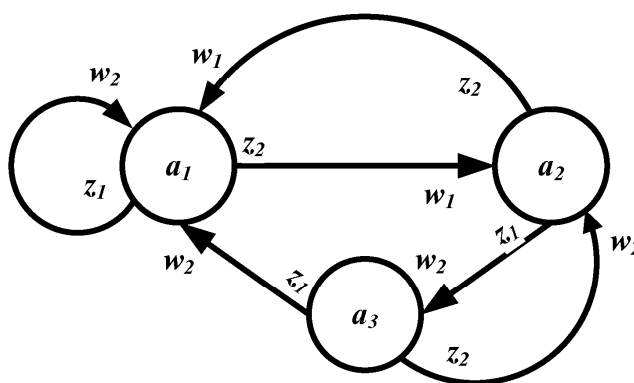


ТЕОРИЯ АВТОМАТОВ

Материал для практических заданий, разработанный для самостоятельного освоения в условиях удаленной системы обучения

часть 5



Материал для проведения практических занятий по одному из основных разделов дисциплины “Теория автоматов” – “Логические основы цифровых автоматов”.

Целью занятий является практическое закрепление знаний о формах представления и методах преобразования логических функций, а также методике синтеза комбинационных схем.

Каждое практическое занятие включает в себя постановку цели занятия, краткий теоретический материал по теме, характерные примеры, контрольные вопросы и упражнения для самостоятельной работы.

До проведения занятия студент должен уяснить его цель и ответить на контрольные вопросы. Во время занятия разбираются примеры и выполняются упражнения по вариантам. Контроль знаний проводится по результатам ответов на контрольные вопросы и выполнения упражнений.

5 Практическое занятие №5. Формы задания конечных автоматов

Цифровой автомат (ЦА) - это устройство для преобразования дискретных данных в результате перехода из одного состояния в другое под воздействием входных сигналов и сохраняющее свое состояние при отсутствии последних.

Как правило, ЦА описывается следующим кортежем: $M = \{X, Y, S, \delta, \lambda, s_0\}$, где X, Y, S – соответственно множества входных, выходных значений и внутренних состояний ЦА.

$$X = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}; Y = \{y_1, y_2, y_3, \dots, y_m\}; S = \{s_1, s_2, s_3, \dots, s_k\}; \quad (5.1)$$

где m, n, k – числа элементов множеств;

δ, λ – соответственно функция перехода из одного состояния в другое и функция выхода ЦА;

s_0 – начальное состояние ЦА.

Задать автомат – это значит определить все элементы выражения (5.1).

Если m, n, k конечны, то автомат называют конечным. Состояние ЦА определяется состоянием элементов памяти.

По закону функционирования или по виду выходной функции ЦА делятся на: автоматы первого рода (автоматы Мили) и автоматы второго рода.

Модель функционирования автомата Мили имеет следующий вид:

$$s(t) = \delta[s(t-1), x(t)], \quad y(t) = \lambda[s(t-1), x(t)], \quad (5.2)$$

где: $s(t)$ - состояние автомата в настоящий момент дискретного времени;
 $s(t-1)$ - состояние автомата в предыдущий момент. Если $t=0$, то $s(t-1)=s_0$;
 $x(t)$ - входной сигнал в текущий момент;
 δ - оператор (функция) формирования состояния;
 λ - оператор (функция) формирования выходного сигнала.

Таким образом, функционирование ЦА представляется совокупностью двух функций: функции перехода δ и функции выхода λ . При этом состояние $s(t)$ зависит от предыдущего состояния $s(t-1)$ и входного сигнала в данный момент времени, выходной сигнал в данный момент времени так же определяется предыдущим состоянием и входным сигналом в данный момент времени.

Закон функционирования ЦА 2-го описывается следующим образом:

$$s(t) = \delta[s(t-1), x(t)], \quad y(t) = \lambda[s(t), x(t)]. \quad (5.3)$$

Если функцию выхода в последнем выражении представить как:

$$y(t) = \lambda[s(t)], \quad (5.4)$$

то получим модель работы автомата Мура, являющегося одним из представителей ЦА 2-го рода.

Как видно из описаний автоматов, у ЦА Мили выходной сигнал имеется только тогда, когда есть входной сигнал, а у ЦА Мура выходной сигнал на текущий момент не зависит от входного сигнала.

