a_6 x_0 \neg x_2 x_4
 \end{aligned}$$

После выделения общих частей в логических выражениях и некоторого их упрощения получаем логические уравнения для построения функциональной схемы управляющего автомата.

$$\begin{aligned}
 q &= a_3 \neg x_1 & (2) \\
 w &= a_4 \neg x_3 & (2) \\
 e &= w \neg x_5 & (2) \\
 t &= e \vee a_6 \neg x_0 & (4) \\
 u &= a_2 x_8 & (2) \\
 i &= a_6 x_0 & (2) \\
 o &= i x_2 & (2) \\
 p &= i \neg x_2 & (2) \\
 s &= a_4 x_3 \vee p x_4 & (6) \\
 d &= a_0 x_8 & (2) \\
 f &= a_8 x_7 & (2) \\
 g &= d \vee u & (2)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D_3 &= q \vee t \vee a_5 & (3) \\
 D_2 &= q \vee o \vee p \neg x_4 \vee a_2 \neg x_8 & (8) \\
 D_1 &= g \vee a_1 \neg x_1 \vee a_5 & (5) \\
 D_0 &= d \vee a_0 \neg x_8 \vee s \vee f & (6)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y_0 &= d \vee a_3 x_1 \vee w x_5 & (7) \\
 y_1 &= d & (0) \\
 y_2 &= a_5 & (0) \\
 y_3 &= g & (0) \\
 y_4 &= t & (0) \\
 y_5 &= a_1 \neg x_1 \vee q & (4) \\
 y_6 &= o \vee a_7 \neg x_5 x_6 & (5) \\
 y_7 &= f & (0) \\
 y_8 &= s & (0) \\
 \text{Инверторы} & & (7)
 \end{aligned}$$

$$\Sigma = \text{КС} + \text{ЭП} + \text{НУ} + \text{ДС} = 75 + 16 + 0 + 4 = 99$$

## 8.2 Кодирование внутренних состояний для модели Мура на D-триггерах

Составим таблицу, содержащую число переходов в каждое состояние и в соответствие с ней закодируем состояния, так как при кодировании следует применять эвристический метод (состояния с наибольшим числом переходов кодируются минимальным количеством единиц). Данная таблица представлена в таблице 7.

Таблица 7 - Число переходов в каждое из состояний

$b_0$	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$	$b_5$	$b_6$	$b_7$	$b_8$	$b_9$	$b_{10}$	$b_{11}$	$b_{12}$	$b_{13}$
$b_0, b_7, b_{13}$	$b_0$	$b_1$	$b_2, b_4$	$b_2, b_4$	$b_3$	$b_3, b_5, b_9, b_{10}$	$b_5, b_9$	$b_5, b_9$	$b_8$	$b_9$	$b_9, b_{10}$	$b_1, b_6, b_9, b_{10}, b_{11}, b_{12}$	$b_1, b_6, b_9, b_{10}, b_{11}, b_{12}$
3	1	1	2	2	1	4	2	2	1	1	2	6	6
0010	0111	1011	0100	0110	1010	1000	1100	1001	1110	1101	0011	0001	0000

Далее составляется прямая структурная таблица переходов и выходов автомата Мура и формируются логические выражения для функций возбуждения. Данная таблица представлена в таблице 8.

Таблица 8 - Прямая структурная таблица переходов и выходов

Исходное состояние $b_m$	Выходные сигналы	Код $b_m$	Состояние перехода $b_s$	Код $b_s$	Входной сигнал	Функции возбуждения триггеров
b0	-	0010	b0 b1	0010 0111	$\neg x_8$ $x_8$	D1 D2D1D0
b1	y0,y1,y3	0111	b2 b12 b13	1011 0001 0000	$\neg x_1$ $x_1 \neg x_7$ $x_1 x_7$	D3D1D0 D0 -
b2	y5	1011	b3 b4	0100 0110	$x_8$ $\neg x_8$	D2 D2D1
b3	y3	0100	b5 b6	1010 1000	$\neg x_1$ $x_1$	D3D1 D3
b4	-	0110	b3 b4	0100 0110	$x_8$ $\neg x_8$	D2 D2D1
b5	y5	1010	b6 b7 b8	1000 1100 1001	$\neg x_3 x_5$ $x_3$ $\neg x_3 \neg x_5$	D3 D3D2 D3D0
b6	y0	1000	b12 b13	0001 0000	$\neg x_7$ $x_7$	D0 -
b7	y8	1100	b0	0010	1	D1
b8	y4	1001	b9	1110	1	D3D2D1
b9	y2	1110	b6 b7 b8 b10 b11 b12 b13	1000 1100 1001 1101 0011 0001 0000	$x_0 \neg x_2 \neg x_4 x_5$ $x_0 \neg x_2 x_4$ $\neg x_0$ $x_0 x_2$ $x_0 \neg x_2 \neg x_4 \neg x_5 x_6$ $x_0 \neg x_2 \neg x_4 \neg x_5 \neg x_6 \neg x_7$ $x_0 \neg x_2 \neg x_4 \neg x_5 \neg x_6 x_7$	D3 D3D2 D3D0 D3D2D0 D1D0 D0 -
b10	y6	1101	b6 b11 b12 b13	1000 0011 0001 0000	$x_5$ $\neg x_5 x_6$ $\neg x_5 \neg x_6 \neg x_7$ $\neg x_5 \neg x_6 x_7$	D3 D1D0 D0 -
b11	y6	0011	b12 b13	0001 0000	$\neg x_7$ $x_7$	D0 -
b12	-	0001	b12 b13	0001 0000	$\neg x_7$ $x_7$	D0 -
b13	y7	0000	b0	0010	1	D1

Из таблицы 8 получим логические выражения для каждой функции возбуждения D-триггера, а также для функций выходов как конъюнкции соответствующих исходных состояний  $b_m$  и входных сигналов, которые объединены знаками дизъюнкции для всех строк, содержащих данную функцию возбуждения или соответственно функцию выхода.

