



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«МИРЭА – Российский технологический университет»**  
**РТУ МИРЭА**

---

Институт информационных технологий  
Кафедра вычислительной техники

**Отчет по практической работе №4**  
по дисциплине  
**«Архитектура процессоров и микропроцессоров»**

**Выполнил:** студент группы ИВБО-02-19

Д. Н. Федосеев

**Принял:** старший преподаватель кафедры ВТ

Ю. М.Скрябин

Работа выполнена «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_\_

«Зачтено» «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_\_

Москва 2021

## Задание

Для заданного в таблице 4 закодированного графа разработать три микропрограммных автомата (МПА):

1. МПА Мили на жесткой логике;
2. Управляющий автомат на программируемой логике (УАПЛ) с принудительной адресацией с 2-я адресными полями;
3. УАПЛ с естественной адресацией.

Для УАПЛ выбрать смешанный способ микропрограммирования.

## Перечень сокращений

Приведем также перечень сокращений, используемых в ходе данной работы:

МКП — микропрограмма

МПА — микропрограммный автомат

УАПЛ — управляющий автомат на программируемой логике

ГСА — граф-схема автомата

АЛУ — арифметико-логическое устройство

УУ — устройство управления

КС1 — первая комбинационная схема

КС2 — вторая комбинационная схема

ОП — операционное поле

АП — адресное поле

БП — безусловный переход

УП — условный переход

СЧАМК — счетчик адреса микрокоманд

ОЗУ — оперативное запоминающее устройство

РК — регистр команд

РС — распределитель сигналов

ДС — дешифратор

КОП — код операции

РОН — регистр общего назначения

## Ход работы

В ходе данной лабораторной работы нам было предложено разработать три микропрограммных автомата (МПА). Приведем абстрактный граф-схему автомата (ГСА) (см. Рисунок 1). Где  $a_1 \dots a_5$  — состояния автомата, причем  $a'_1$  — конечное состояние автомата.