Большинство аппаратно-программных средств вычислительной техники описывается автоматами Мили и Мура.

Для описания (задания) ЦА используются разнообразные средства, называемые языками, которые делятся на начальные и автоматные языки.

Среди начальных языков основными являются: язык логических

выражений, язык логических схем алгоритмов, язык граф–схем алгоритмов (ГСА).

В автоматных языках поведение ЦА задается путем явного описания функции переходов и выходов, в частности с использованием уточненных графов переходов и выходов, таблиц переходов и выходов, матриц переходов и выходов.

Рассмотрим задачи формирования табличной и графической форм задания конечных автоматов. В качестве исходных данных будем использовать ГСА микропрограмм.

По ГСА можно построить графы и таблицы переходов-выходов микропрограммного автомата, соответствующие автомату Мура или Мили. Для этого на ГСА нужно отметить (указать) символы состояний автомата. Существует несколько способов разметки ГСА ЦА. Рассмотрим один из них. Будем полагать, что автомат начинает работу с состояния s_0 , в котором он не вырабатывает никаких выходных сигналов и после выполнения микропрограммы снова оказывается в этом же состоянии. Затем автомат переходит в состояния, предписанные законом функционирования, и формирует микрокоманды из заданного множества Y . Момент окончания выполнения микропрограммы отмечается возвратом автомата в начальное состояние s_0 .

Отметка состояний на ГСА должна соответствовать закону функционирования автомата Мура или Мили, то есть выполняется различным образом.

Для автомата Мура выходные сигналы связаны только с состоянием автомата, поэтому каждой операторной вершине ГСА нужно поставить в соответствие одно из состояний автомата. Правило разметки состояний автомата на ГСА выглядит следующим образом:

- символом s_0 отмечаются начальная и конечная вершины ГСА, при этом символ состояния ставится рядом с вершиной;
- каждая операторная вершина отмечается единственным символом из списка: $s_1, s_2, s_3, s_4, s_5, \dots$; две и более различные операторные вершины не могут быть отмечены одинаковыми символами.

На рисунке 5.1 представлена ГСА, размеченная для автоматов Мура и Мили. В каждом такте автомат Мура, интерпретирующий данную микропрограмму, переходит из одного состояния в другое и выдаёт соответствующие выходные управляющие сигналы y_i . Так, при наличии входного сигнала $x_1 = 0$ автомат из состояния s_0 перейдет в состояние s_1 и выдаст выходной сигнал y_1 . В следующем такте работы под воздействием входного сигнала $x_2 = 1$ автомат из состояния s_1 перейдет в состояние s_3 с выдачей выходных сигналов y_2 и y_3 .

Если для реализации ГСА используется автомат Мили, то разметка граф-схемы алгоритма производится в следующем порядке:

- символом s_0 отмечается выход начальной и вход конечной вершины;
- символами: s_1, s_2, \dots - отмечаются входы вершин, следующие за операторными вершинами;
- входы двух различных вершин не могут быть отмечены одинаковыми символами;

входы вершины могут отмечаться только одним символом состояния.

На рисунке 5.1 разметка ГСА для автомата Мили представлена состояниями в скобках.