$$D3 = b1 \neg x1 \vee b3 \neg x1 \vee b3 x1 \vee b5 \neg x3 x5 \vee b5 x3 \vee b5 \neg x3 \neg x5 \vee b8 \vee b9 x0 \neg x2 \neg x4 x5 \vee b9 x0 \neg x2 x4 \vee b9 \neg x0 \vee b9 x0 x2 \vee b10 x5$$

$$D2 = b0 x8 \vee b2 x8 \vee b2 \neg x8 \vee b4 x8 \vee b4 \neg x8 \vee b5 x3 \vee b8 \vee b9 x0 \neg x2 x4 \vee b9 x0 x2$$

$$D1 = b0 \neg x8 \vee b0 x8 \vee b1 \neg x1 \vee b2 \neg x8 \vee b3 \neg x1 \vee b4 \neg x8 \vee b7 \vee b8 \vee b9 x0 \neg x2 \neg x4 \neg x5 x6 \vee b10 \neg x5 x6 \vee b13$$

$$D0 = b0 x8 \vee b1 \neg x1 \vee b1 x1 \neg x7 \vee b5 \neg x3 \neg x5 \vee b6 \neg x7 \vee b9 \neg x0 \vee b9 x0 x2 \vee b9 x0 \neg x2 \neg x4 \neg x5 x6 \vee b9 x0 \neg x2 \neg x4 \neg x5 \neg x6 \neg x7 \vee b10 \neg x5 x6 \vee b10 \neg x5 \neg x6 \neg x7 \vee b11 \neg x7 \vee b12 \neg x7$$

Так как для автомата Мура функции выходов не зависят от входных сигналов, то в соответствии со вторым столбцом таблицы записываем логические выражения для управляющих сигналов.

$$y0 = b1 \vee b6$$

$$y1 = b1$$

$$y2 = b9$$

$$y3 = b1 \vee b3$$

$$y4 = b8$$

$$y5 = b2 \vee b5$$

$$y6 = b10 \vee b11$$

$$y7 = b13$$

$$y8 = b7$$

После выделения общих частей в логических уравнениях и упрощений получаем окончательные выражения для построения функциональной схемы управляющего автомата.

$$q = b1 \neg x1 \quad (2)$$

$$w = b3 \neg x1 \quad (2)$$

$$e = b5 \neg x3 \quad (2)$$

$$t = b5 x3 \quad (2)$$

$$u = b9 x0 \quad (2)$$

$$i = u x2 \quad (2)$$

$$o = u \neg x2 \quad (2)$$

$$p = o x4 \quad (2)$$

$$s = o \neg x4 \neg x5 x6 \quad (4)$$

$$d = b9 \neg x0 \quad (2)$$

$$f = b0 x8 \quad (2)$$

$$h = b2 \neg x8 \quad (2)$$

$$j = b4 \neg x8 \quad (2)$$

$$k = e \neg x5 \quad (2)$$

$$l = b10 \neg x5 \quad (2)$$



$n = l \times 6 \quad (2)$   
 $m = q \vee w \vee b_8 \quad (3)$   
 $qq = p \vee i \vee t \quad (3)$   
 $ww = s \vee n \vee f \quad (3)$   
 $ee = k \vee d \quad (2)$   
 $tt = j \vee h \quad (2)$

$D_3 = m \vee b_3 \times 1 \vee e \times 5 \vee o \neg \times 4 \times 5 \vee qq \vee ee \vee b_{10} \times 5 \quad (16)$   
 $D_2 = f \vee b_2 \times 8 \vee b_4 \times 8 \vee tt \vee b_8 \vee qq \quad (10)$   
 $D_1 = b_0 \neg \times 8 \vee m \vee tt \vee b_7 \vee ww \vee b_{13} \quad (8)$   
 $D_0 = q \vee b_1 \times 1 \neg \times 7 \vee b_6 \neg \times 7 \vee ee \vee i \vee ww \vee o \neg \times 4 \neg \times 5 \neg \times 6 \neg \times 7 \vee l \neg \times 6 \neg \times 7 \vee b_{11} \neg \times 7 \vee b_{12} \neg \times 7 \quad (27)$

$y_0 = b_1 \vee b_6 \quad (2)$   
 $y_1 = b_1 \quad (0)$   
 $y_2 = b_9 \quad (0)$   
 $y_3 = b_1 \vee b_3 \quad (2)$   
 $y_4 = b_8 \quad (0)$   
 $y_5 = b_2 \vee b_5 \quad (2)$   
 $y_6 = b_{10} \vee b_{11} \quad (2)$   
 $y_7 = b_{13} \quad (0)$   
 $y_8 = b_7 \quad (0)$

Инверторы: 9

$$\Sigma = KС + ЭП + НУ + DC = 125 + 16 + 0 + 4 = 145$$

Цена по Квайну автомата модели Мура получилась значительно больше, чем на модели Мили, можно сделать вывод, что цена по Квайну автомата на модели Мура не будет минимальна.

### 8.3 Кодирование внутренних состояний для модели Мили на счетчике

Закодируем состояния таким образом, чтобы рядом стоящие по циклу графа состояния отличались на единицу, то есть последовательно. Переход из одного состояния в другое будет осуществляться подачей сигнала на входы «+1» или «-1» счетчика, сигналы сброса и установки счетчика позволяют закодировать нестандартные переходы. Закодированные состояния представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Коды состояний

a <sub>0</sub>	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>5</sub>	a <sub>6</sub>	a <sub>7</sub>	a <sub>8</sub>
0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000

Далее составляется прямая структурная таблица переходов и выходов автомата Мили и формируются логические выражения для функций возбуждения. Данная таблица представлена в таблице 10.

Таблица 10 - Прямая структурная таблица переходов и выходов

Исходное состояние	Код a <sub>m</sub>	Состояние перехода a <sub>s</sub>	Код a <sub>s</sub>	Входной сигнал	Выходной сигнал	Функции возбуждения
a <sub>0</sub>	0000	a <sub>0</sub>	0000	$\neg x_8$	-	-
		a <sub>1</sub>	0001	x <sub>8</sub>	y <sub>0</sub> y <sub>1</sub> y <sub>3</sub>	+1
a <sub>1</sub>	0001	a <sub>2</sub>	0010	$\neg x_1$	y <sub>5</sub>	+1
		a <sub>8</sub>	1000	x <sub>1</sub>	-	WR – D3
a <sub>2</sub>	0010	a <sub>2</sub>	0010	$\neg x_8$	-	-
		a <sub>3</sub>	0011	x <sub>8</sub>	y <sub>3</sub>	+1
a <sub>3</sub>	0011	a <sub>4</sub>	0100	$\neg x_1$	y <sub>5</sub>	+1
		a <sub>8</sub>	1000	x <sub>1</sub>	y <sub>0</sub>	WR – D3
a <sub>4</sub>	0100	a <sub>0</sub>	0000	x <sub>3</sub>	y <sub>8</sub>	R
		a <sub>5</sub>	0101	$\neg x_3 \neg x_5$	y <sub>4</sub>	+1
		a <sub>8</sub>	1000	$\neg x_3 x_5$	y <sub>0</sub>	WR – D3
a <sub>5</sub>	0101	a <sub>6</sub>	0110	1	y <sub>2</sub>	+1
a <sub>6</sub>	0110	a <sub>0</sub>	0000	x <sub>0</sub> $\neg x_2$ x <sub>4</sub>	y <sub>8</sub>	R
		a <sub>5</sub>	0101	$\neg x_0$	y <sub>4</sub>	-1
		a <sub>7</sub>	0111	x <sub>0</sub> x <sub>2</sub>	y <sub>6</sub>	+1
		a <sub>7</sub>	0111	x <sub>0</sub> $\neg x_2$ $\neg x_4$	-	+1
a <sub>7</sub>	0111	a <sub>8</sub>	1000	x <sub>5</sub>	y <sub>0</sub>	+1
		a <sub>8</sub>	1000	$\neg x_5 \neg x_6$	-	+1
		a <sub>8</sub>	1000	$\neg x_5 x_6$	y <sub>6</sub>	+1
a <sub>8</sub>	1000	a <sub>0</sub>	0000	x <sub>7</sub>	y <sub>7</sub>	R
		a <sub>8</sub>	1000	$\neg x_7$	-	-

