

ГУАП

КАФЕДРА № 44

ОТЧЕТ
ЗАЩИЩЕН С ОЦЕНКОЙ
ПРЕПОДАВАТЕЛЬ

канд. техн. наук

должность, уч. степень, звание

подпись, дата

Т.Н.Соловьёва

инициалы, фамилия

ОТЧЕТ О ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

СИНТЕЗ МИКРОПРОГРАММНЫХ АВТОМАТОВ

по курсу: ТЕОРИЯ АВТОМАТОВ

РАБОТУ ВЫПОЛНИЛ

СТУДЕНТ ГР. № 4143

подпись, дата

Е.Д.Тегай

инициалы, фамилия

Санкт-Петербург 2023

Цель работы

Изучение основ проектирования микропрограммных автоматов (МПА), приобретение навыков построения структурных схем МПА.

Задание по работе

Дана графическая схема алгоритма. Необходимо построить функциональную схему МПА (для четных вариантов – модели Мили, для нечетных – модели Мура), работающего в соответствии с этим алгоритмом.

Проверку корректности работы спроектированной функциональной схемы автомата необходимо провести в пакете Quartus.

Индивидуальный вариант

Формулировка индивидуального варианта показана на рисунках 1 - 2.

48	7	JK	обратная
----	---	----	----------

Рисунок 1 – Формулировка индивидуального варианта

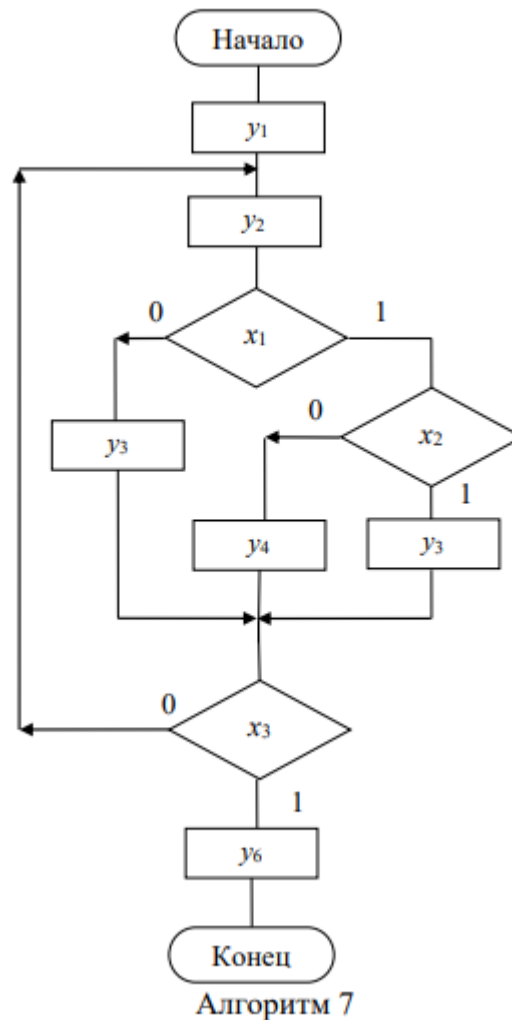


Рисунок 2 – Формулировка индивидуального варианта

Следует отметить, что в данном варианте ход работы будет построен на основе автомата модели Мили

Порядок выполнения работы

Выполнение работы состоит из двух частей: синтеза автомата и проверки корректности спроектированной функциональной схемы путем моделирования в пакете *Quartus*.

Для выполнения синтеза автомата необходимо:

- 1) выполнить разметку заданной ГСА (для четных вариантов – для модели Мили, для нечетных – для модели Мура);
- 2) построить граф переходов микропрограммного автомата;
- 3) заполнить структурную таблицу (прямую или обратную по заданию);

- 4) выписать из полученной структурной таблицы логические выражения для функций возбуждения триггеров;
- 5) по логическим выражениям, полученным в п. 4, построить схему КС1;
- 6) выписать из структурной таблицы логические выражения для выходных сигналов МПА;
- 7) по логическим выражениям, полученным в п. 6, построить схему КС2;
- 8) добавить к схемам КС1 и КС2 необходимое количество триггеров;
- 9) для проверки корректности полученной схемы по исходной ГСА составить автоматную ленту, учитывающую все возможные переходы автомата.

