

Тема 13. Абстрактные и структурные автоматы. Память автомата, триггеры. Канонический метод синтеза структурного автомата

Контрольные вопросы

1. Какой автомат называется абстрактным, структурным?
2. Какие существуют способы задания абстрактных автоматов?
3. В чем отличие автоматов Мили и Мура, способов их задания?
4. В чем состоит канонический метод синтеза автоматов по таблицам переходов, выходов?
5. Как определяется разрядность кода для кодирования множеств Z , W и A ?

Канонический метод структурного синтеза автомата Мили

Ниже приведен пример канонического метода синтеза структурного автомата Мили, заданного таблицами переходов и выходов, описывающих поведение абстрактного автомата. Более подробно данный метод синтеза рассмотрен в [4, с. 142–147]. Для синтеза блока памяти будем использовать, например, JK -триггеры. Исходные данные для выполнения синтеза структурной схемы приведены в таблице переходов (табл. 13.1) и таблице выходов (табл. 13.2).

Определяем вначале общее количество входов (L), выходов (N) и элементов памяти автомата (R):

$$L = \lceil \log_2 Z \rceil = \lceil \log_2 4 \rceil = 2,$$

$$N = \lceil \log_2 W \rceil = \lceil \log_2 5 \rceil = 3,$$

$$R = \lceil \log_2 A \rceil = \lceil \log_2 3 \rceil = 2.$$

Таблица 13.1

δ	a_1	a_2	a_3
z_1	a_2	a_2	—
z_2	a_3	a_3	a_2
z_3	a_3	a_3	a_3
z_4	—	a_1	—

Таблица 13.2

λ	a_1	a_2	a_3
z_1	w_1	w_2	—
z_2	w_2	w_2	w_4
z_3	w_3	w_5	w_3
z_4	—	w_4	—

Структурная схема автомата, который должен быть построен в процессе выполнения канонического метода, изображена на рис. 13.1.

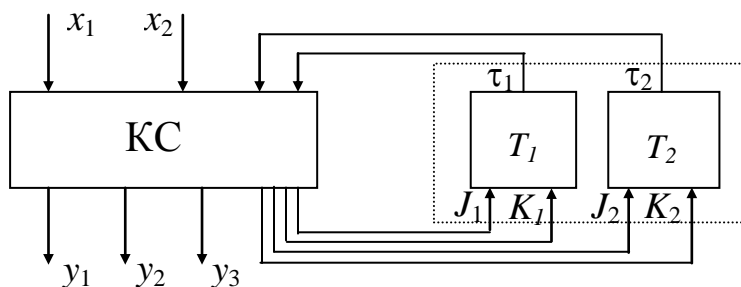


Рис. 13.1. Структурная схема автомата

На основании полученных значений L , N и R выполним кодирование входного, выходного алфавита и внутренних состояний автомата (табл. 13.3–13.5).

Таблица 13.3

$Z \backslash X$	x_1	x_2
z_1	0	0
z_2	0	1
z_3	1	0
z_4	1	1

Таблица 13.4

$W \backslash Y$	y_1	y_2	y_3
w_1	0	0	0
w_2	0	0	1
w_3	0	1	0
w_4	0	1	1
w_5	1	0	0

Таблица 13.5

$A \backslash T$	τ_1	τ_2
a_1	0	0
a_2	0	1
a_3	1	0

По результатам кодирования строим таблицы переходов (табл. 13.6) и выходов (табл. 13.7) структурного автомата.

Таблица 13.6

$\tau_1 \tau_2$	00	01	10
$x_1 x_2$	a_1	a_2	a_3
00 z_1	01	01	—
01 z_2	10	10	01
10 z_3	10	10	10
11 z_4	—	00	—

Таблица 13.7

$\tau_1 \tau_2$	00	01	10
$x_1 x_2$	a_1	a_2	a_3
00 z_1	000 w_1	001 w_2	—
01 z_2	001 w_2	001 w_2	011 w_4
10 z_3	010 w_3	100 w_5	010 w_3
11 z_4	—	011 w_4	—

$y_1 y_2 y_3$ $y_1 y_2 y_3$

Используя таблицу работы JK -триггера (табл. 13.8) внесем изменения в таблицу функций возбуждения элементов памяти (см. табл. 13.6), построенную для случая реализации блока памяти на основе D -триггера.

Таблица 13.8

Q_t	JK			
	00	01	10	11
0	0	0	1	1
1	1	0	1	0

Для пояснения, ниже показаны значения сигналов R и S подаваемых на триггер для перевода его из старого состояния в новое:

$$\begin{aligned} 0 \rightarrow 0 & - \bar{J} -, & 1 \rightarrow 0 & - -K, \\ 0 \rightarrow 1 & - J -, & 1 \rightarrow 1 & - -\bar{K}. \end{aligned}$$

Таблица 13.9

$\tau_1\tau_2$	00	01	10
x_1x_2	a_1	a_2	a_3
00 z_1	0-1-	0--0	—
01 z_2	1-0-	1--1	-11-
10 z_3	1-0-	1--1	-00-
11 z_4	—	0--1	—

$\downarrow \downarrow \downarrow \downarrow$
 $J_1 K_1 J_2 K_2$

В результате этого будет получена новая таблица переходов (табл. 13.9).

На основании полученных табл. 13.7 и 13.9, которые можно рассматривать как таблицы истинности, может быть записана система булевых функций для построения комбинационной схемы автомата.

Далее, для примера реализации комбинационной схемы, будем рассматривать систему булевых функций, содержащую функции выходов y_1 и y_2 и функции возбуждения элементов памяти J_1 и K_1 . Для упрощения комбинационной схемы выполним минимизацию каждой из булевых функций.

Для этого используем метод минимизирующих карт Карно. Карты для данных функций приведены на рис. 13.2.

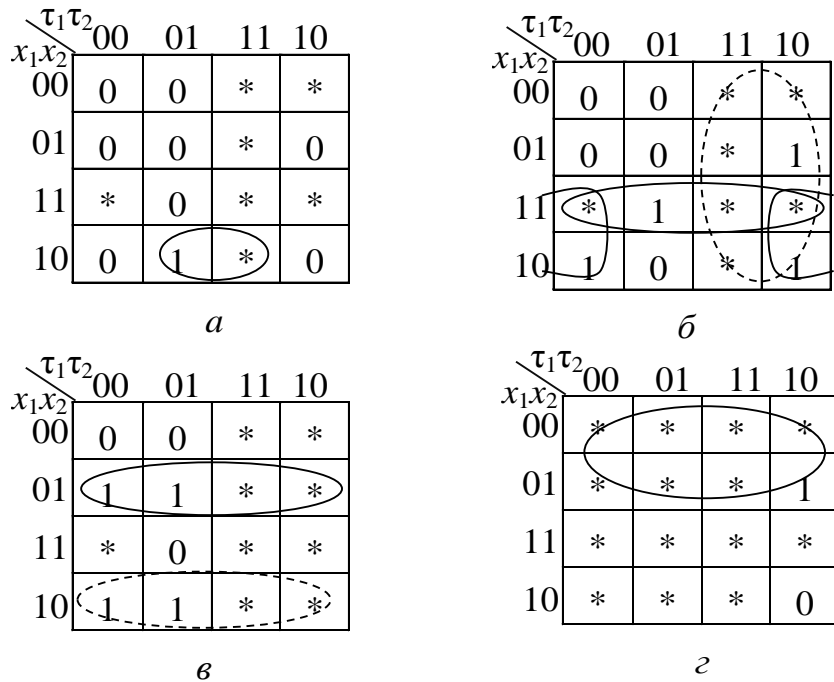


Рис. 13.2. Карты Карно для минимизации булевых функций: a – функция y_1 ; $б$ – функция y_2 ; $в$ – функция J_1 ; $г$ – функция K_1

По результатам минимизации запишем систему минимальных функций:

$$y_1 = \tau_2 x_1 \bar{x}_2,$$

$$y_2 = \bar{\tau}_2 x_1 \vee x_1 x_2 \vee \tau_1,$$

$$J_1 = \bar{x}_1 x_2 \vee x_1 \bar{x}_2,$$

$$K_1 = \bar{x}_1.$$

На рис. 13.3 изображена логическая схема, построенная на основании полученной системы булевых функций (y_1, y_2, J_1 и K_1). Преобразования для остальных функций (y_3, J_2 и K_2) выполняются аналогично.

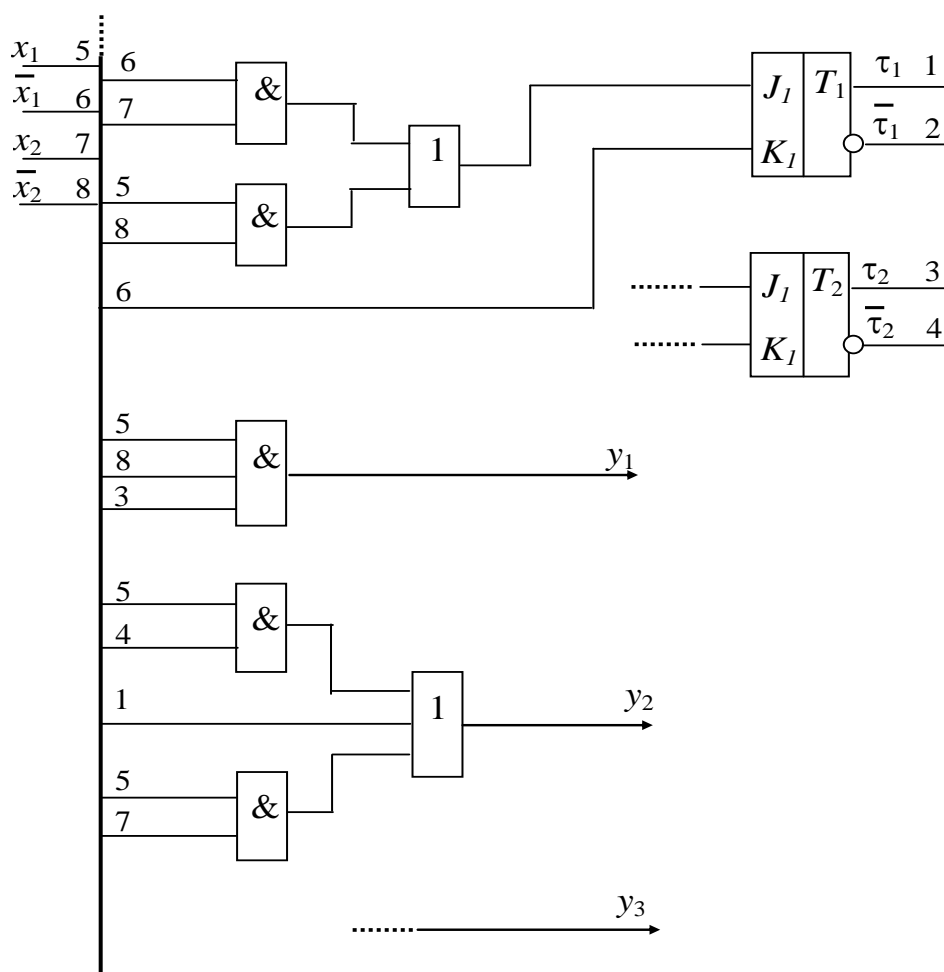


Рис. 13.3. Логическая схема автомата Мили

Канонический метод структурного синтеза автомата Мура

Далее рассмотрим канонический метод на примере синтеза структурного автомата Мура, блок памяти которого построим на RS -триггерах. Как и ранее, более подробно данный метод синтеза рассмотрен в [4, с. 147–150]. Исходные данные для выполнения синтеза структурной схемы заданы совмещенной таблицей переходов и выходов (табл. 13.10).