Из таблицы 10 получим логические выражения для каждой функции возбуждения счетчика, а также для функций выходов как конъюнкции соответствующих исходных состояний  $a_m$  и входных сигналов, которые объединены знаками дизъюнкции для всех строк, содержащих данную функцию возбуждения или соответственно функцию выхода.

$$+1 = a_0x_8 \vee a_1\bar{x}_1 \vee a_2x_8 \vee a_3\bar{x}_1 \vee a_4\bar{x}_3\bar{x}_5 \vee a_5 \vee a_6x_0x_2 \vee a_6x_0\bar{x}_2\bar{x}_4 \vee a_7x_5 \vee a_7\bar{x}_5\bar{x}_6 \vee a_7\bar{x}_5x_6$$

$$-1 = a_6\bar{x}_0$$

$$R = a_4x_3 \vee a_6x_0\bar{x}_2x_4 \vee a_8x_7$$

$$WR = a_1x_1 \vee a_3x_1 \vee a_4\bar{x}_3x_5$$

$$D_3 = a_1x_1 \vee a_3x_1 \vee a_4\bar{x}_3x_5$$

$$y_0 = a_0x_8 \vee a_3x_1 \vee a_4\bar{x}_3x_5$$

$$y_1 = a_0x_8$$

$$y_2 = a_5$$

$$y_3 = a_0x_8 \vee a_2x_8$$

$$y_4 = a_4\bar{x}_3\bar{x}_5 \vee a_6\bar{x}_0$$

$$y_5 = a_1\bar{x}_1 \vee a_3\bar{x}_1$$

$$y_6 = a_6x_0x_2 \vee a_7\bar{x}_5x_6$$

$$y_7 = a_8x_7$$

$$y_8 = a_4x_3 \vee a_6x_0\bar{x}_2x_4$$

После выделения общих частей в логических выражениях и некоторого их упрощения получаем логические уравнения для построения функциональной схемы управляющего автомата.

$$q = a_0x_8 \quad (2)$$

$$w = a_1\bar{x}_1 \quad (2)$$

$$e = a_2x_8 \quad (2)$$

$$t = a_3\bar{x}_1 \quad (2)$$

$$u = a_4\bar{x}_3 \quad (2)$$

$$i = u\bar{x}_5 \quad (2)$$

$$o = a_3x_1 \vee ux_5 \quad (6)$$

$$p = a_6x_0 \quad (2)$$

$$s = px_2 \vee nx_6 \quad (6)$$

$$d = a_4x_3 \vee lx_4 \quad (6)$$

$$f = a_6\bar{x}_0 \quad (2)$$

$$g = a_8x_7 \quad (2)$$

$$h = a_1x_1 \vee o \quad (4)$$

$$j = w \vee t \quad (2)$$

$$k = q \vee e \quad (2)$$

$l=p \neg x2$	(2)
$n=a7 \neg x5$	(2)
$+1=k \vee j \vee i \vee a5 \vee s \vee l \neg x4 \vee a7x5 \vee n \neg x6$	(14)
$-1 = f$	(0)
$R = d \vee g$	(2)
$WR = h$	(0)
$D3 = h$	(0)
$y0=q \vee o$	(2)
$y1=q$	(0)
$y2=a5$	(0)
$y3=k$	(0)
$y4=i \vee f$	(2)
$y5=j$	(0)
$y6=s$	(0)
$y7=g$	(0)
$y8=d$	(0)

Инверторы:7

$$\Sigma = KC + \text{ЭП} + HY + DC = 75 + 9 + 1 + 4 = 89$$

## 8.4 Кодирование внутренних состояний для модели Мили на RS-триггерах

При кодировании состояний, наилучшим методом является метод соседнего кодирования и, если возможно, следует придерживаться данного метода, однако, по графу автомата Мили видно, что данный метод не применим, так как в нем присутствуют циклы с нечетным числом вершин. Поэтому применяется эвристический метод кодирования.

Составим карту Карно и в процессе алгоритма будем её заполнять.

	00	01	11	10
00	a8	a7	a6	a0
01	a3	a4	a5	
11	a2			
10	a1			

$$T = \begin{array}{|c|c|} \hline 0 & 1 \\ \hline 1 & 2 \\ \hline 1 & 8 \\ \hline 2 & 3 \\ \hline 3 & 4 \\ \hline 3 & 8 \\ \hline 4 & 0 \\ \hline 4 & 5 \\ \hline 4 & 8 \\ \hline 5 & 6 \\ \hline 6 & 0 \\ \hline 6 & 7 \\ \hline 7 & 8 \\ \hline 8 & 0 \\ \hline \end{array}$$

Отсортируем матрицу в соответствии с весом пар, в первую строку поместив пару, с наибольшим весом. Составим матрицу Q, с суммами весов компонентов пар, для ситуаций с равенством весов.

$$Q = \begin{array}{|c|c|} \hline 0 & 1 \\ \hline 1 & 2 \\ \hline 1 & 8 \\ \hline 2 & 3 \\ \hline 3 & 4 \\ \hline 3 & 8 \\ \hline 4 & 0 \\ \hline 4 & 5 \\ \hline 4 & 8 \\ \hline 5 & 6 \\ \hline 6 & 0 \\ \hline 6 & 7 \\ \hline 7 & 8 \\ \hline 8 & 0 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|c|} \hline 7 \\ \hline 5 \\ \hline 8 \\ \hline 5 \\ \hline 7 \\ \hline 8 \\ \hline 8 \\ \hline 6 \\ \hline 9 \\ \hline 5 \\ \hline 7 \\ \hline 9 \\ \hline \end{array}$$

$$M = \begin{array}{|c|c|} \hline 7 & 8 \\ \hline 6 & 7 \\ \hline 5 & 6 \\ \hline 8 & 0 \\ \hline 4 & 8 \\ \hline 4 & 0 \\ \hline 3 & 8 \\ \hline 1 & 8 \\ \hline 6 & 0 \\ \hline 0 & 1 \\ \hline 3 & 4 \\ \hline 4 & 5 \\ \hline 2 & 3 \\ \hline 1 & 2 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|c|} \hline 3 \\ \hline 2 \\ \hline 2 \\ \hline 1 \\ \hline 1 \\ \hline 1 \\ \hline 1 \\ \hline 1 \\ \hline 1 \\ \hline 1 \\ \hline 1 \\ \hline 1 \\ \hline 1 \\ \hline \end{array}$$