Для проверки корректности полученной функциональной схемы МПА в пакете *Quartus* необходимо выполнить следующие действия:

- 1) создать проект и построить схему на заданных логических элементах и триггерах; при наборе схемы рекомендуется использовать дешифраторы dec38 или 16dmux из каталога others (следует обратить внимание, что эти дешифраторы имеют инверсные выходы);
- 2) провести компиляцию проекта;
- 3) создать файл временных диаграмм, задать последовательность входных сигналов в соответствии с автоматной лентой;
- 4) провести функциональное моделирование и проверить правильность работы МПА.

Абстрактный синтез микропрограммного автомата модели Мили

ГСА с отметкой состояний автомата продемонстрирован на рисунке 3.

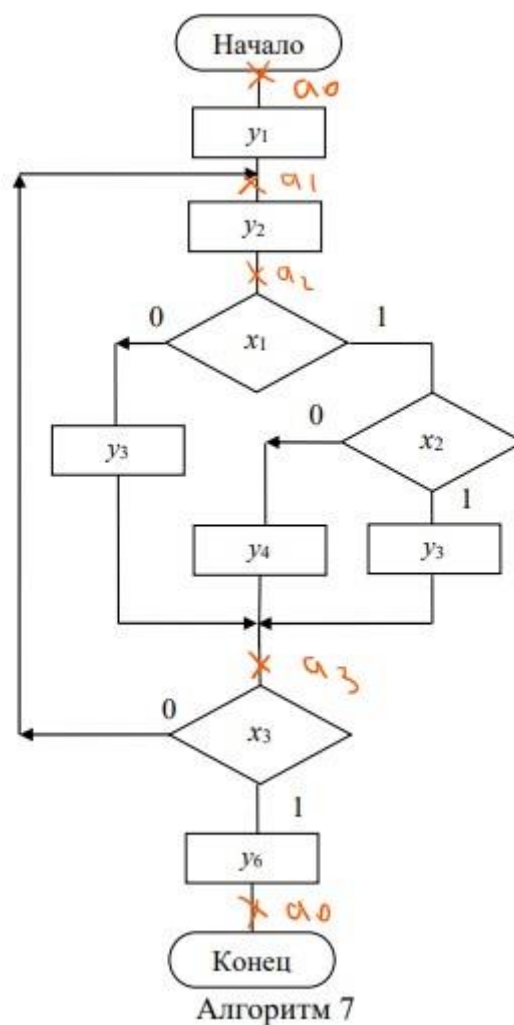


Рисунок 3 – ГСА с отметкой состояний автомата

Отметки состояний автомата проставлены в соответствии со следующими правилами:

- 1) символом a_0 отмечается вход вершины, следующей за начальной, и вход конечной вершины;
- 2) вход каждой вершины, следующей за операторной, отмечается символом a_i ;
- 3) если вход вершины соединен с выходами нескольких операторных вершин, то он отмечается лишь один раз.

Для граф-схемы алгоритма, изображённого на рисунке 3 введём отметки a_0, a_1, a_2, a_3 и получим полное множество путей перехода:

$$\{a_0 y_1 a_1, a_1 y_2 a_2, a_2 \bar{x}_1 y_3 a_3, a_2 x_1 \bar{x}_2 y_4 a_3, a_2 x_1 x_2 y_3 a_3, a_3 \bar{x}_3 a_1, a_3 x_3 y_6 a_0\} \quad (1)$$

После определения множества путей перехода микропрограммный автомат может быть представлен в стандартной графической или табличной форме.

Состояниям автомата ставим в соответствие отметки на граф-схеме алгоритма. За начальное состояние принимаем отметку a_0 . Примем, что между состояниями автомата имеются переходы, если соответствующие отметки на граф-схеме связаны путем перехода. Входной сигнал, определяющий переход, полагаем равным $x(a_m, a_l)$ – конъюнкции содержимого условных вершин на пути перехода, а выходной сигнал равным $u(a_m, a_l)$ – содержимому операторной вершины на пути перехода. Для путей перехода вида $a_m u(a_m, a_l) a_l$ роль входного сигнала будет исполнять синхросигнал.