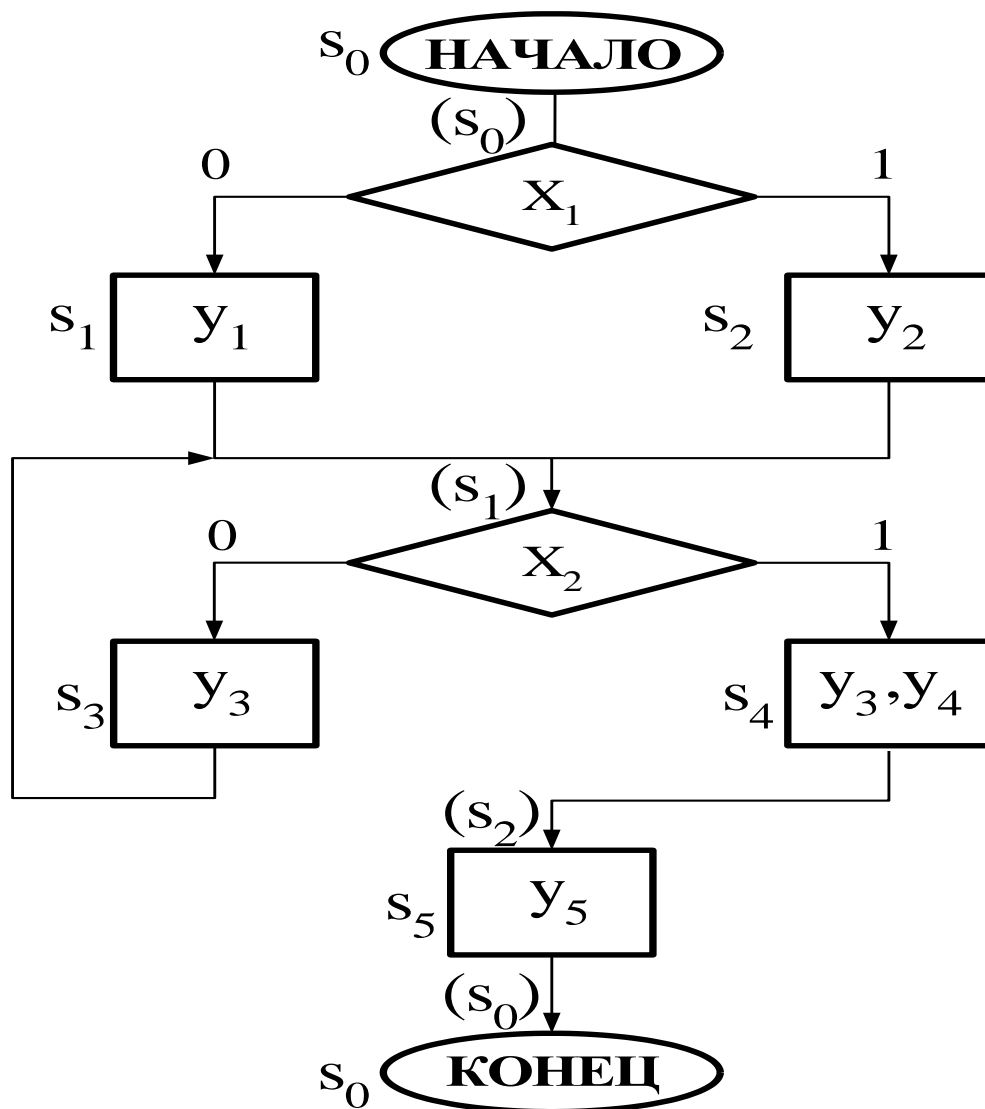


Рисунок 5.1 – Размеченная граф-схема алгоритма

Графы переходов состояний ЦА строятся с использованием размеченной ГСА. При этом состояния ЦА представляются вершинами графа. Переходы от одного состояния к другому изображаются направленными дугами. Значение входного сигнала, вызывающего этот переход из текущего состояния $s(t)$ в последующее $s(t+1)$, приписывается соответствующей дуге. Для автомата Мура значения выходных сигналов зависят только от состояния и поэтому приписываются соответствующей вершине. Таким образом, на графах отображаются обе характеристические функции автомата. Граф автомата Мура, построенный по ГСА, представлен на рисунке 5.2 “а”, а для автомата Мили – на рисунке 5.2 “б”.

При формировании графа для автомата Мили необходимо учитывать, что значения выходных сигналов $Y(t)$, определяемые значениями текущего состояния $s(t)$ и входных сигналов $x(t)$, ставятся в соответствие самой дуге. Если смена

состояний ЦА происходит без наличия входных сигналов (без условий), а по тактовому синхросигналу, то на соответствующей дуге перехода ставится прочерк.