Закодируем первые два состояния:  $a_7=0001$ ;  $a_8=0000$ ;

$$M^1 = \begin{array}{|c|c|} \hline 6 & 7 \\ \hline 5 & 6 \\ \hline 8 & 0 \\ \hline 4 & 8 \\ \hline 4 & 0 \\ \hline 3 & 8 \\ \hline 1 & 8 \\ \hline 6 & 0 \\ \hline 0 & 1 \\ \hline 3 & 4 \\ \hline 4 & 5 \\ \hline 2 & 3 \\ \hline 1 & 2 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|c|} \hline 2 \\ \hline 2 \\ \hline 1 \\ \hline 1 \\ \hline 1 \\ \hline 1 \\ \hline 1 \\ \hline 1 \\ \hline 1 \\ \hline 1 \\ \hline 1 \\ \hline 1 \\ \hline 1 \\ \hline \end{array}$$

$$M_6 = \begin{array}{|c|} \hline 6 & 7 \\ \hline 5 & 6 \\ \hline 6 & 0 \\ \hline \end{array}$$

$$B_6 = \{7\}; \quad K_7 = 0001;$$

$$C_7^1 = \{0101, 1001, 0010\};$$

$$D_6^1 = \{0101, 1001, 0011\};$$

$$W_{0101} = W_{1001} = W_{0011} = 2*1=1;$$

$$a_6=0011;$$

$$M^2 = \begin{vmatrix} 5 & 6 & 2 \\ 8 & 0 & 1 \\ 4 & 8 & 1 \\ 4 & 0 & 1 \\ 3 & 8 & 1 \\ 1 & 8 & 1 \\ 6 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 3 & 4 & 1 \\ 4 & 5 & 1 \\ 2 & 3 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \end{vmatrix}$$

$$M_5 = \begin{vmatrix} 5 & 6 \\ 4 & 5 \end{vmatrix} \quad \begin{aligned} B_5 &= \{6\}; K_6 = 0011 \\ C_6^1 &= \{1011, 0111, 0010\} \\ D_5^1 &= \{1011, 0111, 0010\} \\ W_{1011} &= W_{0111} = W_{0010} = 2*1=2; \\ a_5 &= 0111 \end{aligned}$$

$$M^3 = \begin{vmatrix} 8 & 0 & 1 \\ 4 & 8 & 1 \\ 4 & 0 & 1 \\ 3 & 8 & 1 \\ 1 & 8 & 1 \\ 6 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 3 & 4 & 1 \\ 4 & 5 & 1 \\ 2 & 3 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \end{vmatrix}$$

$$M_0 = \begin{vmatrix} 8 & 0 \\ 4 & 0 \\ 0 & 1 \end{vmatrix} \quad \begin{aligned} B_0 &= \{8\} \\ K_8 &= 0000 \\ C_8^1 &= \{0100, 1000, 0010\}; \\ D_0^1 &= \{0100, 1000, 0010\}; \\ W_{0100} &= W_{1000} = W_{0010} = 1*1=1; \\ a_0 &= 0100 \end{aligned}$$

$$M^4 = \begin{vmatrix} 4 & 8 & 1 \\ 3 & 8 & 1 \\ 1 & 8 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 3 & 4 & 1 \\ 4 & 5 & 1 \\ 2 & 3 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \end{vmatrix}$$

$$M_4 = \begin{vmatrix} 4 & 8 \\ 3 & 4 \\ 4 & 5 \end{vmatrix} \quad \begin{aligned} B_4 &= \{8, 5\} \\ K_8 &= 0000; K_5 = 0111; \\ C_8^1 &= \{1000, 0010\}; C_5^1 = \{0101, 0110, 1111\}; \\ D_4^1 &= \{1000, 0101, 0110, 1111\} \\ W_{0101} &= W_{0110} = W_{0010} = 2+1 = 3; \\ W_{1000} &= W_{1111} = 1+4 = 5; \\ a_4 &= 0010; \end{aligned}$$

$$M^5 = \left| \begin{array}{cc|c} 3 & 8 & 1 \\ 1 & 8 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 3 & 4 & 1 \\ 2 & 3 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \end{array} \right| \quad M_3 = \left| \begin{array}{cc|c} 3 & 8 & \\ 3 & 4 & \\ 2 & 3 & \end{array} \right| \quad B_3 = \{8, 4\}; K_8 = 0000; K_4 = 0101;$$

$$C_8^1 = \{1000, 0100\}; C_4^1 = \{1101\}$$

$$D_3^1 = \{1000, 0100, 1101\}$$

$$W_{1000} = 1+3=4; W_{0100} = 1+1=2; W_{1101} = 3+1=4;$$

$$a_3 = 0100$$

$$M^6 = \left| \begin{array}{cc|c} 1 & 8 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 2 & 3 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \end{array} \right| \quad M_1 = \left| \begin{array}{cc|c} 1 & 8 & \\ 0 & 1 & \\ 1 & 2 & \end{array} \right| \quad B_1 = \{8\}; K_8 = 0000;$$

$$C_8^1 = D_1^1 = \{1000\}$$

$$a_1 = 1000$$

$$M^7 = M_2 = \left| \begin{array}{cc|c} 2 & 3 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \end{array} \right| \quad B_2 = \{3, 1\}; K_3 = 0100; K_1 = 1000;$$

$$C_3^1 = \{0110, 1100\}; C_1^1 = \{1100, 1001, 1010\}$$

$$D_2^1 = \{0110, 1100, 1001, 1010\}$$

$$W_{0110} = W_{1001} = W_{1010} = 1+3=4; W_{1100} = 1+1=2;$$

$$a_2 = 1100$$

Эффективность кодирования:  $k = 17/14 = 1.214$

Получившиеся коды состояний представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Коды состояний

Состояние	$a_0$	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$	$a_6$	$a_7$	$a_8$
Код	0010	1000	1100	0100	0101	0111	0011	0001	0000



Далее составляется прямая структурная таблица переходов и выходов автомата Мили и по известному правилу формируются логические выражения для функций возбуждения. Прямая структурная таблица переходов и выходов автомата Мили представлена в таблице 12.