Для путей перехода вида $a_m x(a_m, a_l) a_l$ все выходные сигналы полагаем равными нулю.

В дальнейшем будем рассматривать только те пути перехода, которые содержат операторную вершину.

По этой причине во множестве путей перехода (1) в дальнейшем не будет использоваться 6 путь перехода.

В результате отождествления элементов ГСА с элементами автомата получаем автомат Мили, имеющий столько же состояний, сколько символов потребовалось для отметки вершин на граф-схеме алгоритма.

Конечный автомат, эквивалентный ГСА, изображённый на рисунке 3, можно представить в виде графа переходов, изображённом на рисунке 4.

При построении графа переходов МПА модели Мили использовались эти примечания:

1) если между двумя состояниями имеется несколько путей перехода, допускается замена соответствующих дуг между этими состояниями одной дугой, причем отметка на этой дуге формируется как дизъюнкция отметок на заменяемых дугах;

2) в каждой вершине графа вместе с абстрактным символом состояния помещен его структурный эквивалент, в дальнейшем символ состояния можно не указывать.

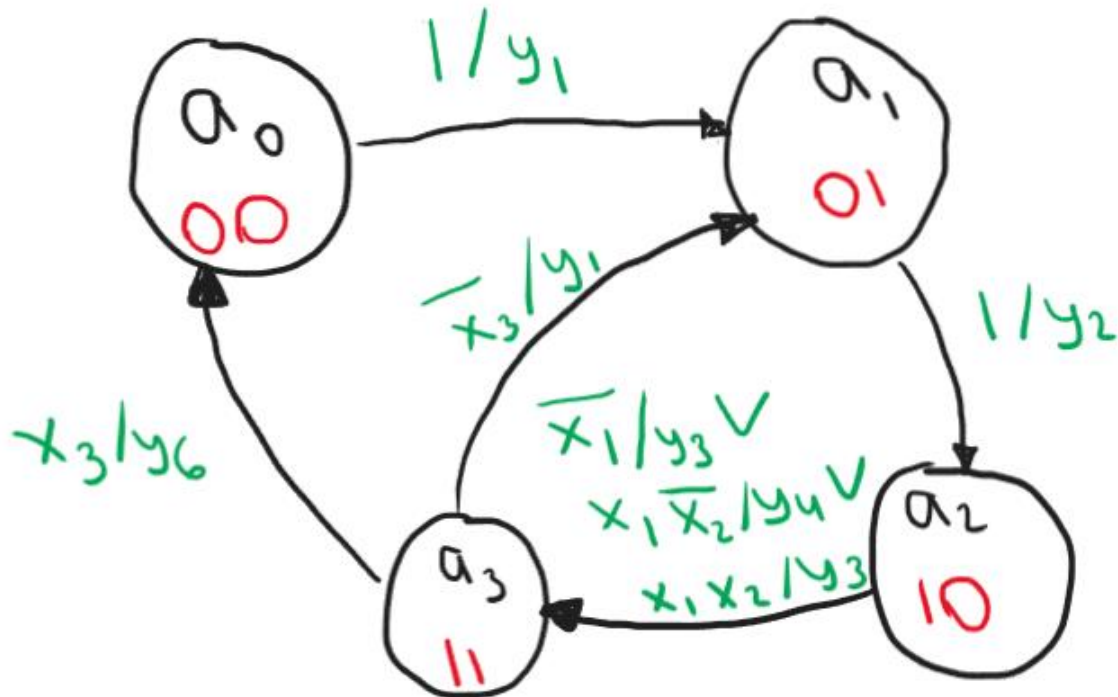


Рисунок 4 – Граф переходов МПА модели Мили

Структурный синтез микропрограммного автомата

Обратная структурная таблица автомата показана в таблице 1. При ее построении воспользуемся вспомогательной таблицей, изображённой на рисунке 5.