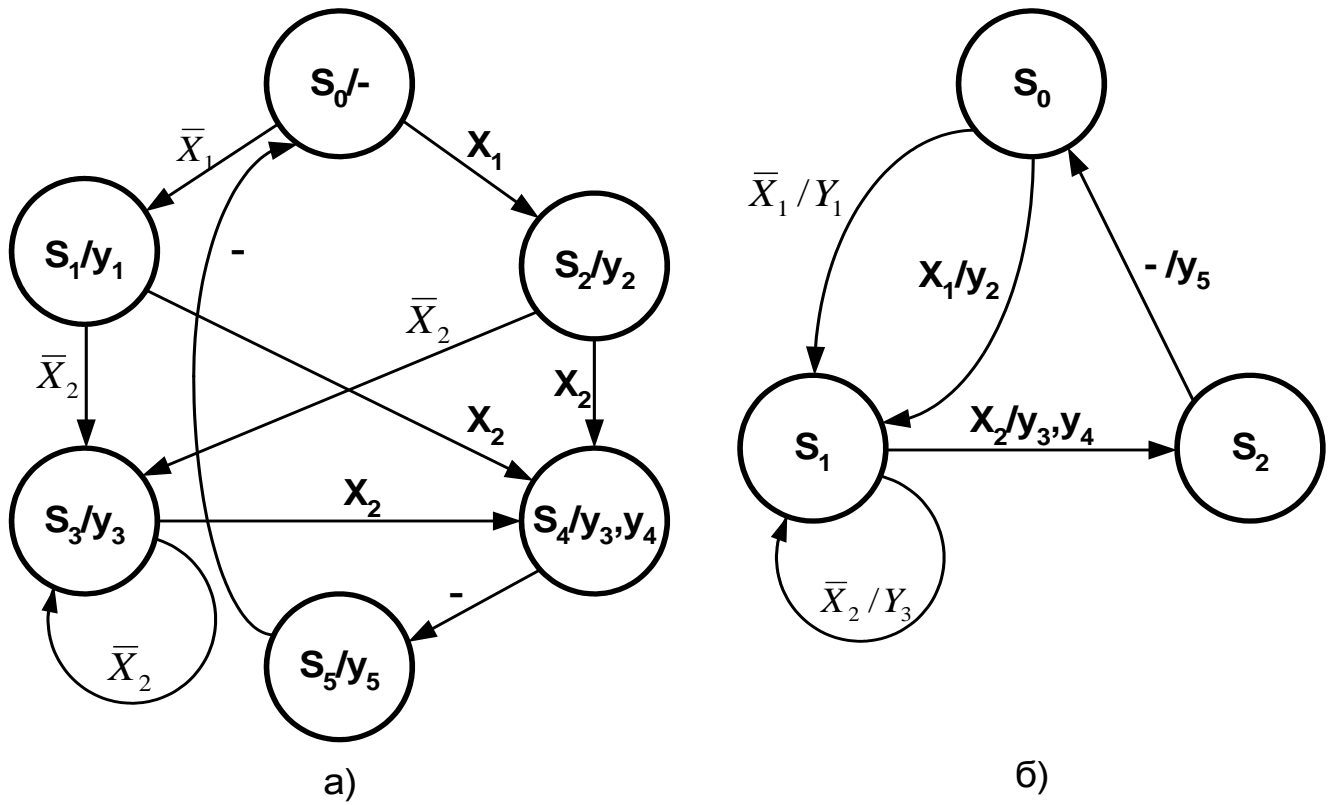


Рисунок 5.2 – Графы переходов: а) для автомата Мура, б) для автомата Мили

Таблицы переходов состояний и выходов ЦА строятся с учетом размеченной ГСА и графов переходов. Существует несколько форм табличного представления ЦА, представленные в таблицах 5.1 – 5.3.

В таблице 5.1 представлена совмещенная таблица переходов и выходов ЦА Мура и Мили, построенная в соответствии с выражениями (5.1)-(5.4).

Прочерки в таблице для входных сигналов обозначают безразличную реакцию ЦА на значение входного сигнала в данный момент времени. Прочерки для выходных сигналов означают смену перехода состояния ЦА без выдачи команды. Таблица 5.1 обычно используется в процессе синтеза ЦА и имеет детализированную структуру.

На этапе задания ЦА часто используется более компактная форма описания ЦА, представленная в таблицах 5.2 – 5.3.

Для автомата Мура в ячейках таблицы переходов-выходов для значений аргументов $x(t)$, и состояния $s(t-1)$ проставляются коды состояний $s(t)$. Код выходных сигналов $Y(t)$ представляются в отдельном столбце.

Для автомата Мили в ячейках таблицы переходов-выходов для каждой пары аргументов и предшествующего состояния ЦА проставляются коды текущих состояний и выходных сигналов.