Таблица 13.10

λ	w_1	w_2	w_4	w_3
δ	a_1	a_2	a_3	a_4
z_1	a_2	a_3	a_4	—
z_2	a_3	—	a_3	a_2
z_3	—	a_2	a_4	a_1

Как и в предыдущем примере вначале определим общее количество входов, выходов и элементов памяти структурного автомата: $L = 2, N = 2, R = 2$.

Структурная схема автомата изображена на рис. 13.4.

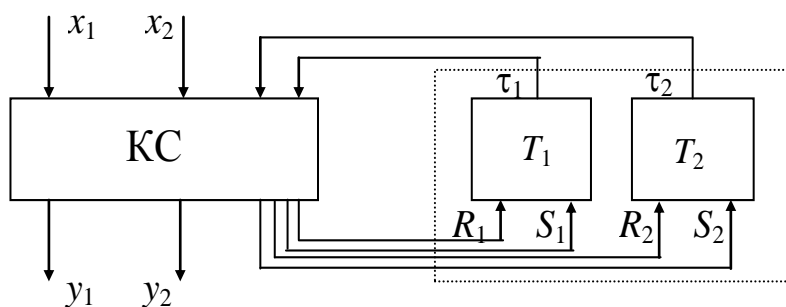


Рис. 13.4. Структурная схема автомата Мура

Выполним кодирование входного, выходного алфавита и внутренних состояний автомата (табл. 13.11 – 13.13).

Таблица 13.11

$z \backslash x$	x_1	x_2
z_1	0	0
z_2	0	1
z_3	1	0
z_4	1	1

Таблица 13.12

$w \backslash y$	y_1	y_2
w_1	0	0
w_2	0	1
w_3	1	0
w_4	1	1

Таблица 13.13

$a \backslash t$	τ_1	τ_2
a_1	0	0
a_2	0	1
a_3	1	0
a_4	1	1

Результаты кодирования занесем в исходную таблицу переходов – выходов (табл. 13.10), в результате получим табл. 13.14.

Внесем изменения в значения кодов состояний переходов в соответствии с принципом работы RS -триггера, приведенного в таблице 13.15.

Таблица 13.14

$y_1 y_2$	$y_1 y_2$	$y_1 y_2$	$y_1 y_2$
00	01	11	10
w_1	w_2	w_4	w_3
$\tau_1 \tau_2$	00	01	10
a_1	a_2	a_3	a_4
00	01	10	11
z_1	10	—	10
z_2	—	01	11
z_3	—	—	—

Таблица 13.15

Q_t	$R \ S$			
	00	01	10	11
0	0	1	0	X
1	1	1	0	X

Как и ранее, для пояснения, ниже показаны значения сигналов R и S подаваемых на триггер для перевода его из старого состояния в новое:

$$\begin{aligned}
 0 \rightarrow 0 & - \overline{S}, & 1 \rightarrow 0 & - \overline{R} S, \\
 0 \rightarrow 1 & - \overline{R} S, & 1 \rightarrow 1 & - \overline{R}.
 \end{aligned}$$

Используя приведенные выше пояснения работы RS -триггера, построим новую, перекодированную, таблицу переходов (табл. 13.16).

На основании табл. 13.16 может быть записана система булевых функций для построения комбинационной схемы автомата:

Таблица 13.16

	$y_1 y_2$	00	01	11	10
	w_1	w_2	w_4	w_3	
$\tau_1 \tau_2$	00	01	10	11	
$x_1 x_2$	a_1	a_2	a_3	a_4	
00	z_1	-001	0110	0-01	-
01	z_2	01-0	-	0--0	100-
10	z_3	-	-00-	0-01	1010

$$R_1 = \tau_1 \tau_2 \bar{x}_1 x_2 \vee \tau_1 \tau_2 x_1 \bar{x}_2,$$

$$S_1 = \bar{\tau}_1 \bar{\tau}_2 \bar{x}_1 x_2 \vee \bar{\tau}_1 \tau_2 \bar{x}_1 \bar{x}_2,$$

$$R_2 = \bar{\tau}_1 \tau_2 \bar{x}_1 \bar{x}_2 \vee \tau_1 \tau_2 x_1 \bar{x}_2,$$

$$S_2 = \bar{\tau}_1 \bar{\tau}_2 \bar{x}_1 x_2 \vee \tau_1 \bar{\tau}_2 \bar{x}_1 x_2 \vee \tau_1 \bar{\tau}_2 x_1 \bar{x}_2,$$

$$y_1 = \bar{\tau}_1 \bar{\tau}_2 \vee \tau_1 \tau_2,$$

$$y_2 = \bar{\tau}_1 \tau_2 \vee \tau_1 \bar{\tau}_2.$$

Для упрощения комбинационной схемы выполним минимизацию каждой из булевых функций. Для этого используем метод минимизирующих карт Карно. На рис. 13.5 изображены четыре карты Карно для минимизации булевых функций R_1 , S_1 , R_2 и S_2 . Как и в примере синтеза автомата Мили, в карты Карно внесены символы «*» в клетки, соответствующие наборам входных значений, на которых функции не определены.

$\tau_1 \tau_2$	00	01	11	10
$x_1 x_2$				
00	*	0	*	0
01	0	*	1	0
11	*	*	*	*
10	*	*	1	0

а

$\tau_1 \tau_2$	00	01	11	10
$x_1 x_2$				
00	0	1	*	*
01	1	*	0	*
11	*	*	*	*
10	*	0	0	*

б

$\tau_1 \tau_2$	00	01	11	10
$x_1 x_2$				
00	1	0	*	1
01	0	*	*	0
11	*	*	*	*
10	*	*	0	1

в

$\tau_1 \tau_2$	00	01	11	10
$x_1 x_2$				
00	0	1	*	0
01	*	*	0	*
11	*	*	*	*
10	*	0	1	0

г

Рис. 13.5. Карты Карно для минимизации булевых функций
а – функция R_1 ; б – функция S_1 ; в – функция S_2 ; г – функция R_2 .

Для получения минимальной ДНФ функций y_1 и y_2 в этом примере не требуется использовать карты Карно.

По результатам минимизации запишем систему минимальных функций:

$$R_1 = \tau_2 x_1 \vee \tau_1 \tau_2 x_2,$$

$$S_1 = \bar{\tau}_1 x_2 \vee \bar{\tau}_1 \tau_2 \bar{x}_1,$$

$$R_2 = \bar{\tau}_1 \tau_2 x_1 \vee \tau_1 \tau_2 x_1,$$

$$S_2 = \bar{\tau}_2 x_2,$$

$$y_1 = \tau_1,$$

$$y_2 = \bar{\tau}_1 \tau_2 \vee \tau_1 \tau_2.$$

На рис. 13.6 изображена логическая схема, построенная на основании полученной системы булевых функций. При построении схемы использованы элементы «И» и «ИЛИ».

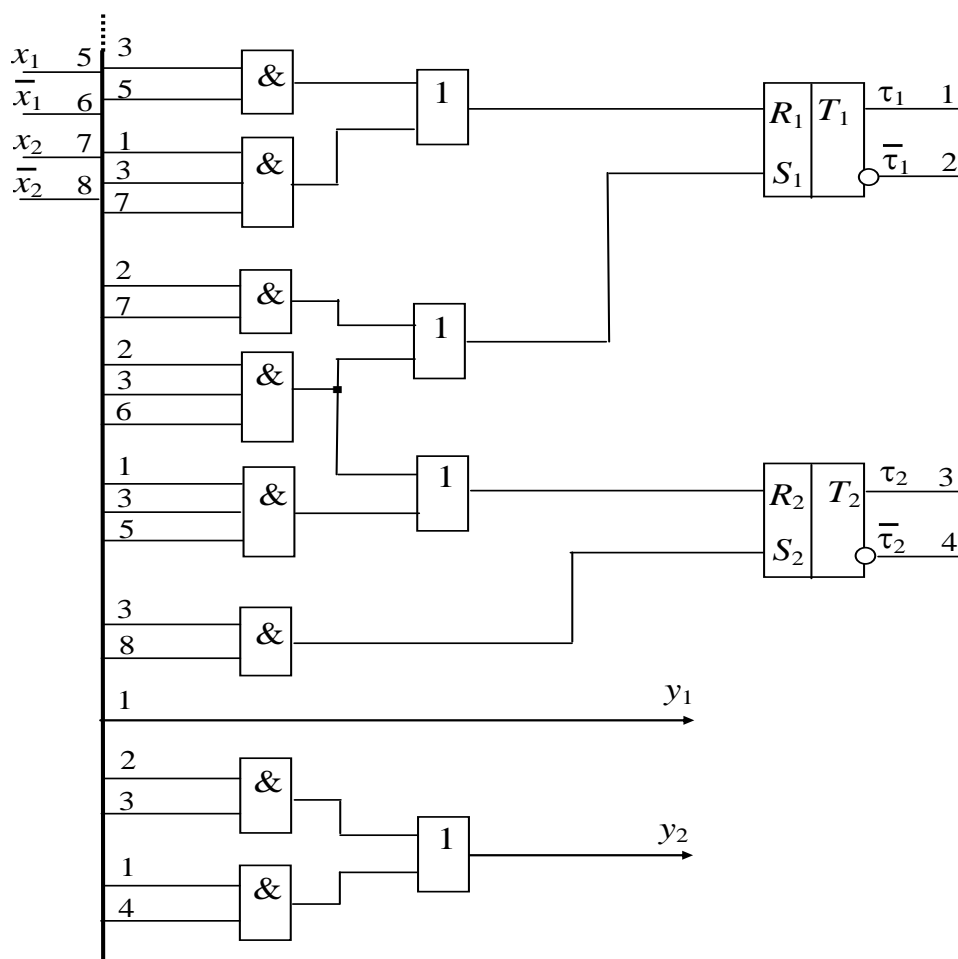


Рис. 13.6. Логическая схема автомата Мура

Практические задания

При выполнении приведенных ниже заданий блок памяти автомата реализовать на следующих триггерах:

- а) D -триггерах; б) T -триггерах;
в) RS -триггерах; г) JK -триггерах.

По результату выполненного синтеза построить логическую схему в базисе. В качестве элементного базиса использовать:

- 1) И, ИЛИ, НЕ; 2) И, НЕ; 3) ИЛИ, НЕ; 4) И-НЕ; 5) ИЛИ-НЕ.

1. Выполнить синтез структурного автомата Мили по таблицам переходов и выходов, изображенных ниже.