$Q(t)$	$Q(t+1)$	JK-триггер	
		$J(t)$	$K(t)$
0	0	0	-
0	1	1	-
1	0	-	1
1	1	-	0

Рисунок 5 – Вспомогательная таблица

Таблица 1

Исходное состояние	Код исходного состояния $Q_2 Q_1$	Состояние перехода	Код состояния перехода $Q_2 Q_1$	Входной сигнал	Выходной сигнал	Обязательная функция возбуждения
a_3	11	a_0	00	x_3	y_6	K_2, K_1
a_0	00	a_1	01	1	y_1	J_1
a_3	11		01	$\overline{x_3}$	y_1	K_2
a_1	01	a_2	10	1	y_2	J_2, K_1
a_2	10	a_3	11	$\overline{x_1}$	y_3	J_1
a_2	10		11	$x_1 \overline{x_2}$	y_4	J_1
a_2	10		11	$x_1 x_2$	y_3	J_1

По обратной структурной таблице 1 записываются ЛВ сигналов возбуждения при построении КС1 и ЛВ выходных сигналов автомата при построении КС2.

Построение КС1

Для построения КС1 из структурной таблицы выписываются логические выражения для функций возбуждения. С этой целью в таблице выбираются строки, содержащие одинаковые отметки в последнем столбце. Для каждой строки записывается конъюнкция исходного состояния и входного сигнала. Если строк несколько, полученные конъюнкции объединяются знаком дизъюнкции. Таким образом, образуются ДНФ функций возбуждения, по которым затем строится схема в обычном базисе (И, ИЛИ, НЕ).

В результате получаем следующие функции возбуждения JK-триггеров:

$$\begin{aligned}
 J_2 &= \overline{Q_2} Q_1, \\
 K_2 &= Q_2 Q_1 x_3 \vee Q_2 Q_1 \overline{x_3}, \\
 J_1 &= \overline{Q_2} \overline{Q_1} \vee Q_2 \overline{Q_1} \overline{x_1} \vee Q_2 \overline{Q_1} x_1 \overline{x_2} \vee Q_2 \overline{Q_1} x_1 x_2. \\
 K_1 &= Q_2 Q_1 x_3 \vee \overline{Q_2} Q_1
 \end{aligned} \tag{2}$$

Здесь Q_2 и Q_1 - выходные сигналы второго и первого JK-триггеров памяти.

Рассмотрим возможность уменьшения ранга конъюнкций в ЛВ для функций возбуждения и, как следствие, сокращения числа входов на конъюнкторы в схеме. Она связана с вводом в состав схемы дешифратора с двумя входами и четырьмя выходами. Это показано на рисунке 6.

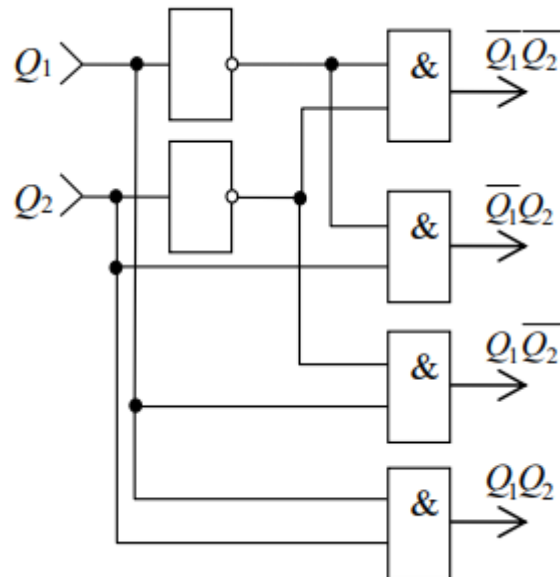


Рисунок 6 – Схема дешифратора 2х4

Условное графическое обозначение дешифратора изображено на рисунке 7.