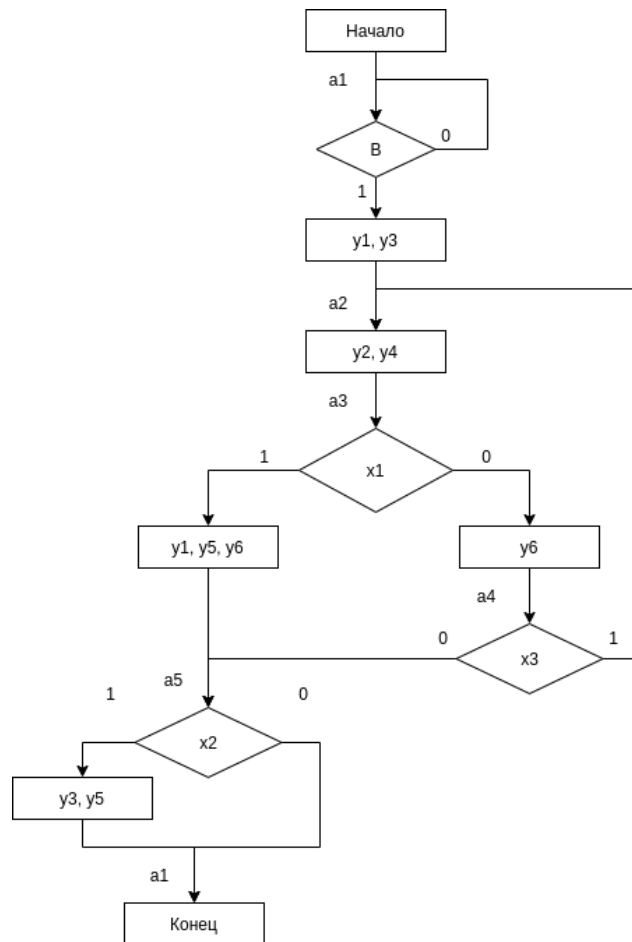


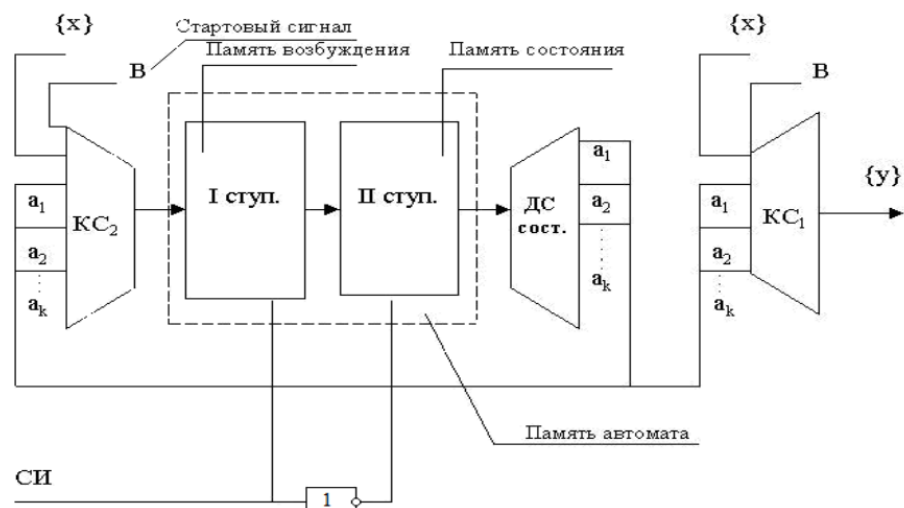
Рисунок 1 – Граф-схема автомата

Получим закодированный граф на базе ФСА, заменив микрооперации управляющими сигналами  $\{y\}$ , а логические условия — осведомительными сигналами  $\{x\}$ .

Рассмотрим реализацию блока управления на базе МПА с жесткой логикой (автомат Мили), приведенного на Рисунке 2.

В состав 2 МПА входят следующие структурные элементы:

- 2-х ступенчатая память автомата;
- дешифратор состояния (ДСсост.);
- две комбинационные схемы КС1 и КС2.



**Рисунок 2** – МПА на жесткой логике на базе автомата Мили

Память служит для запоминания состояния автомата.

Во второй ступени фиксируется текущее состояние, по которому комбинационная схема КС1 формирует набор управляющих сигналов. Первая ступень предназначена для формирования следующего состояния в зависимости от предыдущего и значений осведомительных сигналов. Переключение первой ступени памяти осуществляет схема КС1.

Двухступенчатая память применяется для исключения «гонок» из-за разницы в величине задержек в КС1 при переключении различных разрядов памяти.

Для ГСА (Рисунок 1) выходы операторных вершин, отмеченные символами  $a_1 \dots a_5$  соответствуют состояниям памяти МПА. Присвоим состояниям двоичные коды:

$$a1(a1') = 000$$

$$a2 = 001$$

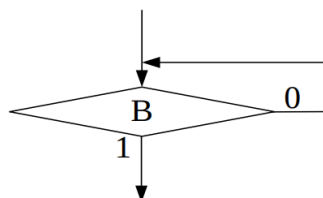
$$a3 = 010$$

$$a4 = 011$$

$$a5 = 100$$

Для кодирования пяти состояний потребовалось три двоичных разряда, соответственно память автомата будет строиться на трех триггерах. Выход вершины «начало» и вход в вершину «конец» отмечен одним и тем же сим-

волом  $a1$ . Это соответствует одному и тому же состоянию памяти и означает, что после выполнения своих функций по генерации  $\{y\}$  в соответствии заданной ГСА, МПА возвращается в исходное положение до следующей инициализации. Для этого в ГСА после вершины «Начало» необходимо поставить ждущую вершину:



**Рисунок 3** – Ждущая вершина

Начало работы автомата обеспечивает сигнал «В», устанавливаемый извне в «1» (интерпретируется как осведомительный сигнал). После этого он сбрасывается в «0», а МПА после завершения работы снова переходит в состояние покоя « $a1$ ». Для реализации МПА необходимо по ГСА построить таблицу состояний и переходов автомата (Таблица 1).

Текущее состояние	Код текущего состояния	Управляющие сигналы (вход. набор)	Осведомительные сигналы (условие)	Следующее состояние	Код следующего состояния	Сигналы возбуждения памяти
a1	000	y3, y1	B	a2	001	S1
		- -	!B	a1	000	- -
a2	001	y2, y4	1	a3	010	S2 R1
a3	010	y1, y5, y6	x1	a5	100	S3 R2
		y6	!x1	a4	011	S1
a4	011	-	x3	a2	001	R2
		-	!x3	a5	100	S3 R2 R1
a5	100	y3, y5	x2	a1	000	R3
		-	!x2	a1	000	R3

**Таблица 1** – Таблица состояний

В таблице отмечаются состояния МПА, управляющие сигналы, формируемые в каждом состоянии при наличии определенных значений осведомительных сигналов. Кроме того, в правой колонке таблицы записываются сигналы возбуждения памяти, формируемые по кодам состояния текущего и следующего состояния памяти.