а)	<table> <tr><th>δ</th><th>a_1</th><th>a_2</th><th>a_3</th></tr> <tr><td>z_1</td><td>—</td><td>a_2</td><td>a_2</td></tr> <tr><td>z_2</td><td>a_2</td><td>a_3</td><td>a_3</td></tr> <tr><td>z_3</td><td>—</td><td>a_1</td><td>—</td></tr> </table>	δ	a_1	a_2	a_3	z_1	—	a_2	a_2	z_2	a_2	a_3	a_3	z_3	—	a_1	—	<table> <tr><th>λ</th><th>a_1</th><th>a_2</th><th>a_3</th></tr> <tr><td>z_1</td><td>—</td><td>w_3</td><td>w_1</td></tr> <tr><td>z_2</td><td>w_1</td><td>w_2</td><td>w_4</td></tr> <tr><td>z_3</td><td>—</td><td>w_3</td><td>—</td></tr> </table>	λ	a_1	a_2	a_3	z_1	—	w_3	w_1	z_2	w_1	w_2	w_4	z_3	—	w_3	—	б)	<table> <tr><th>δ</th><th>a_1</th><th>a_2</th><th>a_3</th></tr> <tr><td>z_1</td><td>a_2</td><td>a_2</td><td>—</td></tr> <tr><td>z_2</td><td>a_1</td><td>a_3</td><td>a_3</td></tr> <tr><td>z_3</td><td>—</td><td>a_2</td><td>—</td></tr> </table>	δ	a_1	a_2	a_3	z_1	a_2	a_2	—	z_2	a_1	a_3	a_3	z_3	—	a_2	—	<table> <tr><th>λ</th><th>a_1</th><th>a_2</th><th>a_3</th></tr> <tr><td>z_1</td><td>w_4</td><td>w_3</td><td>—</td></tr> <tr><td>z_2</td><td>w_1</td><td>w_2</td><td>w_3</td></tr> <tr><td>z_3</td><td>—</td><td>w_3</td><td>—</td></tr> </table>	λ	a_1	a_2	a_3	z_1	w_4	w_3	—	z_2	w_1	w_2	w_3	z_3	—	w_3	—																										
δ	a_1	a_2	a_3																																																																																												
z_1	—	a_2	a_2																																																																																												
z_2	a_2	a_3	a_3																																																																																												
z_3	—	a_1	—																																																																																												
λ	a_1	a_2	a_3																																																																																												
z_1	—	w_3	w_1																																																																																												
z_2	w_1	w_2	w_4																																																																																												
z_3	—	w_3	—																																																																																												
δ	a_1	a_2	a_3																																																																																												
z_1	a_2	a_2	—																																																																																												
z_2	a_1	a_3	a_3																																																																																												
z_3	—	a_2	—																																																																																												
λ	a_1	a_2	a_3																																																																																												
z_1	w_4	w_3	—																																																																																												
z_2	w_1	w_2	w_3																																																																																												
z_3	—	w_3	—																																																																																												
в)	<table> <tr><th>δ</th><th>a_1</th><th>a_2</th><th>a_3</th></tr> <tr><td>z_1</td><td>a_1</td><td>a_2</td><td>a_1</td></tr> <tr><td>z_2</td><td>a_2</td><td>a_3</td><td>a_3</td></tr> <tr><td>z_3</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td></tr> <tr><td>z_4</td><td>—</td><td>a_2</td><td>a_2</td></tr> </table>	δ	a_1	a_2	a_3	z_1	a_1	a_2	a_1	z_2	a_2	a_3	a_3	z_3	—	—	—	z_4	—	a_2	a_2	<table> <tr><th>λ</th><th>a_1</th><th>a_2</th><th>a_3</th></tr> <tr><td>z_1</td><td>w_5</td><td>w_3</td><td>w_1</td></tr> <tr><td>z_2</td><td>w_1</td><td>w_2</td><td>w_4</td></tr> <tr><td>z_3</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td></tr> <tr><td>z_4</td><td>—</td><td>w_3</td><td>w_2</td></tr> </table>	λ	a_1	a_2	a_3	z_1	w_5	w_3	w_1	z_2	w_1	w_2	w_4	z_3	—	—	—	z_4	—	w_3	w_2	г)	<table> <tr><th>δ</th><th>a_1</th><th>a_2</th><th>a_3</th></tr> <tr><td>z_1</td><td>a_2</td><td>a_2</td><td>—</td></tr> <tr><td>z_2</td><td>a_3</td><td>a_3</td><td>a_3</td></tr> <tr><td>z_3</td><td>—</td><td>a_1</td><td>a_2</td></tr> </table>	δ	a_1	a_2	a_3	z_1	a_2	a_2	—	z_2	a_3	a_3	a_3	z_3	—	a_1	a_2	<table> <tr><th>λ</th><th>a_1</th><th>a_2</th><th>a_3</th></tr> <tr><td>z_1</td><td>w_4</td><td>w_3</td><td>—</td></tr> <tr><td>z_2</td><td>w_1</td><td>w_2</td><td>w_4</td></tr> <tr><td>z_3</td><td>—</td><td>w_3</td><td>w_2</td></tr> </table>	λ	a_1	a_2	a_3	z_1	w_4	w_3	—	z_2	w_1	w_2	w_4	z_3	—	w_3	w_2																		
δ	a_1	a_2	a_3																																																																																												
z_1	a_1	a_2	a_1																																																																																												
z_2	a_2	a_3	a_3																																																																																												
z_3	—	—	—																																																																																												
z_4	—	a_2	a_2																																																																																												
λ	a_1	a_2	a_3																																																																																												
z_1	w_5	w_3	w_1																																																																																												
z_2	w_1	w_2	w_4																																																																																												
z_3	—	—	—																																																																																												
z_4	—	w_3	w_2																																																																																												
δ	a_1	a_2	a_3																																																																																												
z_1	a_2	a_2	—																																																																																												
z_2	a_3	a_3	a_3																																																																																												
z_3	—	a_1	a_2																																																																																												
λ	a_1	a_2	a_3																																																																																												
z_1	w_4	w_3	—																																																																																												
z_2	w_1	w_2	w_4																																																																																												
z_3	—	w_3	w_2																																																																																												
д)	<table> <tr><th>δ</th><th>a_1</th><th>a_2</th><th>a_3</th><th>a_4</th></tr> <tr><td>z_1</td><td>a_2</td><td>a_2</td><td>—</td><td>—</td></tr> <tr><td>z_2</td><td>a_3</td><td>—</td><td>a_3</td><td>a_4</td></tr> <tr><td>z_3</td><td>—</td><td>a_1</td><td>a_4</td><td>a_2</td></tr> </table>	δ	a_1	a_2	a_3	a_4	z_1	a_2	a_2	—	—	z_2	a_3	—	a_3	a_4	z_3	—	a_1	a_4	a_2	<table> <tr><th>λ</th><th>a_1</th><th>a_2</th><th>a_3</th><th>a_4</th></tr> <tr><td>z_1</td><td>w_4</td><td>w_3</td><td>—</td><td>—</td></tr> <tr><td>z_2</td><td>w_1</td><td>—</td><td>w_3</td><td>w_3</td></tr> <tr><td>z_3</td><td>—</td><td>w_3</td><td>w_4</td><td>w_2</td></tr> </table>	λ	a_1	a_2	a_3	a_4	z_1	w_4	w_3	—	—	z_2	w_1	—	w_3	w_3	z_3	—	w_3	w_4	w_2	е)	<table> <tr><th>δ</th><th>a_1</th><th>a_2</th><th>a_3</th></tr> <tr><td>z_1</td><td>a_2</td><td>a_2</td><td>—</td></tr> <tr><td>z_2</td><td>a_3</td><td>a_1</td><td>a_3</td></tr> <tr><td>z_3</td><td>—</td><td>a_2</td><td>—</td></tr> <tr><td>z_4</td><td>a_2</td><td>a_1</td><td>—</td></tr> </table>	δ	a_1	a_2	a_3	z_1	a_2	a_2	—	z_2	a_3	a_1	a_3	z_3	—	a_2	—	z_4	a_2	a_1	—	<table> <tr><th>λ</th><th>a_1</th><th>a_2</th><th>a_3</th></tr> <tr><td>z_1</td><td>w_4</td><td>w_3</td><td>—</td></tr> <tr><td>z_2</td><td>w_1</td><td>w_2</td><td>w_3</td></tr> <tr><td>z_3</td><td>—</td><td>w_3</td><td>—</td></tr> <tr><td>z_4</td><td>w_2</td><td>w_4</td><td>—</td></tr> </table>	λ	a_1	a_2	a_3	z_1	w_4	w_3	—	z_2	w_1	w_2	w_3	z_3	—	w_3	—	z_4	w_2	w_4	—										
δ	a_1	a_2	a_3	a_4																																																																																											
z_1	a_2	a_2	—	—																																																																																											
z_2	a_3	—	a_3	a_4																																																																																											
z_3	—	a_1	a_4	a_2																																																																																											
λ	a_1	a_2	a_3	a_4																																																																																											
z_1	w_4	w_3	—	—																																																																																											
z_2	w_1	—	w_3	w_3																																																																																											
z_3	—	w_3	w_4	w_2																																																																																											
δ	a_1	a_2	a_3																																																																																												
z_1	a_2	a_2	—																																																																																												
z_2	a_3	a_1	a_3																																																																																												
z_3	—	a_2	—																																																																																												
z_4	a_2	a_1	—																																																																																												
λ	a_1	a_2	a_3																																																																																												
z_1	w_4	w_3	—																																																																																												
z_2	w_1	w_2	w_3																																																																																												
z_3	—	w_3	—																																																																																												
z_4	w_2	w_4	—																																																																																												
ж).	<table> <tr><th>δ</th><th>a_1</th><th>a_2</th><th>a_3</th><th>a_4</th></tr> <tr><td>z_1</td><td>a_2</td><td>a_2</td><td>—</td><td>—</td></tr> <tr><td>z_2</td><td>a_3</td><td>a_3</td><td>a_3</td><td>a_1</td></tr> <tr><td>z_3</td><td>—</td><td>a_1</td><td>a_4</td><td>a_1</td></tr> <tr><td>z_4</td><td>—</td><td>a_1</td><td>a_3</td><td>a_4</td></tr> </table>	δ	a_1	a_2	a_3	a_4	z_1	a_2	a_2	—	—	z_2	a_3	a_3	a_3	a_1	z_3	—	a_1	a_4	a_1	z_4	—	a_1	a_3	a_4	<table> <tr><th>λ</th><th>a_1</th><th>a_2</th><th>a_3</th><th>a_4</th></tr> <tr><td>z_1</td><td>w_4</td><td>w_3</td><td>—</td><td>—</td></tr> <tr><td>z_2</td><td>w_1</td><td>w_2</td><td>w_3</td><td>w_4</td></tr> <tr><td>z_3</td><td>—</td><td>w_3</td><td>w_4</td><td>w_2</td></tr> <tr><td>z_4</td><td>—</td><td>w_1</td><td>w_4</td><td>w_1</td></tr> </table>	λ	a_1	a_2	a_3	a_4	z_1	w_4	w_3	—	—	z_2	w_1	w_2	w_3	w_4	z_3	—	w_3	w_4	w_2	z_4	—	w_1	w_4	w_1	з)	<table> <tr><th>δ</th><th>a_1</th><th>a_2</th><th>a_3</th></tr> <tr><td>z_1</td><td>a_1</td><td>a_2</td><td>a_3</td></tr> <tr><td>z_2</td><td>a_2</td><td>a_3</td><td>a_3</td></tr> <tr><td>z_3</td><td>a_3</td><td>a_1</td><td>a_2</td></tr> <tr><td>z_4</td><td>—</td><td>a_2</td><td>—</td></tr> </table>	δ	a_1	a_2	a_3	z_1	a_1	a_2	a_3	z_2	a_2	a_3	a_3	z_3	a_3	a_1	a_2	z_4	—	a_2	—	<table> <tr><th>λ</th><th>a_1</th><th>a_2</th><th>a_3</th></tr> <tr><td>z_1</td><td>w_4</td><td>w_3</td><td>w_1</td></tr> <tr><td>z_2</td><td>w_2</td><td>w_4</td><td>w_2</td></tr> <tr><td>z_3</td><td>w_3</td><td>w_1</td><td>w_2</td></tr> <tr><td>z_4</td><td>—</td><td>w_3</td><td>—</td></tr> </table>	λ	a_1	a_2	a_3	z_1	w_4	w_3	w_1	z_2	w_2	w_4	w_2	z_3	w_3	w_1	w_2	z_4	—	w_3	—
δ	a_1	a_2	a_3	a_4																																																																																											
z_1	a_2	a_2	—	—																																																																																											
z_2	a_3	a_3	a_3	a_1																																																																																											
z_3	—	a_1	a_4	a_1																																																																																											
z_4	—	a_1	a_3	a_4																																																																																											
λ	a_1	a_2	a_3	a_4																																																																																											
z_1	w_4	w_3	—	—																																																																																											
z_2	w_1	w_2	w_3	w_4																																																																																											
z_3	—	w_3	w_4	w_2																																																																																											
z_4	—	w_1	w_4	w_1																																																																																											
δ	a_1	a_2	a_3																																																																																												
z_1	a_1	a_2	a_3																																																																																												
z_2	a_2	a_3	a_3																																																																																												
z_3	a_3	a_1	a_2																																																																																												
z_4	—	a_2	—																																																																																												
λ	a_1	a_2	a_3																																																																																												
z_1	w_4	w_3	w_1																																																																																												
z_2	w_2	w_4	w_2																																																																																												
z_3	w_3	w_1	w_2																																																																																												
z_4	—	w_3	—																																																																																												
и)	<table> <tr><th>δ</th><th>a_1</th><th>a_2</th><th>a_3</th></tr> <tr><td>z_1</td><td>a_2</td><td>a_2</td><td>—</td></tr> <tr><td>z_2</td><td>a_3</td><td>a_3</td><td>a_3</td></tr> <tr><td>z_3</td><td>—</td><td>a_1</td><td>a_2</td></tr> </table>	δ	a_1	a_2	a_3	z_1	a_2	a_2	—	z_2	a_3	a_3	a_3	z_3	—	a_1	a_2	<table> <tr><th>λ</th><th>a_1</th><th>a_2</th><th>a_3</th></tr> <tr><td>z_1</td><td>w_4</td><td>w_3</td><td>—</td></tr> <tr><td>z_2</td><td>w_1</td><td>w_2</td><td>w_4</td></tr> <tr><td>z_3</td><td>—</td><td>w_3</td><td>w_2</td></tr> </table>	λ	a_1	a_2	a_3	z_1	w_4	w_3	—	z_2	w_1	w_2	w_4	z_3	—	w_3	w_2	к)	<table> <tr><th>δ</th><th>a_1</th><th>a_2</th><th>a_3</th><th>a_4</th></tr> <tr><td>z_1</td><td>a_2</td><td>a_4</td><td>a_1</td><td>a_2</td></tr> <tr><td>z_2</td><td>a_3</td><td>a_3</td><td>a_3</td><td>a_4</td></tr> <tr><td>z_3</td><td>a_3</td><td>a_1</td><td>a_2</td><td>a_3</td></tr> </table>	δ	a_1	a_2	a_3	a_4	z_1	a_2	a_4	a_1	a_2	z_2	a_3	a_3	a_3	a_4	z_3	a_3	a_1	a_2	a_3	<table> <tr><th>λ</th><th>a_1</th><th>a_2</th><th>a_3</th><th>a_4</th></tr> <tr><td>z_1</td><td>w_2</td><td>w_3</td><td>w_3</td><td>w_4</td></tr> <tr><td>z_2</td><td>w_1</td><td>w_2</td><td>w_3</td><td>w_5</td></tr> <tr><td>z_3</td><td>w_3</td><td>w_4</td><td>w_5</td><td>w_1</td></tr> </table>	λ	a_1	a_2	a_3	a_4	z_1	w_2	w_3	w_3	w_4	z_2	w_1	w_2	w_3	w_5	z_3	w_3	w_4	w_5	w_1																		
δ	a_1	a_2	a_3																																																																																												
z_1	a_2	a_2	—																																																																																												
z_2	a_3	a_3	a_3																																																																																												
z_3	—	a_1	a_2																																																																																												
λ	a_1	a_2	a_3																																																																																												
z_1	w_4	w_3	—																																																																																												
z_2	w_1	w_2	w_4																																																																																												
z_3	—	w_3	w_2																																																																																												
δ	a_1	a_2	a_3	a_4																																																																																											
z_1	a_2	a_4	a_1	a_2																																																																																											
z_2	a_3	a_3	a_3	a_4																																																																																											
z_3	a_3	a_1	a_2	a_3																																																																																											
λ	a_1	a_2	a_3	a_4																																																																																											
z_1	w_2	w_3	w_3	w_4																																																																																											
z_2	w_1	w_2	w_3	w_5																																																																																											
z_3	w_3	w_4	w_5	w_1																																																																																											