Таблица 12 - Прямая структурная таблица переходов и выходов

Исходное состояние	Код $a_m$	Состояние перехода $a_s$	Код $a_s$	Входной сигнал	Выходной сигнал	Функции возбуждения
a0	0010	a0	0010	$\neg x_8$	-	-
		a1	1000	$x_8$	$y_0 y_1 y_3$	S3R1
a1	1000	a2	1100	$\neg x_1$	$y_5$	S2
		a8	0000	$x_1$	-	R3
a2	1100	a2	1100	$\neg x_8$	-	-
		a3	0100	$x_8$	$y_3$	R3
a3	0100	a4	0101	$\neg x_1$	$y_5$	S0
		a8	0000	$x_1$	$y_0$	R2
a4	0101	a0	0010	$x_3$	$y_8$	R2S1R0
		a5	0111	$\neg x_3 \neg x_5$	$y_4$	S1
		a8	0000	$\neg x_3 x_5$	$y_0$	R2R0
a5	0111	a6	0011	1	$y_2$	S2
a6	0011	a0	0010	$x_0 \neg x_2 x_4$	$y_8$	S0
		a5	0111	$\neg x_0$	$y_4$	S2
		a7	0001	$x_0 x_2$	$y_6$	R1
		a7	0001	$x_0 \neg x_2 \neg x_4$	-	R1
a7	0001	a8	0000	$x_5$	$y_0$	R0
		a8	0000	$\neg x_5 \neg x_6$	-	R0
		a8	0000	$\neg x_5 x_6$	$y_6$	R0
a8	0000	a0	0010	$x_7$	$y_7$	S1
		a8	0000	$\neg x_7$	-	-

Логические выражения для каждой функции возбуждения RS-триггера получают по таблице как конъюнкции соответствующих исходных состояний  $a_m$  и входных сигналов, которые объединены знаками дизъюнкции для всех строк, содержащих данную функцию возбуждения.

$$S0 = a_3 \neg x_1 \vee a_6 x_0 \neg x_2 x_4$$

$$S1 = a_4 x_3 \vee a_8 x_7 \vee a_4 \neg x_3 \neg x_5$$

$$S2 = a_1 \neg x_1 \vee a_5 \vee a_6 \neg x_0$$

$$S3 = a_0 x_8$$

$$R0 = a_4 x_3 \vee a_4 \neg x_3 x_5 \vee a_7 x_8 \vee a_7 \neg x_5 \neg x_6 \vee a_7 \neg x_5 x_6$$

$$R1 = a_0 x_8 \vee a_6 x_0 x_2 \vee a_6 x_0 \neg x_2 \neg x_4$$

$$R2 = a_3 x_1 \vee a_4 x_3 \vee a_4 \neg x_3 x_5$$

$$R3 = a_1 x_1 \vee a_2 x_8$$

Аналогично составляются логические выражения для функций выходов.

$$\begin{aligned}y_0 &= a_0x_8 \vee a_3x_1 \vee a_4\neg x_3x_5 \\y_1 &= a_0x_8 \\y_2 &= a_5 \\y_3 &= a_0x_8 \vee a_2x_8 \\y_4 &= a_4\neg x_3\neg x_5 \vee a_6\neg x_0 \\y_5 &= a_1\neg x_1 \vee a_3\neg x_1 \\y_6 &= a_6x_0x_2 \vee a_7\neg x_5x_6 \\y_7 &= a_8x_7 \\y_8 &= a_4x_3 \vee a_6x_0\neg x_2x_4\end{aligned}$$

После выделения общих частей в логических выражениях и некоторого их упрощения получаем логические уравнения для построения функциональной схемы УА.

$$\begin{aligned}q &= a_3\neg x_1 & (2) \\w &= a_6x_0 & (2) \\e &= wx_2 & (2) \\t &= w\neg x_2x_4 & (3) \\u &= a_4x_3 & (2) \\i &= a_8x_7 & (2) \\o &= a_1\neg x_1 & (2) \\p &= a_6\neg x_0 & (2) \\s &= a_0x_8 & (2) \\d &= a_4\neg x_3 & (2) \\f &= dx_5 & (2) \\g &= a_7\neg x_5x_6 & (3) \\h &= a_3x_1 \vee f & (4) \\j &= a_2x_8 & (2) \\k &= d\neg x_5 & (2)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}S_0 &= q \vee t & (2) \\S_1 &= u \vee i \vee k & (2) \\S_2 &= o \vee a_5 \vee p & (3) \\S_3 &= s & (0) \\R_0 &= u \vee f \vee a_7(x_8 \vee \neg x_5\neg x_6) \vee g & (9) \\R_1 &= s \vee e \vee w\neg x_2\neg x_4 & (6) \\R_2 &= h \vee u & (2) \\R_3 &= a_1x_1 \vee j & (4)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}y_0 &= s \vee h & (2) \\y_1 &= s & (0) \\y_2 &= a_5 & (0) \\y_3 &= s \vee j & (2)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y_4 &= k \vee p & (2) \\
 y_5 &= o \vee q & (2) \\
 y_6 &= e \vee g & (2) \\
 y_7 &= i & (0) \\
 y_8 &= u \vee t & (2)
 \end{aligned}$$

Инверторы: 7

$$\Sigma = KC + \text{ЭП} + \text{НУ} + DC = 81 + 12 + 17 + 4 = 114$$

## 9 Построение функциональной схемы управляющего автомата

Наиболее оптимальной ценой по Квайну обладает модель автомата Мили на счетчике. Ее цена составляет 89, поэтому автомат будет строиться для этой модели.

Функциональная схема построена в основном логическом базисе в полном соответствии с приведенной для модели Мили системой логических уравнений для выходов и функций возбуждения ЭП.

Функциональная схема УА представлена в приложении Е.