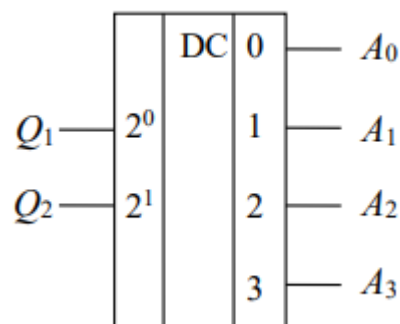


Рисунок 7 – Условное графическое обозначение дешифратора 2х4

Если к входам дешифратора подключить выходные сигналы триггеров, на его выходах будут формироваться сигналы, соответствующие состояниям автомата:

$$A_0 = \overline{Q_2} \overline{Q_1}, A_1 = \overline{Q_2} Q_1, A_2 = Q_2 \overline{Q_1}, A_3 = Q_2 Q_1.$$

Учитывая конкретный вид уравнений, систему (2) для функций возбуждения триггеров можно переписать в более простом виде:

$$J_2 = A_1,$$

$$K_2 = A_3x_3 \vee A_3\overline{x_3} = A_3,$$

$$J_1 = A_0 \vee A_2\overline{x_1} \vee A_2x_1\overline{x_2} \vee A_2x_1x_2 = A_0 \vee A_2,$$

$$K_1 = A_3x_3 \vee A_1$$

Построение КС2

ЛВ для выходных сигналов записываются аналогично тому, как это делалось для функций возбуждения, при этом рассматриваются отметки выходных сигналов в столбце 6 обратной структурной таблицы. Запишем эти выражения, предполагая наличие в схеме дешифратора:

$$y_1 = A_0 \vee A_3\overline{x_3},$$

$$y_2 = A_1,$$

$$y_3 = A_2\overline{x_1} \vee A_2x_1x_2,$$

$$y_4 = A_2x_1\overline{x_2},$$

$$y_6 = A_3x_3.$$

По логическим выражениям, полученным для функций возбуждения и выходных сигналов, составляется функциональная схема автомата.

Моделирование работы структурного автомата

Схема структурного автомата, построенная в QUARTUS, продемонстрирована на рисунке 8.

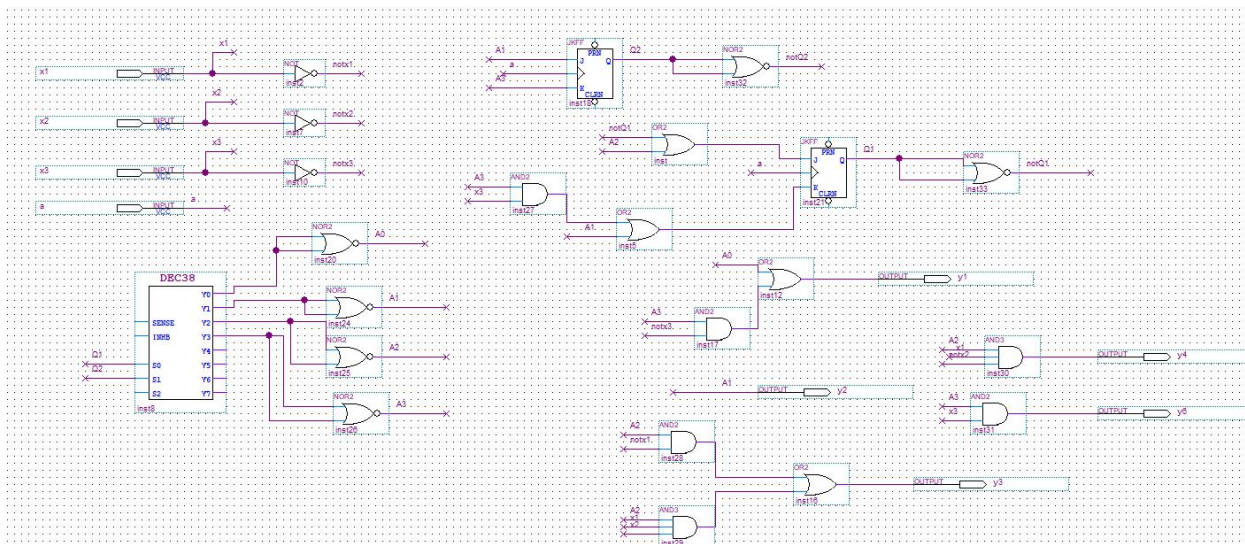


Рисунок 8 - Схема структурного автомата

Автоматные ленты для проверки корректности работы МПА продемонстрированы в таблицах 2 – 5.