Рис. 13.7. Таблица переходов и выходов

2. Выполнить синтез структурного автомата Мура по совмещенным таблицам переходов и выходов (рис. 13.8).

а)

λ	w_1	w_2	w_3
δ	a_1	a_2	a_3
z_1	—	a_3	a_2
z_2	a_2	a_3	a_2
z_3	—	a_1	—

б)

λ	w_1	w_2	w_3
δ	a_1	a_2	a_3
z_1	a_2	a_2	—
z_2	a_1	a_3	a_3
z_3	—	a_2	—
z_4	—	a_1	a_2

в)

λ	w_1	w_2	w_3	w_1	w_4
δ	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
z_1	a_2	a_4	a_2	a_2	—
z_2	a_4	a_3	a_4	a_5	a_3
z_3	—	a_2	a_1	—	—
z_4	—	a_1	—	a_1	a_5

ж)

λ	w_1	w_2	w_3
δ	a_1	a_2	a_3
z_1	a_2	a_2	—
z_2	a_1	a_3	a_3
z_3	—	a_2	—
z_4	—	a_1	a_2

д)

λ	w_1	w_2	w_3	w_4	w_3
δ	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
z_1	a_2	a_4	a_1	a_1	—
z_2	—	a_2	a_4	a_3	a_4
z_3	a_3	a_2	—	—	—
z_4	—	a_1	—	a_2	a_5

е)

λ	w_1	w_2	w_3	w_2
δ	a_1	a_2	a_3	a_4
z_1	a_2	a_2	a_4	—
z_2	a_1	a_3	—	a_3
z_3	—	a_2	a_4	—
z_4	—	a_1	a_3	a_2

λ	w_1	w_3	w_2	w_3
δ	a_1	a_2	a_3	a_4
z_1	a_2	a_2	a_4	a_3
z_2	—	—	—	a_4
z_3	a_4	—	a_4	—
z_4	—	a_3	a_2	a_1

з)

λ	w_1	w_2	w_3	w_4
δ	a_2	a_2	a_2	a_4
z_1	—	a_1	a_4	—
z_2	a_1	a_3	a_2	a_3
z_3	—	—	—	—
z_4	a_4	a_1	a_1	a_3

и)

λ	w_1	w_3	w_2	w_3
δ	a_1	a_2	a_3	a_4
z_1	a_2	a_2	a_4	a_3
z_2	—	—	—	a_4
z_3	a_4	—	a_4	—
z_4	—	a_3	a_2	a_1

к)

λ	w_1	w_2	w_3	w_4	w_3
δ	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
z_1	a_2	a_4	a_1	a_1	—
z_2	—	a_2	a_4	a_3	a_4
z_3	a_3	a_2	—	—	—
z_4	—	a_1	—	a_2	a_5

Рис. 13.8. Совмещенная таблица переходов и выходов

Тема 14. Синтез структурного автомата по граф-схеме алгоритма.
Гонки, риск сбоя

Контрольные вопросы

1. Что такое абстрактный (структурный) автомат?
2. Какие существуют способы задания абстрактного автомата?
3. Назовите этапы синтеза структурного автомата по граф-схеме алгоритма (ГСА).
4. Что такое состояние автомата?
5. В чем состоит алгоритм разметки ГСА метками Мура (Мили)?
6. Что представляет собой прямая (обратная) таблица переходов, структурная таблица?
7. Что такое гонки и риск сбоя?

Пример синтеза МПА Мили по ГСА

Более подробно метод синтеза МПА Мили (Мура), рассмотрен в [4, с. 153–159]. Ниже приведен пример выполнения синтеза МПА Мили по ГСА, изображенной на рис. 14.1.

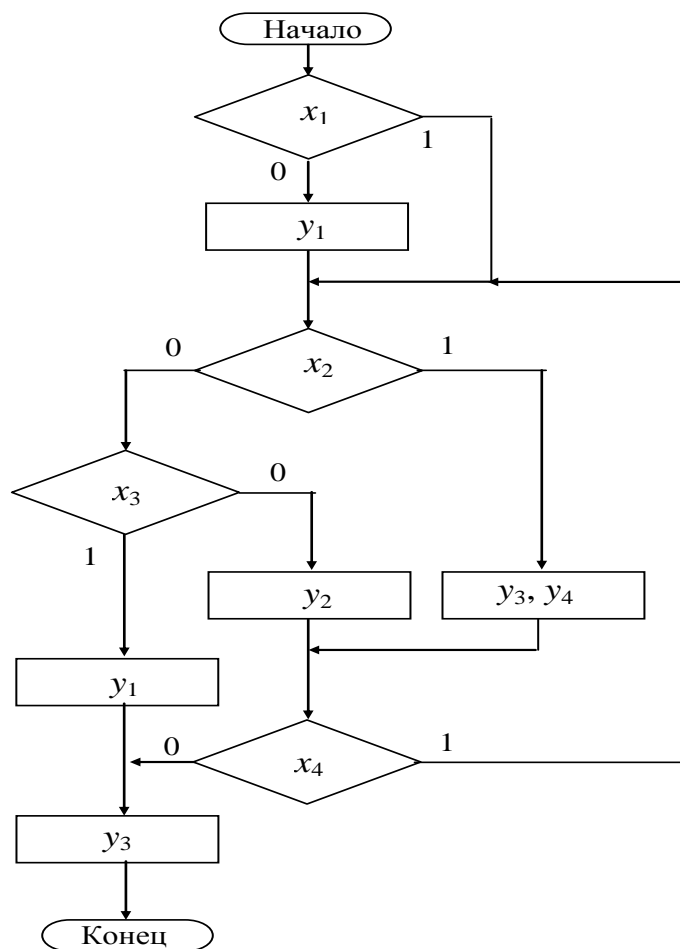


Рис. 14.1. ГСА для синтеза МПА Мили

Первым этапом синтеза МПА по ГСА является разметка ГСА метками Мили. Алгоритм разметки ГСА метками Мили приведен в [4, с. 156]. На рис. 14.2 изображена ГСА, отмеченная метками.