## 10 Заключение

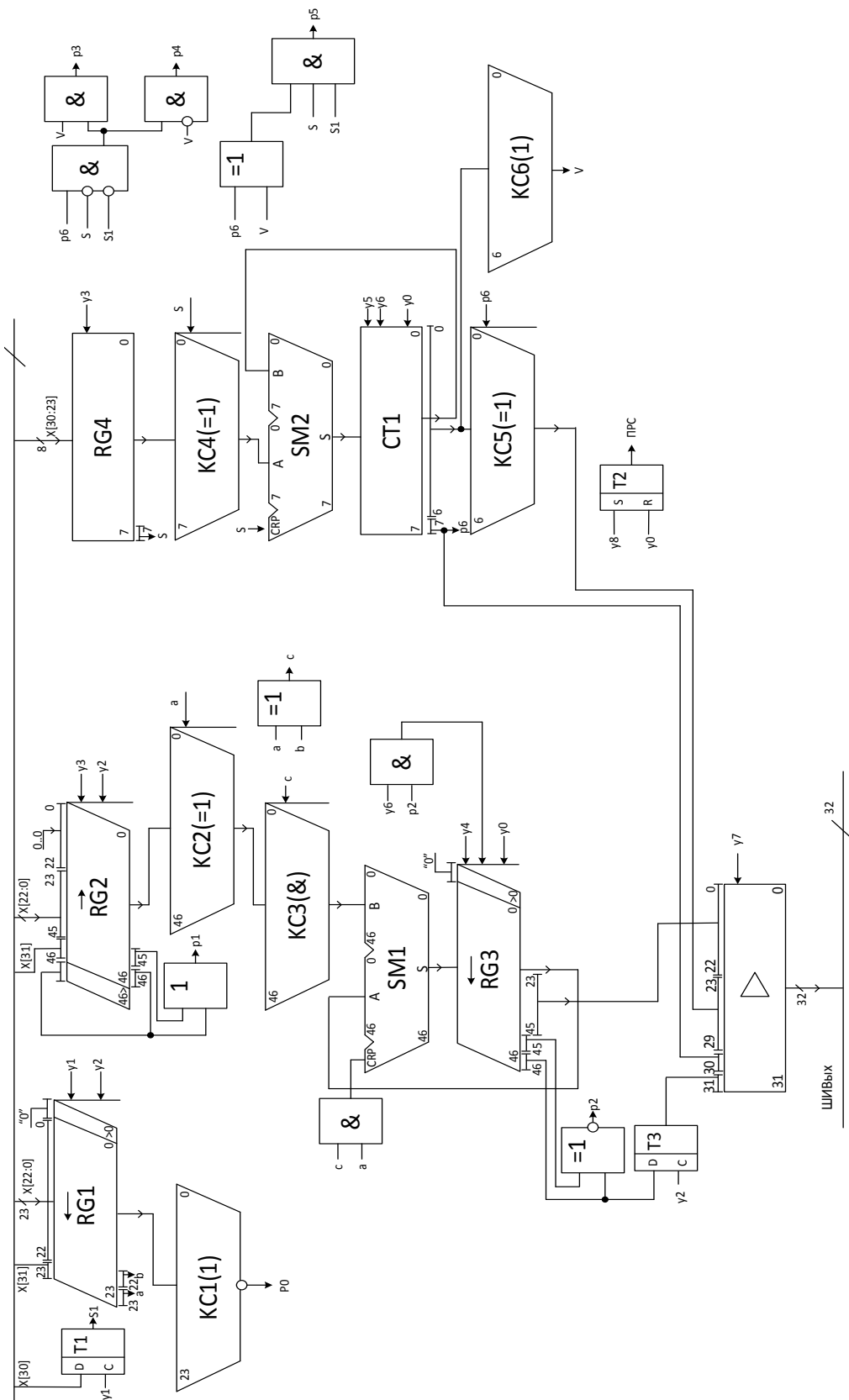
В ходе курсового проекта был синтезирован автомат с жесткой логикой, выполняющий умножение двоичных чисел в форме с плавающей запятой и порядками в дополнительном коде четвертым способом с автоматической коррекцией. Управляющий автомат был синтезирован по модели Мили с использованием счетчика, так как цена по Квайну, равная 89 для данного автомата получилась наименьшей.

					ТПЖА.09.03.01.071	Лист
						36
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