Значения сигналов определяются таблицами переключения триггеров, выбранных для построения памяти. В данном случае память реализована на RS-триггерах. Таблица позволяет описать логическую организацию схем КС1 и КС2, т.е. произвести их абстрактный синтез.

Для КС1

$$y_1 = a_3x_1 + a_1B$$

$$y_2 = a_2$$

$$y_3 = a_1B + a_5x_2$$

$$y_4 = a_2$$

$$y_5 = a_3x_1 + a_5x_2$$

$$y_6 = a_3$$

Для КС2

$$S_1 = a_1B + a_3\bar{x}_1$$

$$R_1 = a_2 + a_4\bar{x}_3$$

$$S_2 = a_2$$

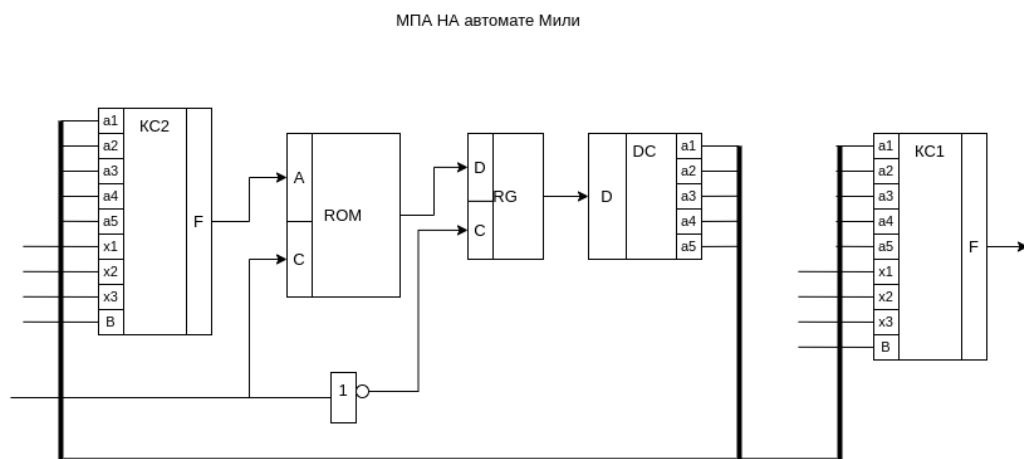
$$R_2 = a_3x_1 + a_4$$

$$S_3 = a_3x_1 + a_4\bar{x}_3$$

$$R_3 = a_5$$

По полученным логическим выражениям произведем структурный синтез схем КС1 и КС2 и построим электрическую функциональную схему МПА.

Приведем схему МПА, построенного на основе автомата Мили адресацией (Рисунок 4).



**Рисунок 4** – МПА на основе автомата Мили

### Реализация блока управления на базе МПА с программируемой логикой.

В МПА с программируемой логикой ГСА реализуется посредством микропрограммы (МКП), хранимой в управляющей памяти. Микропрограмма состоит из микрокоманд (МК), последовательность которых описывает графсхему алгоритма управления. Микрокоманда представляет собой машинное слово, состоящее из двух полей (Рисунок 5).

ОП	АП
----	----

Рисунок 5 – Машинное слово МПА

В ОП микрокоманды записываются управляющие сигналы или их коды. В АП — коды номеров условных вершин ГСА и адрес или адреса перехода к следующей микрокоманде.

Организуем ОП смешанным горизонтально-вертикальным способом. В нашем случае ОП будет состоять из трех сегментов  $NY1-NY3$ , по которым распределяются управляющие сигналы (см. Таблицу 2).

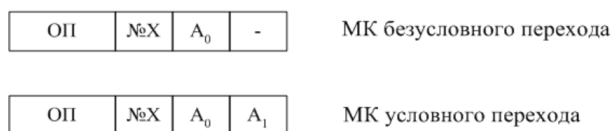
NY1		NY2		NY3	
01	y1	01	y6	1	y5
10	y4	10	y2	0	отс.
11	ук	11	y3		
00	отс.	00	отс.		