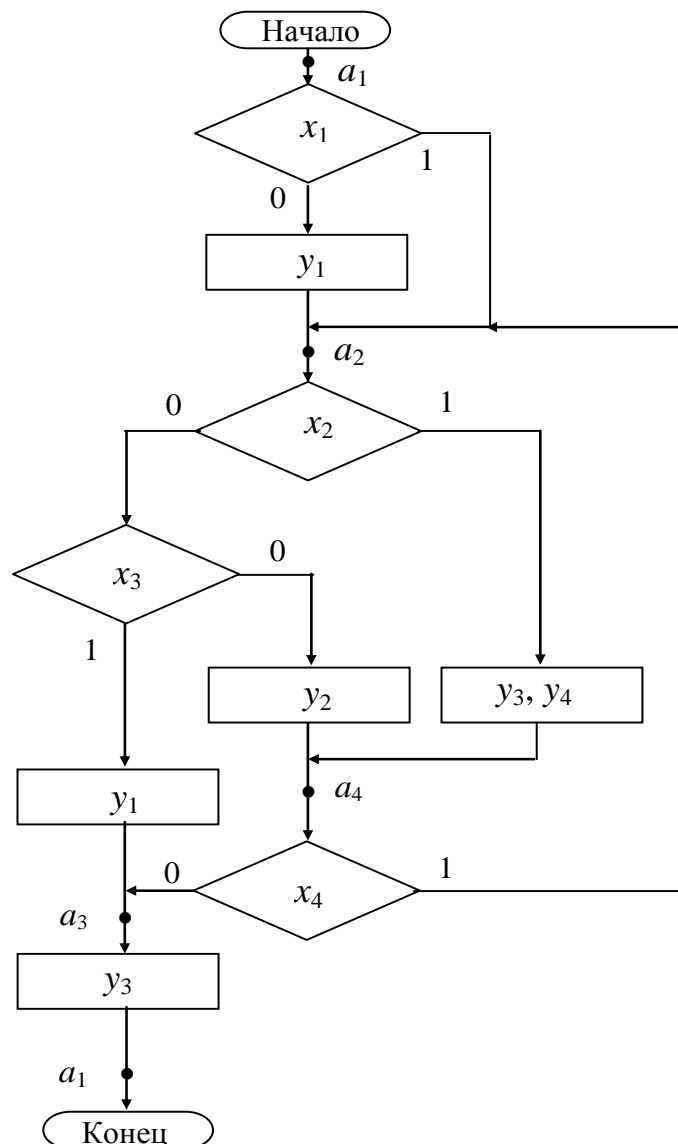


Рис. 14.2. Отмеченная ГСА при синтезе МПА Мили

По размеченной ГСА строится структурная таблица (прямая или обратная). В *прямой* таблице вначале записываются все переходы из со стояния a_1 , затем из состояния a_2 и т. д. В *обратной* таблице сначала записываются все переходы в состояние a_1 , затем в a_2 и т. д.

Для реализации блока памяти синтезируемого МПА Мили использованы T -триггеры. В последнем столбце $F(a_m, a_s)$ структурной таблицы отмечены функции возбуждения, которые приводят к изменению содержимого каждого из элементов памяти на соответствующем переходе. В рассматриваемом примере построена прямая структурная таблица (табл. 14.1).

Таблица 14.1

Исходное состояние	Код исходного состояния	Состояние перехода	Код состояния перехода	Входной сигнал	Выходной сигнал	Функции возбуждения
a_m	$K(a_m)$	a_s	$K(a_s)$	$X(a_m, a_s)$	$Y(a_m, a_s)$	$F(a_m, a_s)$
a_1	00	a_2	01	\bar{x}_1	y_1	$\bar{T}_1 T_2$
		a_3	10	$x_1 \bar{x}_2 x_3$	y_1	$T_1 \bar{T}_2$
		a_4	11	$x_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3$	y_2	$T_1 T_2$
		a_4	11	$x_1 x_2$	$y_3 y_4$	$T_1 T_2$
a_2	01	a_3	10	$\bar{x}_2 x_3$	y_1	$T_1 T_2$
		a_4	11	$\bar{x}_2 \bar{x}_3$	y_2	$T_1 \bar{T}_2$
		a_4	11	x_2	$y_3 y_4$	$T_1 \bar{T}_2$
a_3	10	a_1	00	1	y_3	$T_1 \bar{T}_2$
a_4	11	a_1	00	\bar{x}_4	y_3	$T_1 T_2$
		a_4	11	$x_4 x_2$	$y_3 y_4$	$\bar{T}_1 \bar{T}_2$
		a_4	11	$x_4 \bar{x}_2 \bar{x}_3$	y_2	$\bar{T}_1 \bar{T}_2$
		a_3	10	$x_4 \bar{x}_2 x_3$	y_1	$\bar{T}_1 T_2$

Синтез МПА может быть выполнен и по обратной структурной таблице табл. 14.2.

Таблица 14.2

Исходное состояние	Код исходного состояния	Состояние перехода	Код состояния перехода	Входной сигнал	Выходной сигнал	Функции возбуждения
a_m	$K(a_m)$	a_s	$K(a_s)$	$X(a_m, a_s)$	$Y(a_m, a_s)$	$F(a_m, a_s)$
a_3	10	a_1	00	1	y_3	$T_1 \bar{T}_2$
a_4	11			\bar{x}_4	y_3	$T_1 T_2$
a_1	00	a_2	01	\bar{x}_1	y_1	$\bar{T}_1 T_2$
a_1	00	a_3	10	$x_1 \bar{x}_2 x_3$	y_1	$T_1 \bar{T}_2$
a_2	01			$\bar{x}_2 x_3$	y_1	$T_1 T_2$
a_4	11			$x_4 \bar{x}_2 x_3$	y_1	$\bar{T}_1 T_2$
a_1	00	a_4	11	$x_1 x_2$	$y_3 y_4$	$T_1 T_2$
a_1	00			$x_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3$	y_2	$T_1 T_2$
a_2	01			x_2	$y_3 y_4$	$T_1 \bar{T}_2$
a_2	01			$\bar{x}_2 \bar{x}_3$	y_2	$T_1 \bar{T}_2$
a_4	11			x_2	$y_3 y_4$	$\bar{T}_1 \bar{T}_2$
a_4	11			$\bar{x}_2 \bar{x}_3$	y_2	$\bar{T}_1 \bar{T}_2$

Информация в столбце $F(a_m, a_s)$ структурной таблицы получена с помощью таблицы работы T -триггера [4] (табл. 14.3).

Таблица 14.3

Q_t	T	
	0	1
0	0	1
1	1	0

В рассматриваемом примере синтеза МПА воспользуемся прямой таблицей. Для построения схемы синтезируемого МПА Мили, удобно результаты, приведенные в структурной таблице (см. табл. 14.2), представить в виде таблицы истинности (табл. 14.4).

Таблица 14.4

№ п/п	$x_1 x_2 x_3 x_4$	$\tau_1 \tau_2$	$y_1 y_2 y_3 y_4$	$T_1 T_2$
0	0---	00	1 0 0 0	0 1
1	1 0 1 -	00	1 0 0 0	1 0
2	1 0 0 -	00	0 1 0 0	1 1
3	1 1 - -	00	0 0 1 1	1 1
4	- 0 1 -	01	1 0 0 0	1 1
5	- 0 0 -	01	0 1 0 0	1 0
6	- 1 - -	01	0 0 1 1	1 0
7	- - - -	10	0 0 1 0	1 0
8	- - - 0	11	0 0 1 0	1 1
9	- 1 - 1	11	0 0 1 1	0 0
10	- 0 0 1	11	0 1 0 0	0 0
11	- 0 1 1	11	1 0 0 0	0 1

Для примера реализации логической схемы синтезируемого МПА Мили рассмотрим реализацию функций y_1, y_2, T_1 и T_2 :

$$y_1 = \bar{x}_1 \bar{\tau}_1 \bar{\tau}_2 \vee \bar{x}_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3 \bar{\tau}_1 \bar{\tau}_2 \vee \bar{x}_2 \bar{x}_3 \bar{\tau}_1 \bar{\tau}_2 \vee \bar{x}_2 \bar{x}_3 \bar{x}_4 \bar{\tau}_1 \bar{\tau}_2,$$

$$y_2 = \bar{x}_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3 \bar{\tau}_1 \bar{\tau}_2 \vee \bar{x}_2 \bar{x}_3 \bar{\tau}_1 \bar{\tau}_2 \vee \bar{x}_2 \bar{x}_3 \bar{x}_4 \bar{\tau}_1 \bar{\tau}_2,$$

$$T_1 = \bar{x}_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3 \bar{\tau}_1 \bar{\tau}_2 \vee \bar{x}_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3 \bar{\tau}_1 \bar{\tau}_2 \vee \bar{x}_1 \bar{x}_2 \bar{\tau}_1 \bar{\tau}_2 \vee \bar{x}_2 \bar{x}_3 \bar{\tau}_1 \bar{\tau}_2 \vee \bar{x}_2 \bar{x}_3 \bar{\tau}_1 \bar{\tau}_2 \vee \bar{x}_1 \bar{x}_2 \bar{\tau}_1 \bar{\tau}_2 \vee \bar{\tau}_1 \bar{\tau}_2 \vee \bar{x}_4 \bar{\tau}_1 \bar{\tau}_2 = \bar{x}_1 \bar{\tau}_1 \bar{\tau}_2 \vee \bar{\tau}_1 \bar{\tau}_2 \vee \bar{\tau}_1 \bar{\tau}_2 \vee \bar{x}_4 \bar{\tau}_1 \bar{\tau}_2,$$

$$T_2 = \bar{x}_1 \bar{\tau}_1 \bar{\tau}_2 \vee \bar{x}_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3 \bar{\tau}_1 \bar{\tau}_2 \vee \bar{x}_1 \bar{x}_2 \bar{\tau}_1 \bar{\tau}_2 \vee \bar{x}_2 \bar{x}_3 \bar{\tau}_1 \bar{\tau}_2 \vee \bar{x}_4 \bar{\tau}_1 \bar{\tau}_2 \vee \bar{x}_2 \bar{x}_3 \bar{x}_4 \bar{\tau}_1 \bar{\tau}_2.$$

По полученной системе булевых функций построим схему (рис. 14.3).