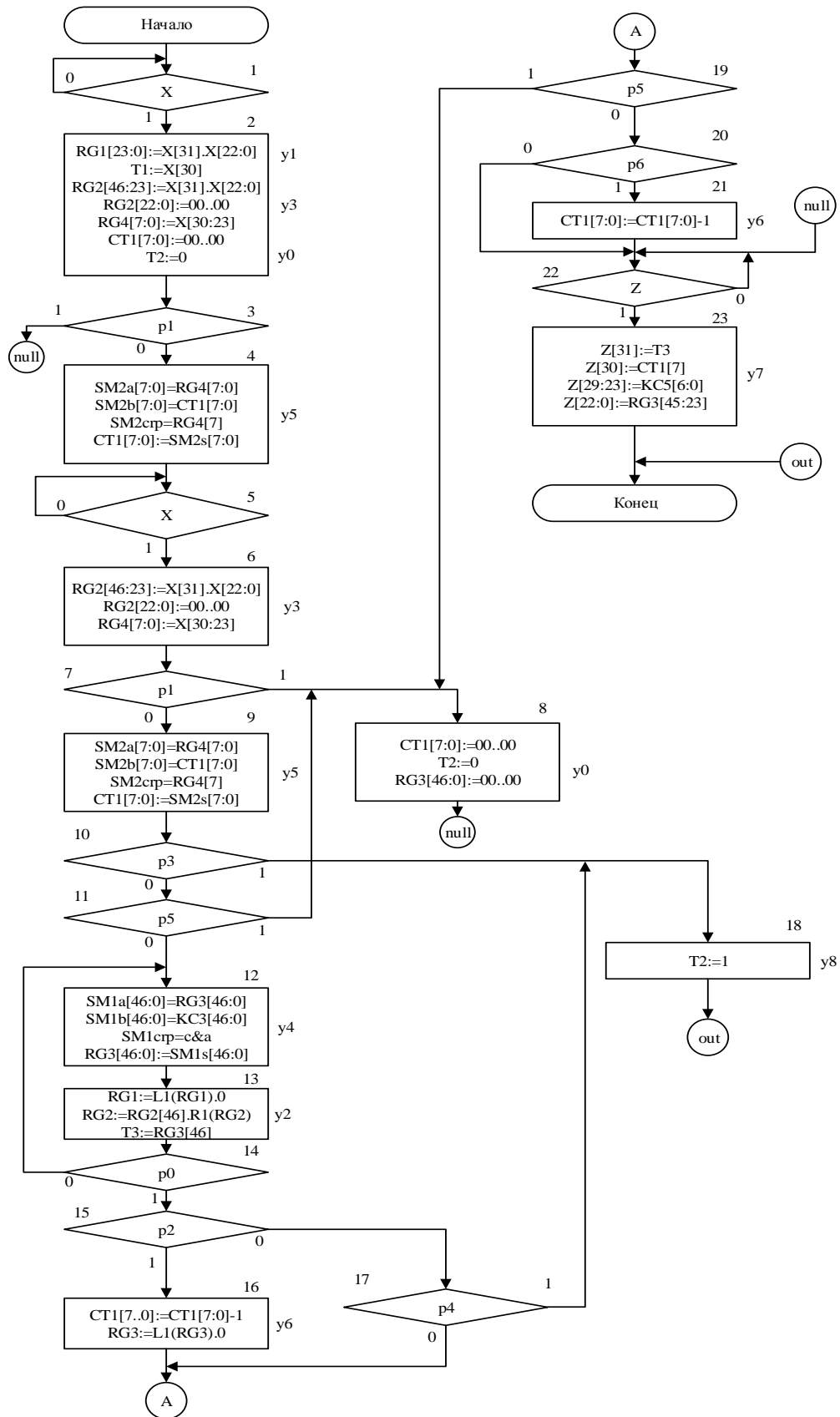
## Библиографический список

1. Мельцов, В.Ю. Синтез микропрограммных управляющих автоматов [Текст]: Учеб. пособие / В. Ю. Мельцов, Т. Р. Фадеева – ВятГУ, ФАВТ, каф. ЭВМ. - Киров: [б. и.], 2000. - 54с.
2. Мельцов, В.Ю. Применение САПР Quartus для синтеза абстрактных и структурных автоматов. Учебное пособие [Текст] – Киров: ГОУ ВПО ВятГУ, 2011. – 86с.

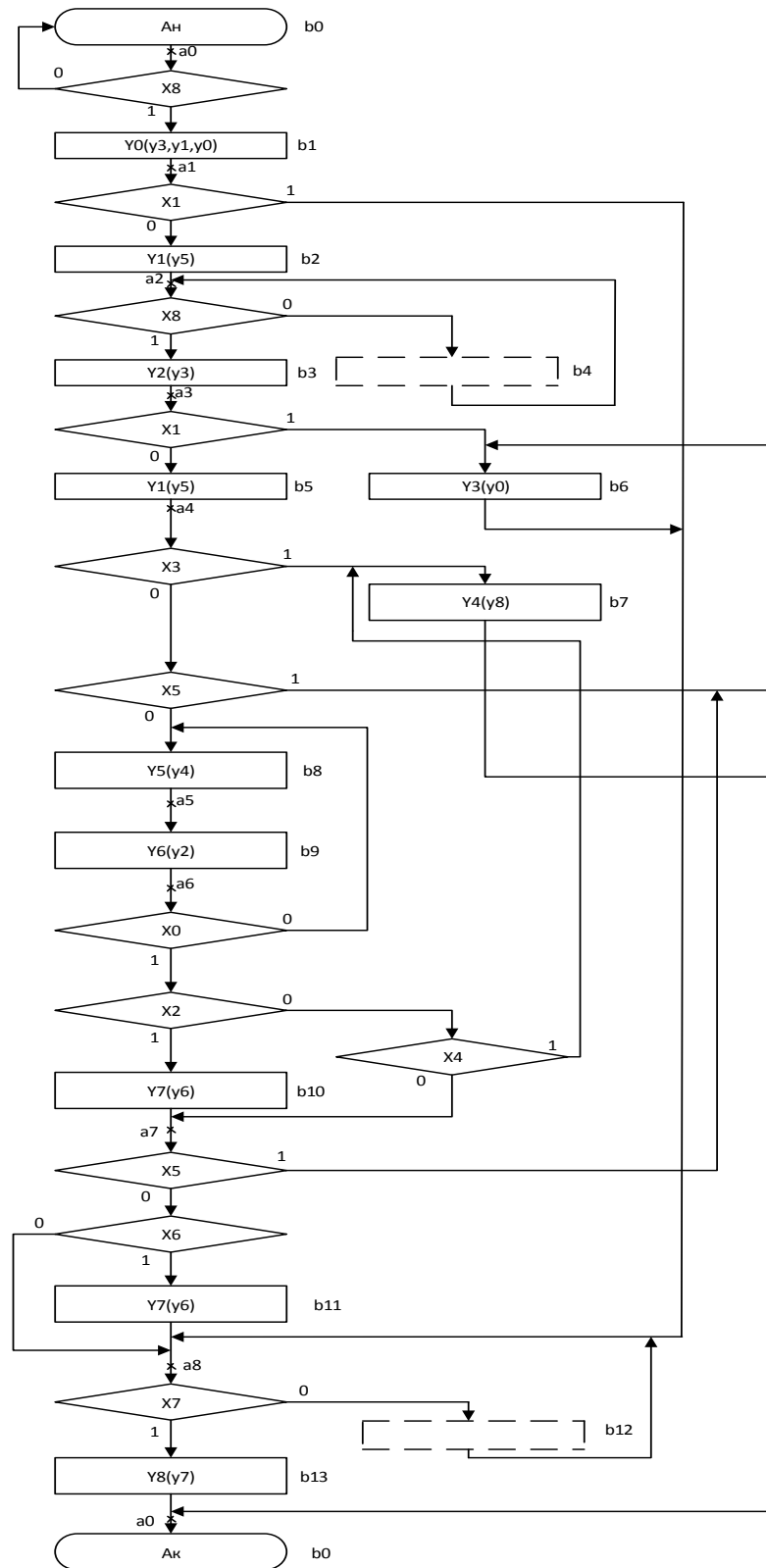
# Приложение А (Обязательное) Схема операционного автомата