Таблица 2

1	1	$\overline{x_1}$	$\overline{x_3}$
a_0	a_1	a_2	a_3
y_1	y_2	y_3	y_1

Таблица 3

1	1	$\overline{x_1}$	x_3
a_0	a_1	a_2	a_3
y_1	y_2	y_3	y_6

Таблица 4

1	1	$x_1 \overline{x_2}$	x_3
a_0	a_1	a_2	a_3
y_1	y_2	y_4	y_6

Таблица 5

1	1	$x_1 x_2$	x_3
a_0	a_1	a_2	a_3
y_1	y_2	y_3	y_6

Скриншоты временных диаграмм с результатами моделирования автоматной ленты продемонстрированы на рисунках 9 – 12.

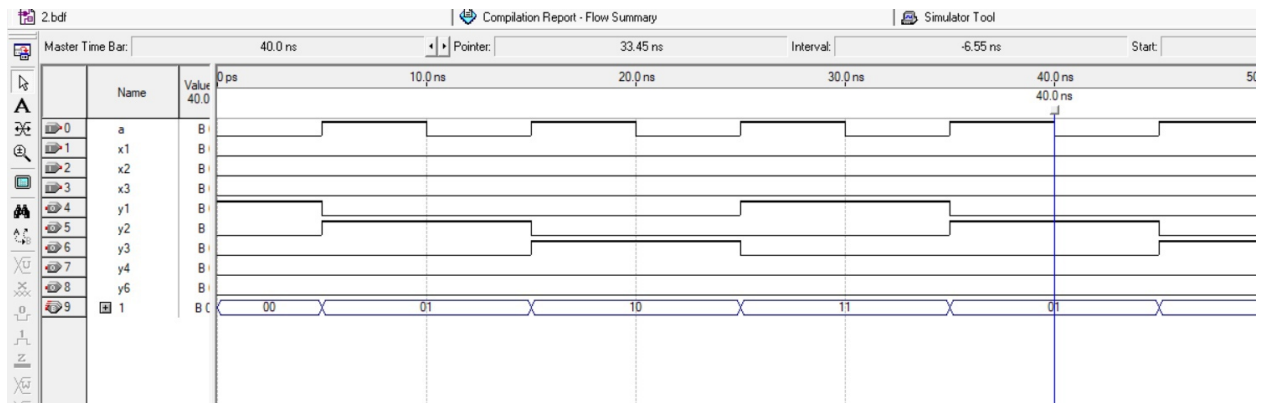


Рисунок 9 – Результаты моделирования автоматной ленты

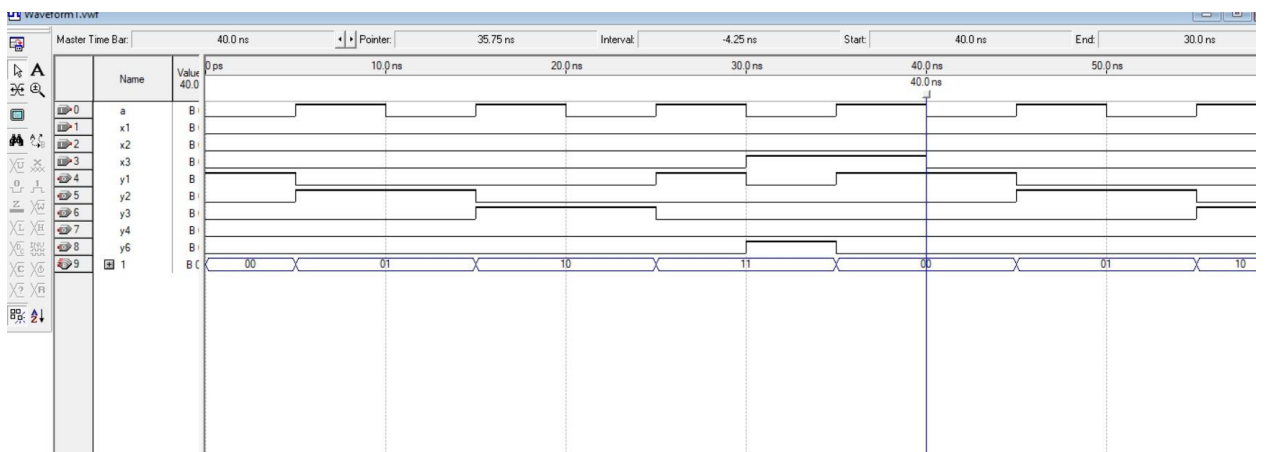


Рисунок 10 – Результаты моделирования автоматной ленты

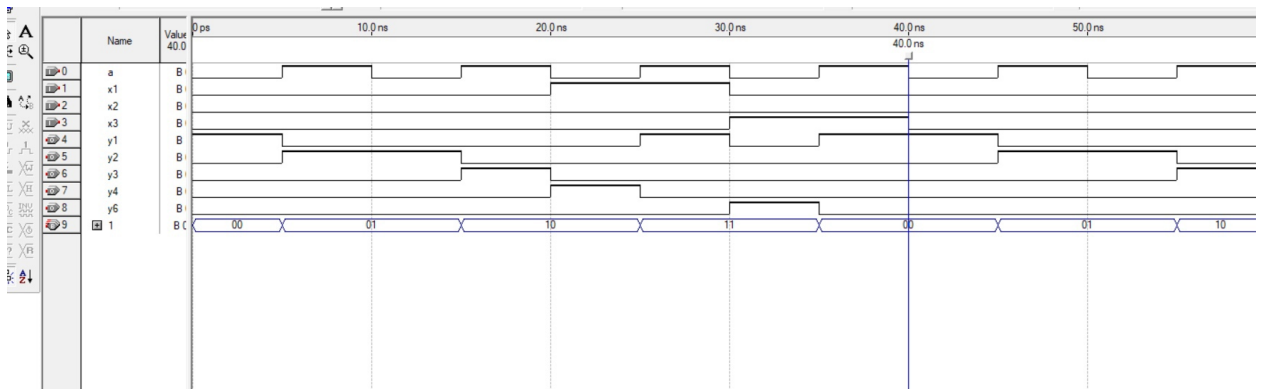