Таблица 5.1 - Таблица переходов и выходов для автоматов Мура и Мили

X(t)		S(t-1)	S(t)	Y(t)
X ₁	X ₂			
Автомат Мура				
0	-	S ₀	S ₁	Y ₁
1	-	S ₀	S ₂	Y ₂
-	0	S ₁	S ₃	Y ₃
-	1	S ₁	S ₄	Y ₄
-	0	S ₂	S ₃	Y ₃
-	1	S ₂	S ₄	Y ₃ , Y ₄
-	1	S ₃	S ₄	Y ₃ , Y ₄
-	0	S ₃	S ₃	Y ₃
-	-	S ₄	S ₅	Y ₅
-	-	S ₅	S ₀	-
Автомат Мили				
0	-	S ₀	S ₁	Y ₁
1	-	S ₀	S ₁	Y ₂
-	0	S ₁	S ₁	Y ₃
-	1	S ₁	S ₂	Y ₃ , Y ₄
-	-	S ₂	S ₀	Y ₅

Таблица 2 – Совмещенная таблица переходов и выходов автомата Мура

Y_j	S_i	X_1X_2			
		00	01	10	11
-	S_0	S_1	S_1	S_2	S_2
Y_1	S_1	S_3	S_4	S_3	S_4
Y_2	S_2	S_3	S_4	S_3	S_4
Y_3	S_3	S_3	S_4	S_3	S_4
Y_3, Y_4	S_4	S_5	S_5	S_5	S_5
Y_5	S_5	S_0	S_0	S_0	S_0

Таблица 3 – Совмещенная таблица переходов и выходов автомата Мили

S_i	X_1X_2			
	00	01	10	11
S_0	S_1/Y_1	S_1/Y_1	S_1/Y_2	S_1/Y_2
S_1	S_1/Y_3	S_2/Y_3Y_4	S_1/Y_3	S_2/Y_3Y_4
S_2	S_0/Y_5	S_0/Y_5	S_0/Y_5	S_0/Y_5

Контрольные вопросы

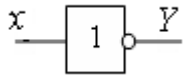
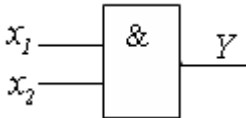
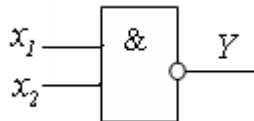
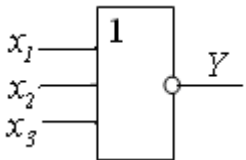
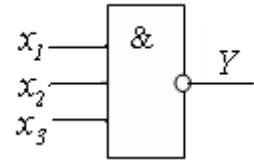
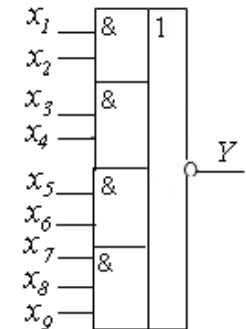
- 1 Сформулируйте правила разметки ГСА для автоматов Мура и Мили.
- 2 Сформулируйте правила построения графов переходов для автоматов Мура и Мили.
- 3 Сформулируйте правила построения таблиц переходов-выходов для автоматов Мура и Мили.

Упражнение № 5

Для варианта задания по ГСА микропрограммы построить графы и таблицы переходов-выходов автоматов Мура и Мили.

Приложение А
(справочное)

Таблица А.1 – Обозначение логических элементов в схемах

Наименов. ИМС		Функциональное назначение	Реализация ЛФ	Графическое изображение ЛЭ	К _{об}	t _{зад.ус.ед.}
К155	К561					
ЛН1	ЛН2	6 логических элементов НЕ (инвертор)	$Y = \bar{x}$		1/6	1
ЛИ1		4 логических элемента 2И (конъюнктор)	$Y = x_1 x_2$		1/4	1
ЛА3	ЛА7	4 логических элемента 2И-НЕ (конъюнктор с инвертором)	$Y = \overline{x_1 x_2}$		1/4	1
	ЛЕ10	3 логических элемента 3ИЛИ-НЕ (дизъюнктор с инвертором)	$Y = \overline{x_1 \vee x_2 \vee x_3}$		1/3	1
ЛА4	ЛА9	3 логических элемента 3И-НЕ	$Y = \overline{x_1 x_2 x_3}$		1/3	1
ЛР3		Логический элемент 2-2-2-3И-4ИЛИ-НЕ	$Y = \overline{x_1 x_2 \vee x_3 x_4 \vee x_5 x_6 \vee x_7 x_8}$		1	1.53