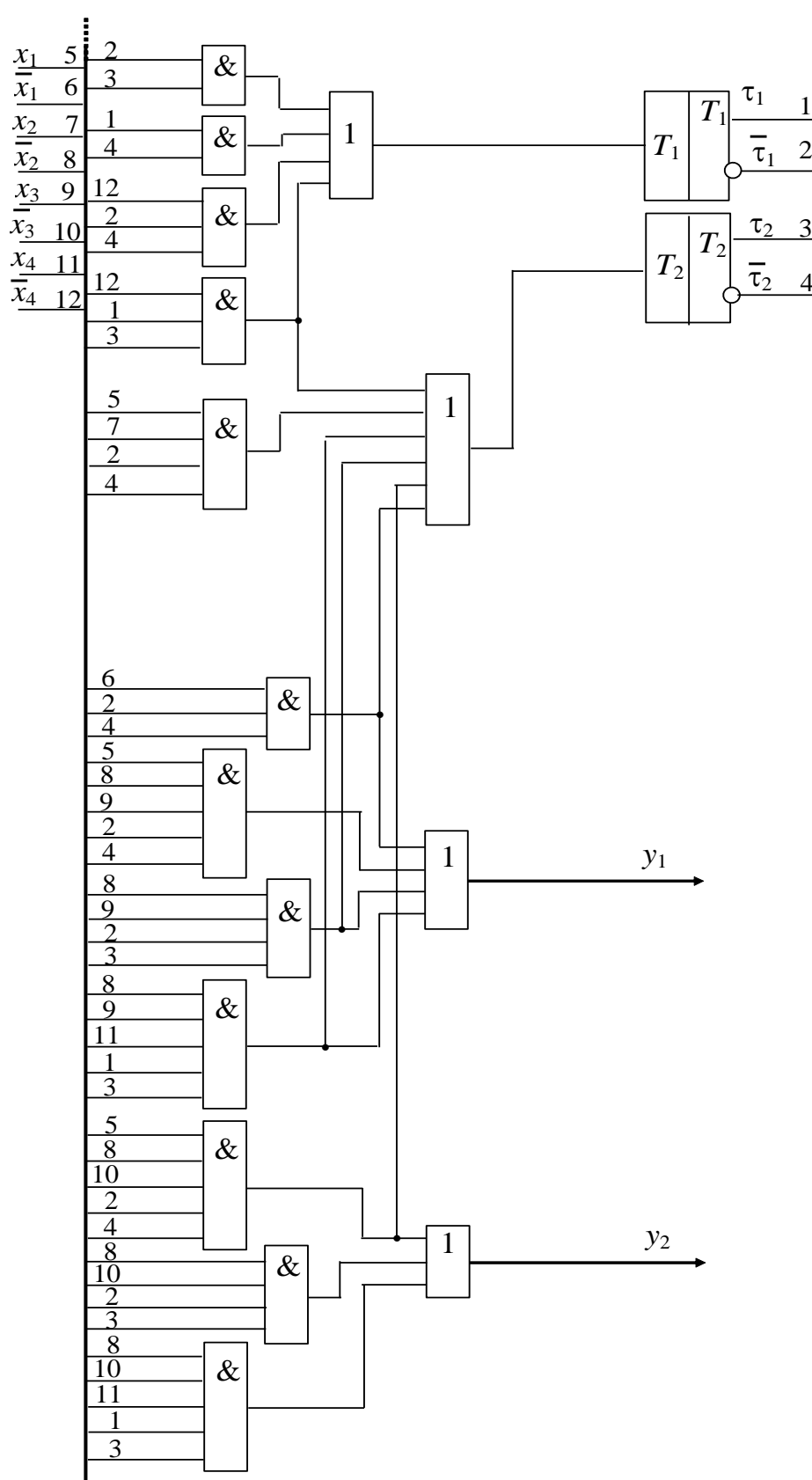
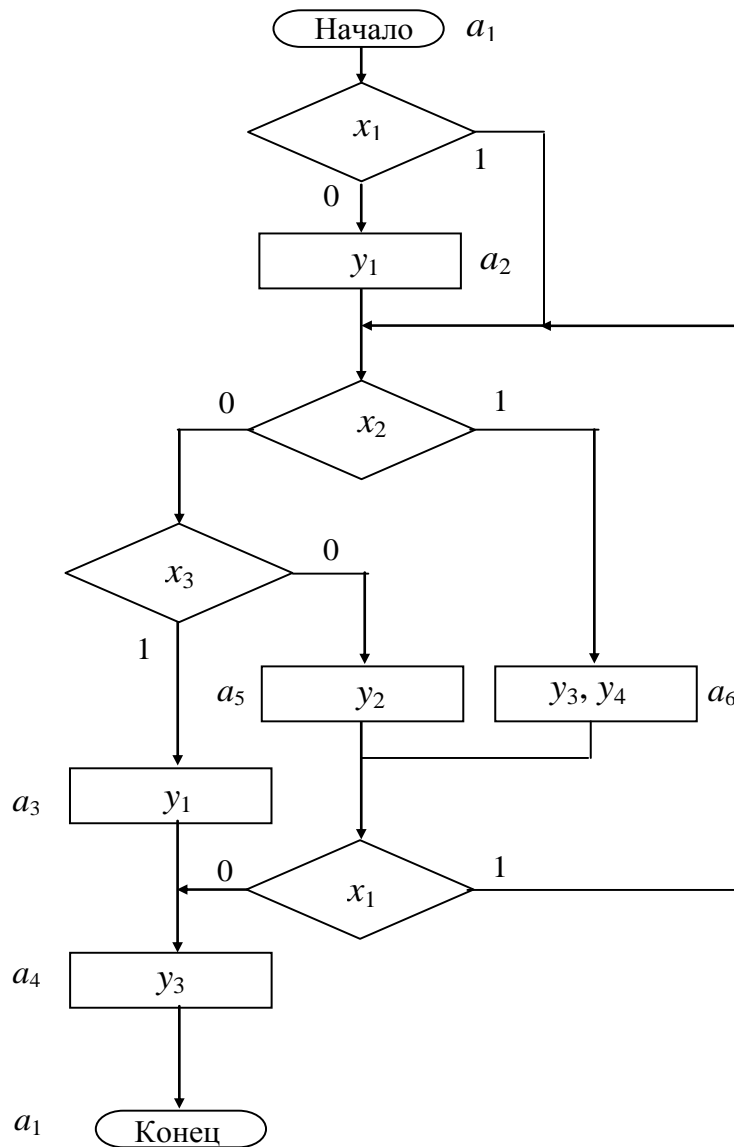


Рис. 14.3. Логическая схема автомата Мили

Пример синтеза МПА Мура по ГСА

Для наглядного сравнения двух методов синтеза (автоматов Мили и Мура) синтез автомата Мура выполним для алгоритма, представленного на ГСА, изображенной на рис. 14.1. Более подробно метод рассмотрен в [4, с. 160–164]. Как и ранее, для получения графа автомата исходная ГСА отмечается метками. Алгоритм разметки ГСА метками Мура приведен в [4, с. 160]. На рис. 14.4 изображена отмеченная ГСА.

Рис. 14.4. Отмеченная ГСА при синтезе МПА Мура



Кодирование состояний автомата Мура выполним, как и ранее в случае синтеза автомата Мили, поставив каждому состоянию в соответствие двоичный эквивалент номера состояния.

Как и в предыдущем примере синтеза автомата Мили, при синтезе автомата Мура для представления автомата используем прямую структурную таблицу

переходов (табл. 14.5). В структурной таблице автомата Мура совмещены столбцы a_m и $Y(a_m)$. В столбце $F(a_m, a_s)$ отмечены функции возбуждения, изменяющие содержимое соответствующего элемента памяти на некотором

Таблица 14.5

Исходное состояние	Код исходного состояния	Состояние перехода	Код состояния перехода	Входной сигнал	Функции возбуждения
$a_m, Y(a_m)$	$K(a_m)$	a_s	$K(a_s)$	$X(a_m, a_s)$	$F(a_m, a_s)$
$a_1, -$	000	a_2	001	\bar{x}_1	$-\bar{S}_1 - \bar{S}_2 \bar{R}_3 S_3$
		a_6	101	$x_1 x_2$	$\bar{R}_1 S_1 - \bar{S}_2 \bar{R}_3 S_3$
		a_3	010	$x_1 \bar{x}_2 x_3$	$-\bar{S}_1 \bar{R}_2 S_2 - \bar{S}_3$
		a_5	100	$x_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3$	$\bar{R}_1 S_1 - \bar{S}_2 - \bar{S}_3$
a_2, y_1	001	a_3	010	$\bar{x}_2 x_3$	$-\bar{S}_1 \bar{R}_2 S_2 R_3 \bar{S}_3$
		a_5	100	$\bar{x}_2 \bar{x}_3$	$\bar{R}_1 S_1 - \bar{S}_2 R_3 \bar{S}_3$
		a_6	101	x_2	$\bar{R}_1 S_1 - \bar{S}_2 \bar{R}_3 -$
a_3, y_1	010	a_4	011	1	$-\bar{S}_1 \bar{R}_2 - \bar{R}_3 S_3$
a_4, y_3	011	a_1	000	1	$-\bar{S}_1 R_2 \bar{S}_2 R_3 \bar{S}_3$
a_5, y_2	100	a_4	011	\bar{x}_1	$R_1 \bar{S}_1 \bar{R}_2 S_2 \bar{R}_3 S_3$
		a_3	010	$x_1 \bar{x}_2 x_3$	$R_1 \bar{S}_1 \bar{R}_2 S_2 - \bar{S}_3$
		a_5	100	$x_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3$	$\bar{R}_1 S_1 - \bar{S}_2 - \bar{S}_3$
		a_6	101	$x_1 x_2$	$\bar{R}_1 - - \bar{S}_2 \bar{R}_3 S_3$
$a_6, y_3 y_4$	101	a_4	011	\bar{x}_1	$R_1 \bar{S}_1 \bar{R}_2 S_2 \bar{R}_3 -$
		a_6	101	$x_1 x_2$	$\bar{R}_1 - - \bar{S}_2 \bar{R}_3 -$
		a_5	100	$x_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3$	$\bar{R}_1 - - \bar{S}_2 R_3 \bar{S}_3$
		a_3	010	$x_1 \bar{x}_2 x_3$	$-\bar{S}_1 \bar{R}_2 S_2 R_3 \bar{S}_3$

переходе.

Блок памяти МПА Мура реализуем с использованием, например, RS-триггеров. Информация в столбце $F(a_m, a_s)$ структурной таблицы получена из таблицы работы RS-триггера [4] (табл. 14.6).

Таблица 14.6

Q_t	RS			
	00	01	10	11
0	0	1	0	x
1	1	1	0	x

Для пояснения ниже показаны значения сигналов R и S , подаваемых на триггер для перевода его из старого состояния в новое:

$$\begin{aligned} 0 \rightarrow 0 & - \bar{S}, & 1 \rightarrow 0 & - R \bar{S}, \\ 0 \rightarrow 1 & - \bar{R} S, & 1 \rightarrow 1 & - \bar{R}. \end{aligned}$$

Для удобства построения схемы, реализующей синтезируемый МПА Мура, результаты, приведенные в структурной таблице (см. табл. 14.5), как и ранее при синтезе автомата Мили, представим в виде таблицы истинности (табл. 14.7).