Рисунок 11 – Результаты моделирования автоматной ленты

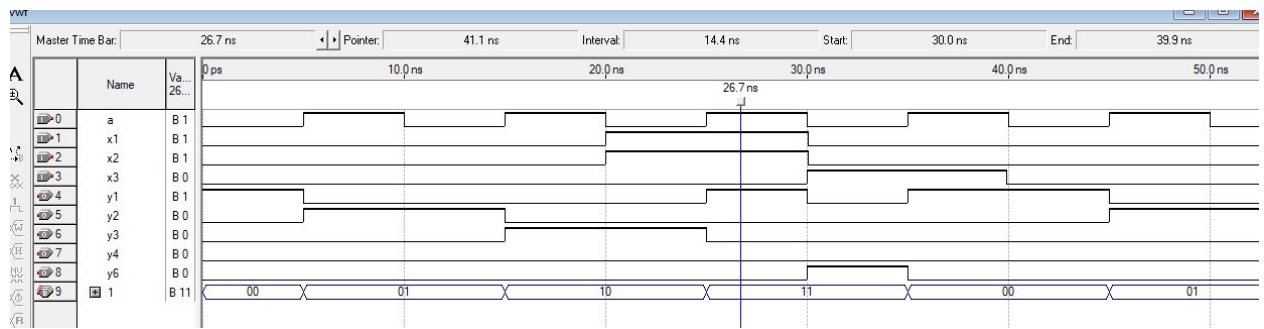


Рисунок 12 – Результаты моделирования автоматной ленты

Вывод

В результате выполнения работы произведен структурный синтез микропрограммного автомата модели Мили. Автомат имеет 3 структурных входа и 5 структурных выходов. Для реализации автомата потребовалось 2 триггера типа JK, 6 элемента И, 4 элементов ИЛИ, 3 элемента НЕ, 6 элементов ИЛИ-НЕ и дешифратор 3×8 . Автомат имеет 4 состояния. Моделирование работы микропрограммного автомата произведено в пакете QUARTUS. Изучены основы проектирования микропрограммных автоматов, приобретены навыки построения структурных схем МПА.