Приложение Б  
(Обязательное)  
Содержательная граф-схема алгоритма

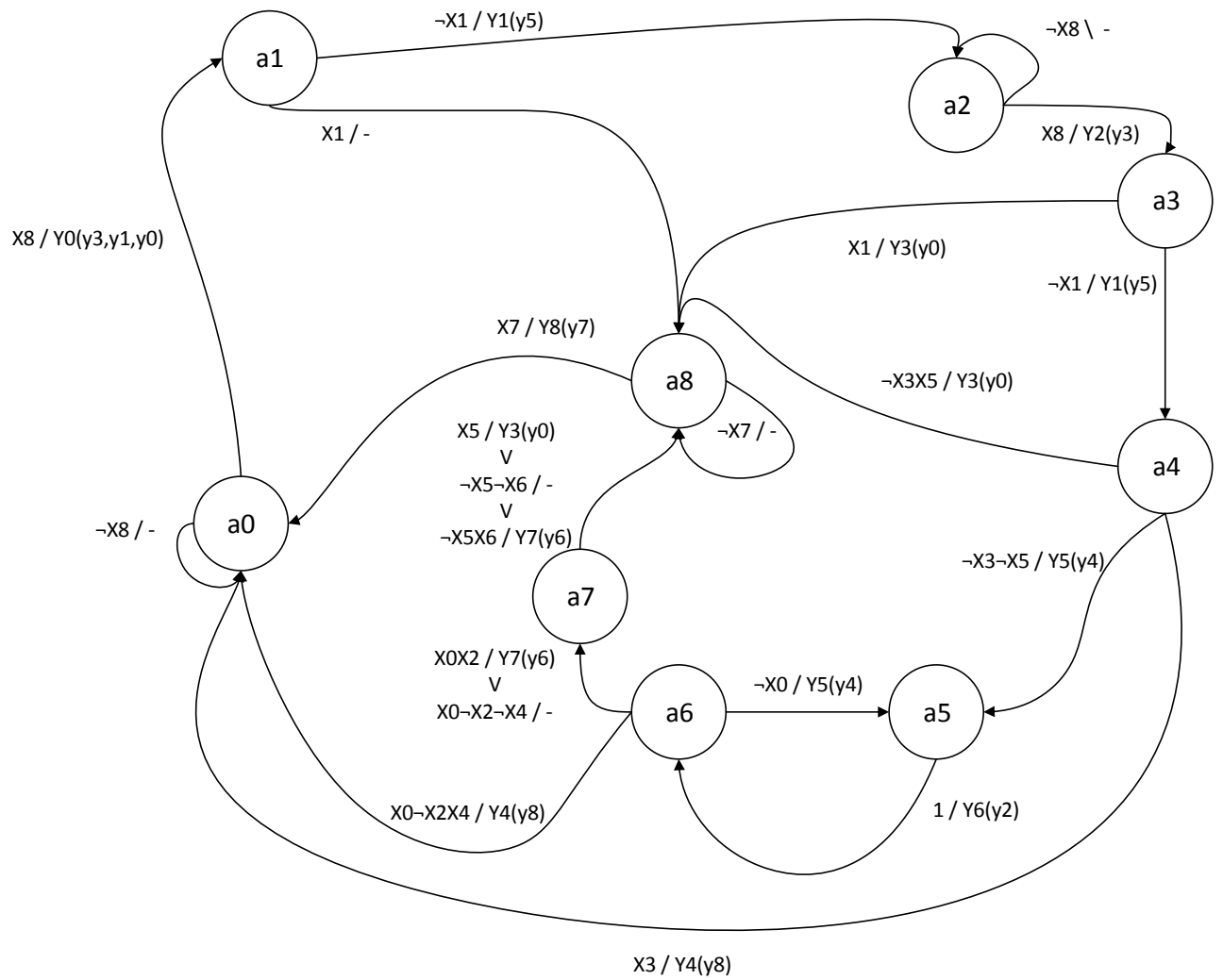


Приложение В  
(Обязательное)  
Отмеченная граф-схема алгоритма

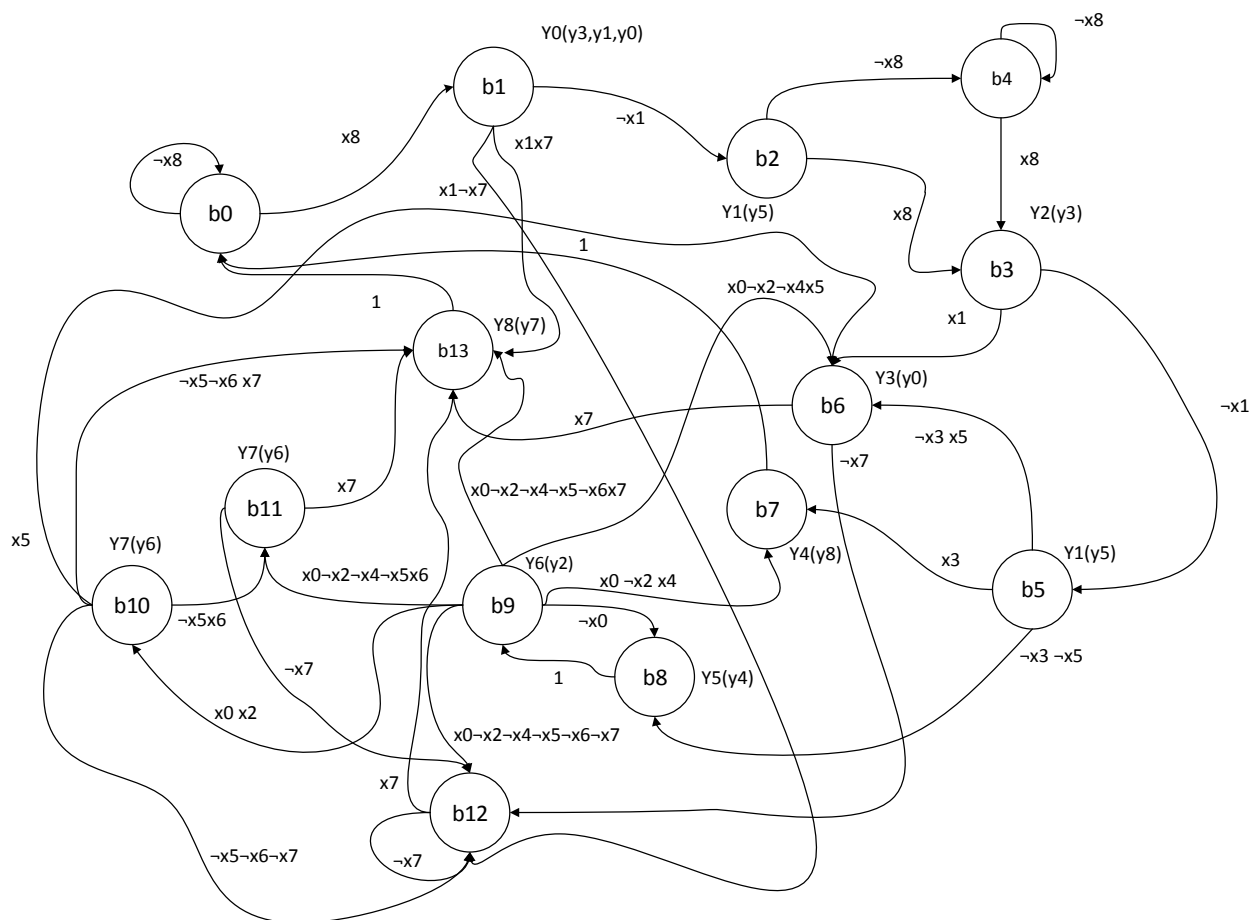




Приложение Г  
(Обязательное)  
Граф автомата Мили



Приложение Д  
(Обязательное)  
Граф автомата Мура



Приложение Е  
(Обязательное)  
Функциональная схема управляющего автомата