Таблица 14.7

№ п/п	$x_1 x_2 x_3 x_4$	$\tau_1 \tau_2 \tau_3$	$y_1 y_2 y_3 y_4$	$R_1 S_1 R_2 S_2 R_3 S_3$
0	0---	000	0000	*0*001
1	11--	000	0000	01*001
2	101-	000	0000	*001*0
3	100-	000	0000	01*0*0
4	-01-	001	1000	*00110
5	-00-	001	1000	01*010
6	-1--	001	1000	01*00*
7	-----	010	1000	*00*01
8	-----	011	0010	*01010
9	0----	100	0100	100101
10	101-	100	0100	1001*0
11	100-	100	0100	01*0*0
12	11--	100	0100	0**001
13	0--1	101	0011	10010*
14	11--	101	0011	0**00*
15	100-	101	0011	0**010
16	101-	101	0011	*00110

Для примера реализации логической схемы синтезируемого МПА Мура рассмотрим реализацию функций y_1, y_2, R_3 и S_3 :

$$\begin{aligned} y_1 &= \bar{x}_2 \bar{x}_3 \bar{\tau}_1 \bar{\tau}_2 \bar{\tau}_3 \vee \bar{x}_2 \bar{x}_3 \bar{\tau}_1 \bar{\tau}_2 \bar{\tau}_3 \vee \bar{x}_2 \bar{\tau}_1 \bar{\tau}_2 \bar{\tau}_3 \vee \bar{\tau}_1 \bar{\tau}_2 \bar{\tau}_3 = \bar{\tau}_1 \bar{\tau}_2 \bar{\tau}_3 \vee \bar{\tau}_1 \bar{\tau}_2 \bar{\tau}_3, \\ y_2 &= \bar{x}_1 \bar{\tau}_1 \bar{\tau}_2 \bar{\tau}_3 \vee \bar{x}_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3 \bar{\tau}_1 \bar{\tau}_2 \bar{\tau}_3 \vee \bar{x}_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3 \bar{\tau}_1 \bar{\tau}_2 \bar{\tau}_3 \vee \bar{x}_1 \bar{x}_2 \bar{\tau}_1 \bar{\tau}_2 \bar{\tau}_3 = \bar{\tau}_1 \bar{\tau}_2 \bar{\tau}_3, \\ R_3 &= \bar{x}_2 \bar{x}_3 \bar{\tau}_1 \bar{\tau}_2 \bar{\tau}_3 \vee \bar{x}_2 \bar{x}_3 \bar{\tau}_1 \bar{\tau}_2 \bar{\tau}_3 \vee \bar{\tau}_1 \bar{\tau}_2 \bar{\tau}_3 \vee \bar{x}_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3 \bar{\tau}_1 \bar{\tau}_2 \bar{\tau}_3 \vee \bar{x}_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3 \bar{\tau}_1 \bar{\tau}_2 \bar{\tau}_3 = \\ &= \bar{x}_2 \bar{\tau}_1 \bar{\tau}_2 \bar{\tau}_3 \vee \bar{\tau}_1 \bar{\tau}_2 \bar{\tau}_3 \vee \bar{x}_1 \bar{x}_2 \bar{\tau}_1 \bar{\tau}_2 \bar{\tau}_3. \end{aligned}$$

Использование наборов, не содержащихся в таблице истинности, т. е. неопределенных наборов позволяет выполнить дальнейшее упрощение функции R_3 :

$$R_3 = \bar{x}_2 \bar{\tau}_1 \bar{\tau}_2 \tau_3 \vee \tau_2 \tau_3 \vee x_1 \bar{x}_2 \tau_1 \tau_3,$$

$$\begin{aligned} S_3 &= \bar{x}_1 \bar{\tau}_1 \bar{\tau}_2 \bar{\tau}_3 \vee x_1 x_2 \bar{\tau}_1 \bar{\tau}_2 \bar{\tau}_3 \vee \bar{\tau}_1 \tau_2 \bar{\tau}_3 \vee x_1 \tau_1 \bar{\tau}_2 \bar{\tau}_3 \vee x_1 x_2 \tau_1 \bar{\tau}_2 \bar{\tau}_3 = \\ &= \bar{x}_1 \bar{\tau}_2 \bar{\tau}_3 \vee x_1 x_2 \bar{\tau}_2 \bar{\tau}_3 \vee \bar{\tau}_1 \tau_2 \bar{\tau}_3. \end{aligned}$$

Аналогично, использование неопределенных наборов таблицы истинности позволяет выполнить дальнейшее упрощение функции S_3 :

$$S_3 = \bar{x}_1 \bar{\tau}_2 \bar{\tau}_3 \vee x_1 x_2 \bar{\tau}_2 \bar{\tau}_3 \vee \tau_2 \bar{\tau}_3.$$

По полученной системе булевых функций построим схему (рис. 14.5).

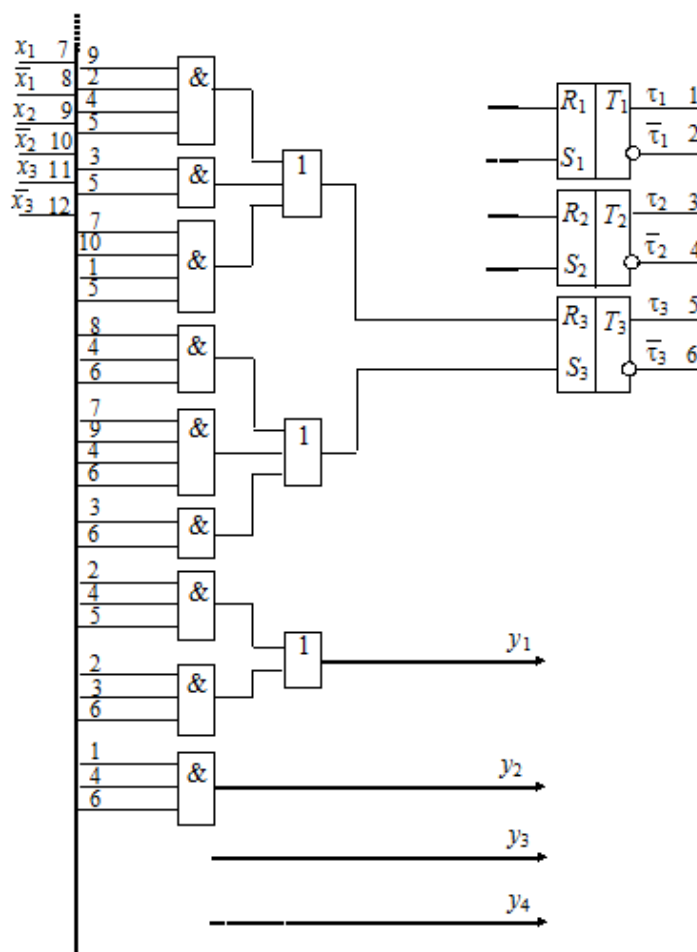


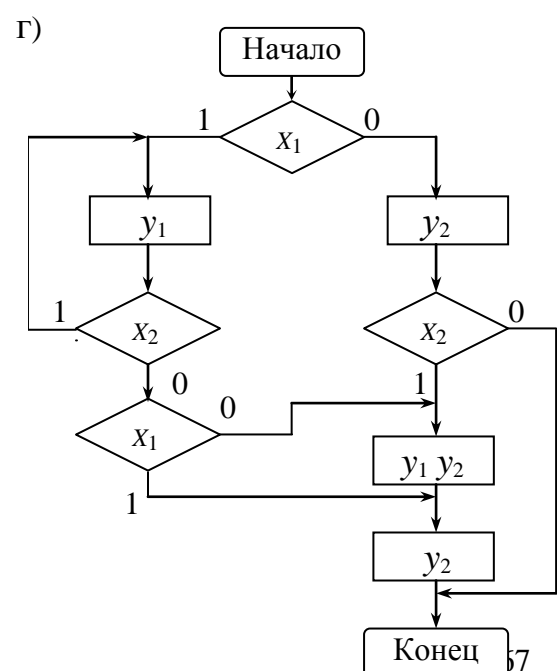
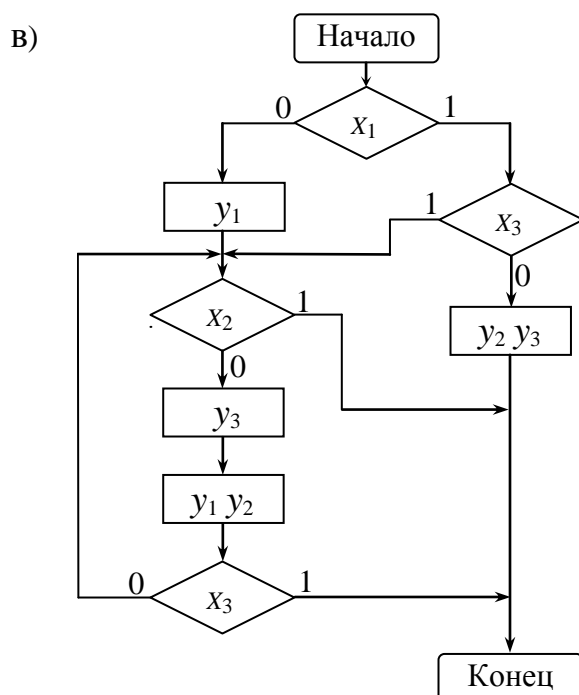
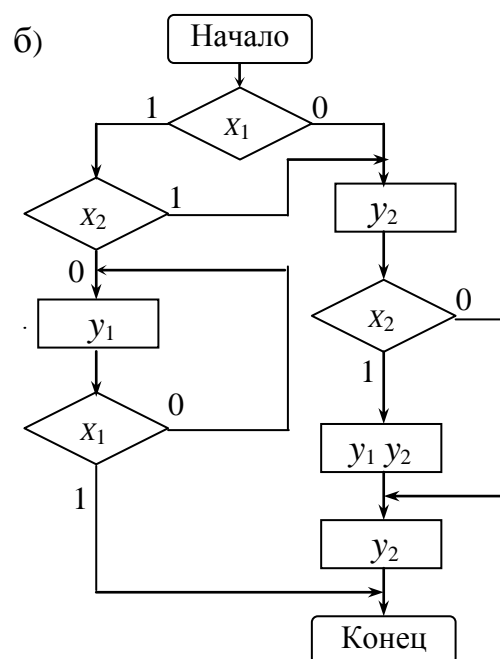
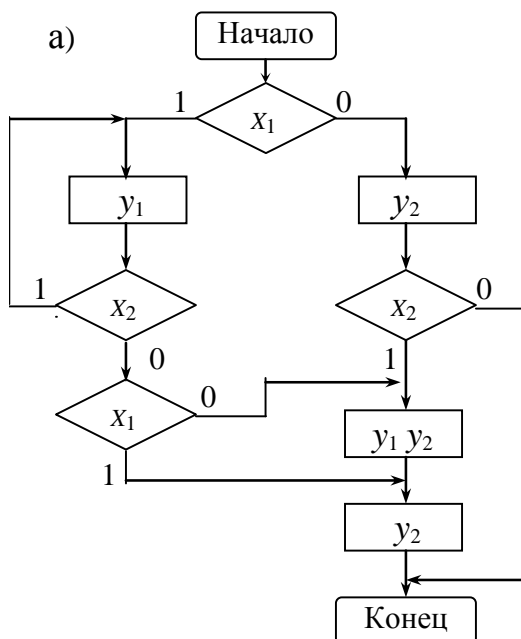
Рис. 14.5. Логическая схема автомата Мура