Таблица 2 – Организация ОП смешанным способом

Способы перехода в микропрограммах к следующей микрокоманде определяются форматами адресных полей МК и правилами перехода. Принудительный переход выполняется по адресу, указанному в самой МК. Это соответствует безусловному переходу команд БП. При естественной адресации микрокоманд следующая микрокоманда адресуется посредством инкремента счетчика адреса микрокоманд (СЧАМК).

**Микропрограммный автомат с принудительной адресацией МК** Форматы МК с двумя адресными полями при принудительной адресации могут иметь следующий вид (Рисунок 6).

В Таблице 3 представлена МКП, описывающая рассматриваемый алгоритм управления



**Рисунок 6** – Форматы микрокоманд. Принудительная адресация

Разряды	0:1	2:3	4	5:6	7:9	10:12	Прим.
Адрес в УП	NY1	NY2	NY3	NX	A0	A1	УП
1	<y1>	<y3>	-	00	2	-	БУ
2	<y4>	<y2>	-	NX1	3	4	УП
3	-	<y6>	-	NX3	5	2	УП
4	<y1>	<y6>	<y5>	NX2	7	6	УП
5	-	-	-	NX2	7	6	УП
6	-	<y3>	<y5>	00	7	-	БУ
7	<yк>	-	-	-	-	-	

**Таблица 3** – Алгоритм управления. Принудительная адресация

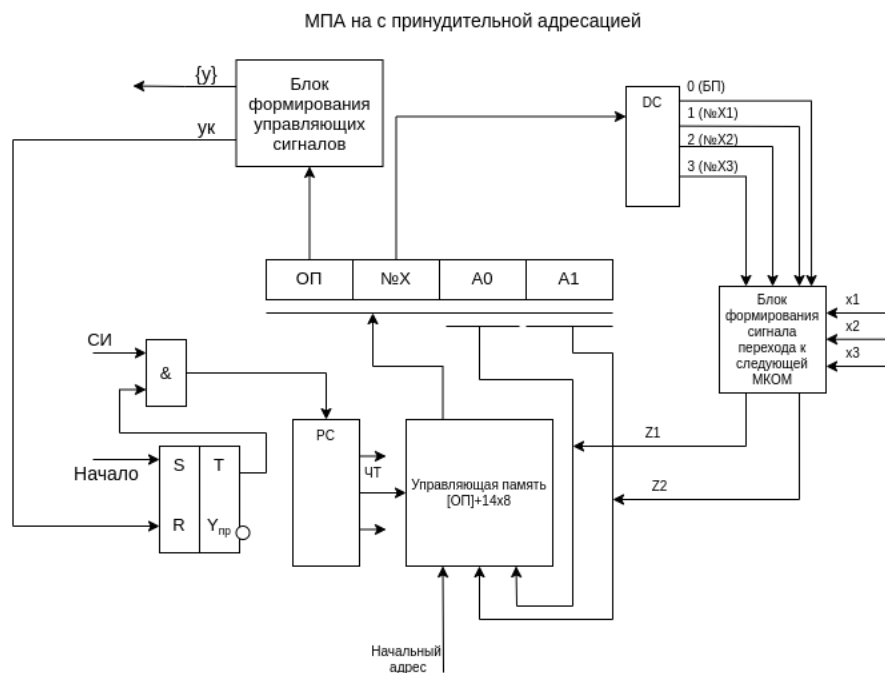
Опишем структуру блока формирования сигналов перехода в виде следующей микрокоманды:

$$Z_1 = \text{БП} + (NX1\bar{x}_1 + NX2\bar{x}_2 + NX3\bar{x}_3)$$

$$Z_2 = NX1x_1 + NX2x_2 + NX3x_3$$

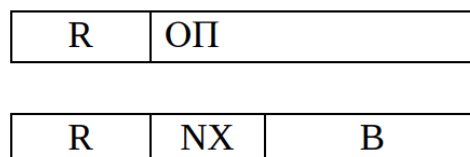
Приведем схему МПА с принудительной адресацией (Рисунок 7).





**Рисунок 7** – МПА с принудительной адресацией

**Микропрограммный автомат с естественной адресацией** Рассмотрим вариант, предлагающий наличие двух типов микрокоманд: операционной, которая выполняет полезную работу и обрабатывает операторные вершины ГСА, и управляющей МК условного и безусловного переходов (Рисунок 8).