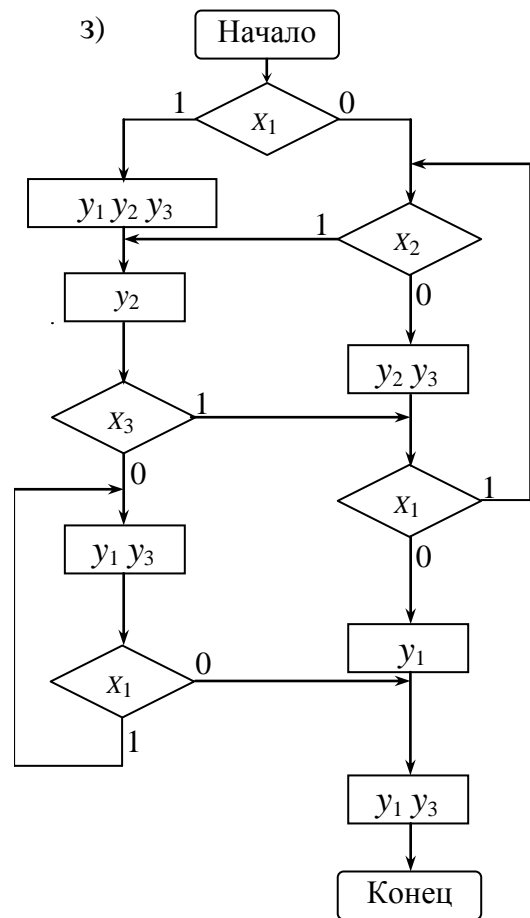
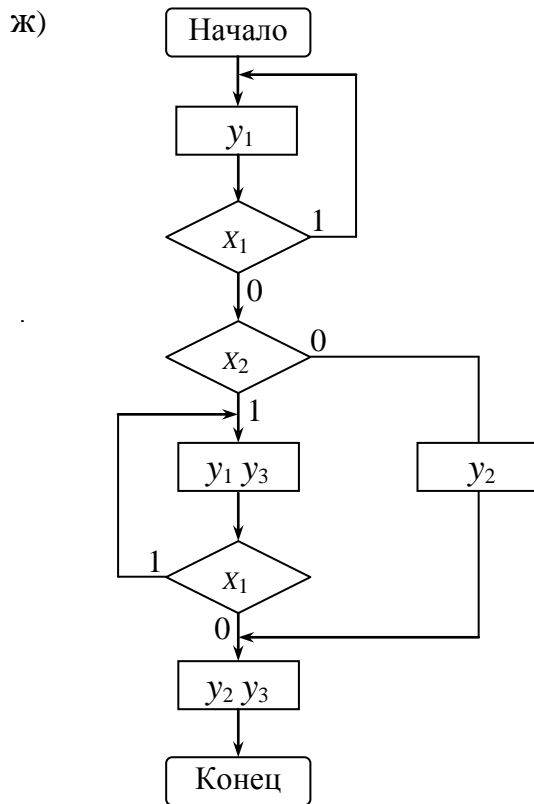
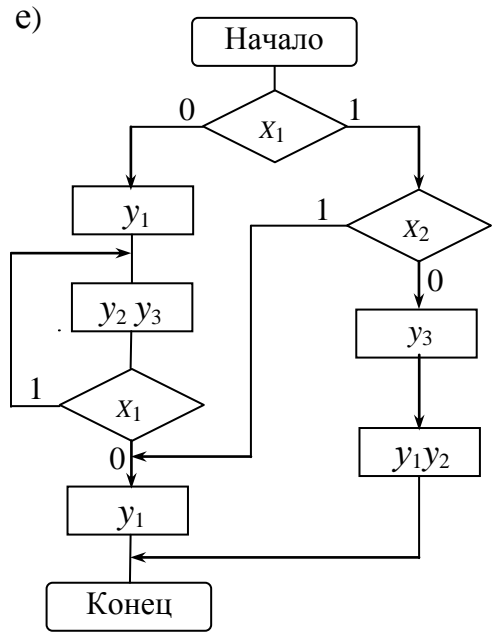
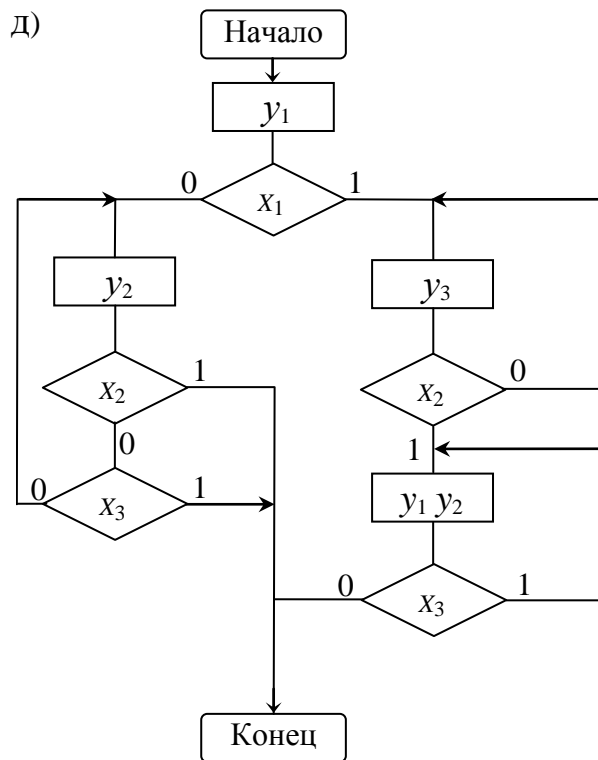
В заключение отметим, что, как видно из примеров, синтезированный МПА Мили работает не медленнее чем МПА Мура для одного и того же алгоритма. Это определяется, в общем случае, количеством внутренних состояний автомата (числом меток на ГСА). Для рассмотренных примеров МПА Мили его блок памяти оказался так же более экономичным (на один триггер меньше).

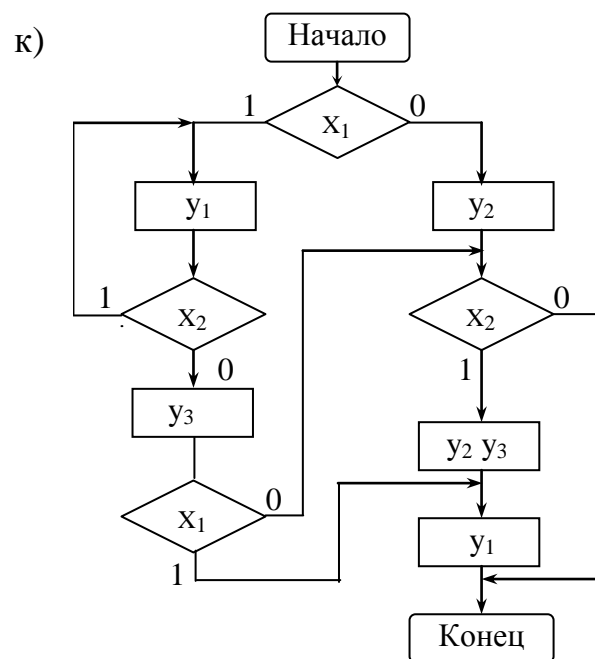
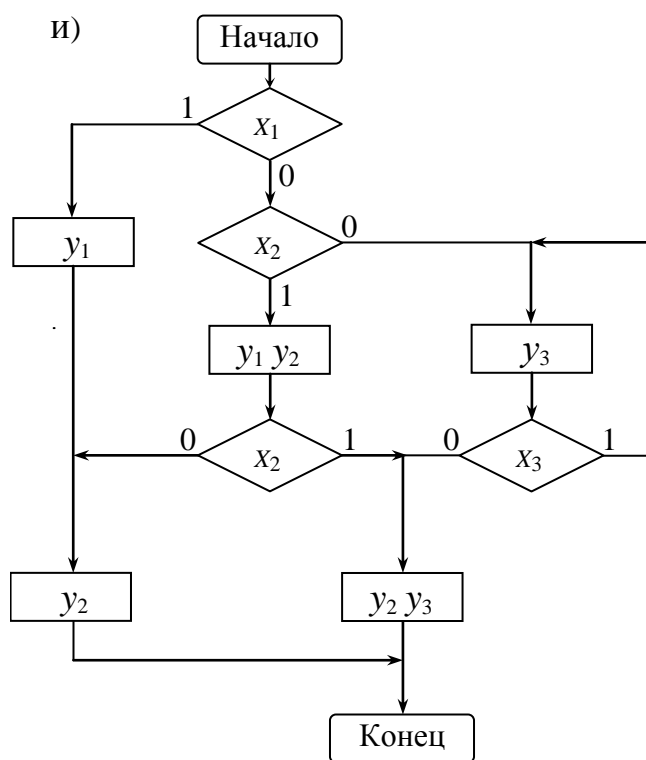
Практическое задание

Выполнить синтез структурного автомата по ГСА. Синтезировать МПА Мили (Мура). Память автомата реализовать на следующих триггерах:

- 1) *D*-триггерах; 2) *T*-триггерах; 3) *RS*-триггерах; 4) *JK*-триггерах.







Список использованных источников

1. Савельев, А. Я. Прикладная теория цифровых автоматов / А. Я. Савельев. – М. : Высш. шк., 1987.
2. Лысиков, Б. Г. Арифметические и логические основы цифровых автоматов / Б. Г. Лысиков. – Минск : Высш. шк., 1980.
3. Лысиков, Б. Г. Цифровая вычислительная техника / Б. Г. Лысиков. – Минск : 2003 г.
4. Луцик, Ю. А. Арифметические и логические основы вычислительной техники : метод. пособие. / Ю. А. Луцик, И. В. Лукьянова. – Минск : БГУИР, 2004 г.
5. Мельников, В. П. Информационные технологии : учебник для студентов вузов / В. П. Мельников. – 2-е изд., стер. – М. : Академия, 2009.
6. Синаторов, С. В. Информационные технологии : учеб. пособие / С. В. Синаторов. – М. : Альфа-М : ИНФРА-М, 2009.
7. Жмакин, А. П. Архитектура ЭВМ / А. П. Жмакин. – СПб. : БХВ-Петербург, 2006.
8. Потапов, И. В. Прикладная теория цифровых автоматов : учеб. пособие / И. В. Потапов – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2014.
9. Постников, А. И. Прикладная теория цифровых автоматов : учеб. пособие / А. И. Постников, О. В. Непомнящий, Л. В. Макуха. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2017.

Содержание

Введение.....	3
Тема 1. Системы счисления и операции с числами.....	4
Тема 2. Коды чисел.	8
Тема 3. Формы представления чисел. Числа с фиксированной и плавающей запятой. Сложение чисел с плавающей запятой.....	11
Тема 4. Машинные методы умножения чисел.....	16
Тема 5. Умножение с хранением переносов.	19
Тема 6. Умножение чисел на два разряда множителя одновременно в прямом коде.	21
Тема 7. Умножение чисел в дополнительном коде.	23
Тема 8. Умножение чисел на два разряда в дополнительном коде.	25
Тема 9. Машинные методы деления чисел.	27
Тема 10. Методы минимизации булевых функций. Алгоритм Квайна. Функционально полный базис.....	30
Тема 11. Минимизация булевых функций. Карты Вейча (Карно). Минимизация не полностью определенных булевых функций.	34
Тема 12. Кубическое представление булевых функций. Алгоритм Квайна-МакКласки. Алгоритм извлечения (Рота).	41
Тема 13. Абстрактные и структурные автоматы. Память автомата, триггеры. Канонический метод синтеза структурного автомата.	49
Тема 14. Синтез структурного автомата по граф схеме алгоритма. Гонки, риск сбоя.	58
Список использованных источников.....	70
Содержание.....	71

Учебное издание

Куприянова Диана Вячеславовна
Лукьянова Ирина Викторовна
Луцик Юрий Александрович

АРИФМЕТИЧЕСКИЕ И ЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

ПОСОБИЕ

Редактор *Е. С. Юрец*
Корректор
Компьютерная правка, оригинал-макет

Подписано в печать Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».
Отпечатано на ризографе. Усл. печ. л. Уч.-изд. л. 4,3. Тираж 40 экз. Заказ .

Издатель и полиграфическое исполнение: Учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий №1/238 от 24.03.2014, №2/113 от 07.04.2014, №3/615 от 07.04.2014.
Ул. П. Бровки, 6, 220013, г. Минск.