**Рисунок 8** – Формат микрокоманд. Естественная адресация

В Таблице 4 представлена МКП, описывающая рассматриваемый алгоритм управления

Опишем структуру блока формирования сигналов перехода в виде следующей микрокоманды:

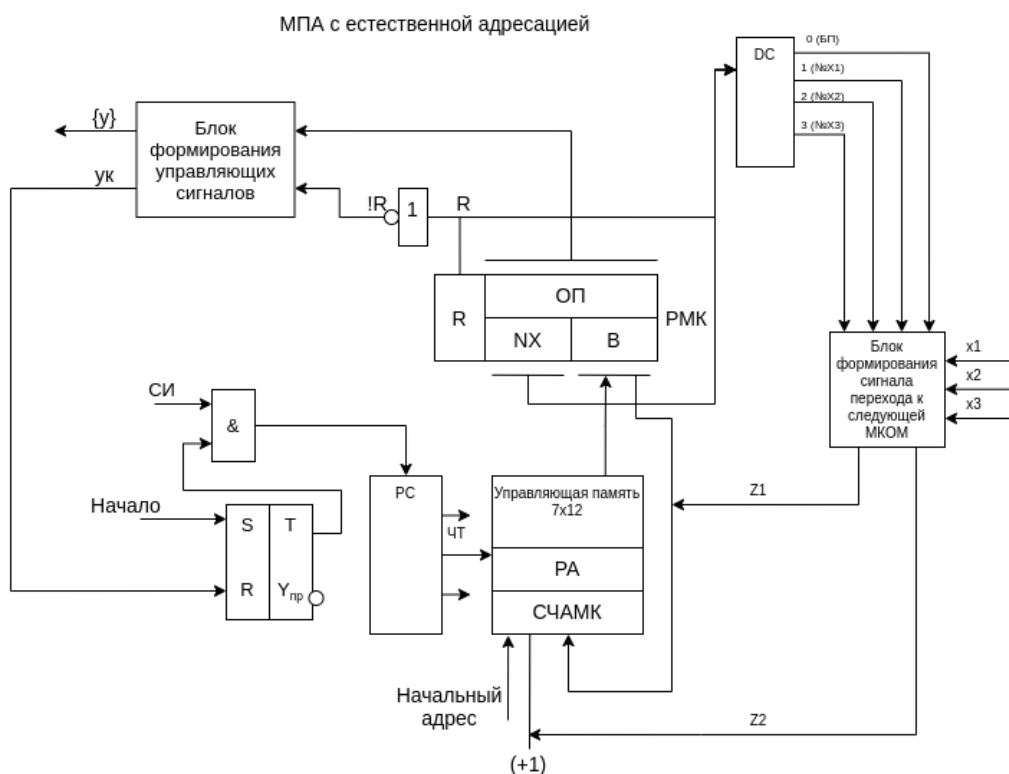
$$Z_1 = R + \bar{R} (NX1\bar{x}_1 + NX2\bar{x}_2 + NX3\bar{x}_3)$$

$$Z_2 = R [\text{БП} + (NX1x_1 + NX2x_2 + NX3x_3)]$$

Приведем схему МПА с естественной адресацией (Рисунок 9).

Адр. МКОП	R	NY1	NY2	NY3	доп
Разр.	0	1:2	3:4	5	6
Адр. МКОП	R	NX	B		
Разр.	0	1:2	3:6		
1	0	<y1>	<y3>		
2	0	<y4>	<y2>	-	0
3	1	NX1	9		
4	-	-	<y6>		
5	1	NX3	2		
6	0	00	00		
7	1	NX2	12		
8	0	<ук>	-		
9	0	<y1>	<y6>	<y5>	0
10	1	NX2	12		
11	0	<ук>	-		
12	0	-	<y3>	<y5>	0
13	0	<ук>	-	-	0

**Таблица 4** – Алгоритм управления. Естественная адресация



**Рисунок 9** – МПА с естественной адресацией

## **Вывод**

В ходе данной практической работы мы ознакомились, разработали три МПА Мили на жесткой логике, УАПЛ с принудительной адресацией с 2-я адресными полями, УАПЛ с естественной адресацией.

Полученные знания применили на практике.