



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

А. М. Сосунов

**Принял:** старший преподаватель кафедры ВТ

Ю. М. Скрыбин

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

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

Москва 2021

# ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ

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

## 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.

## 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.

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.

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 па-

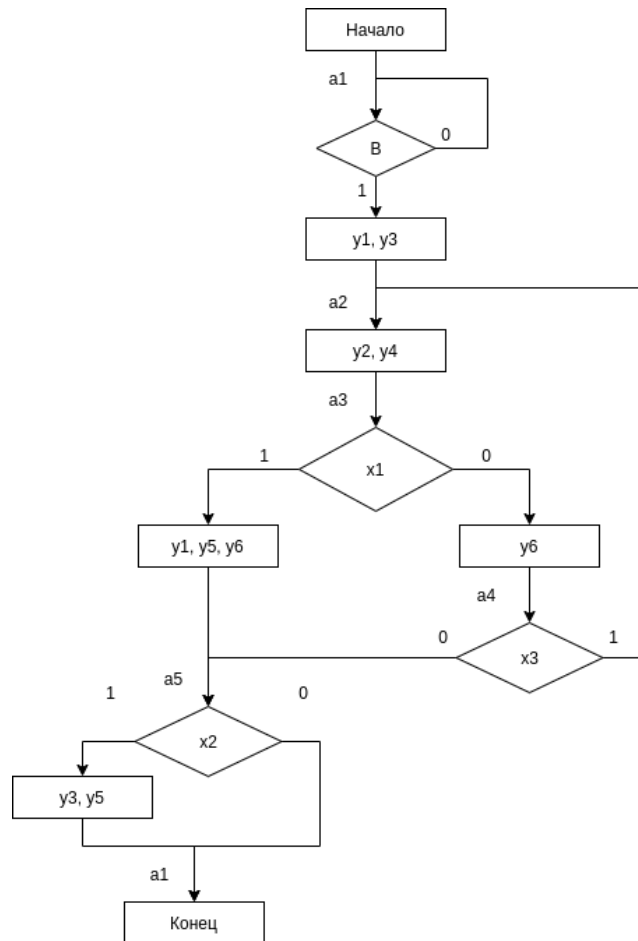


Рисунок 1 — Граф-схема автомата

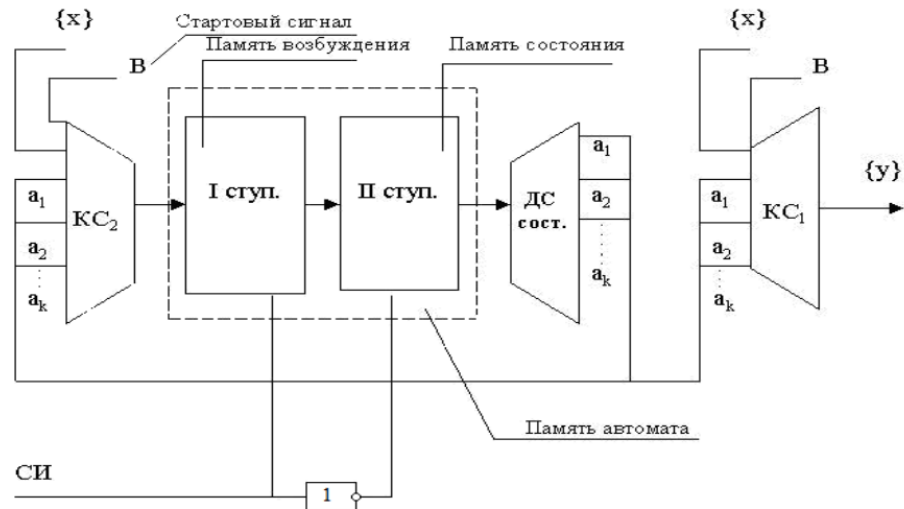


Рисунок 2 — МПА на жесткой логике на базе автомата Мили

мяти.

Для ГСА (рисунок 1) выходы операторных вершин, отмеченные символами  $a_1...a_5$  соответствуют состояниям памяти МПА. Присвоим состояниям

следующие 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 символом  $a1$ . 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:

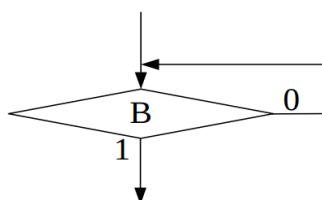


Рисунок 3 — Ждущая вершина

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).

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-

Таблица 1 — Таблица состояний

| 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                         |

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).

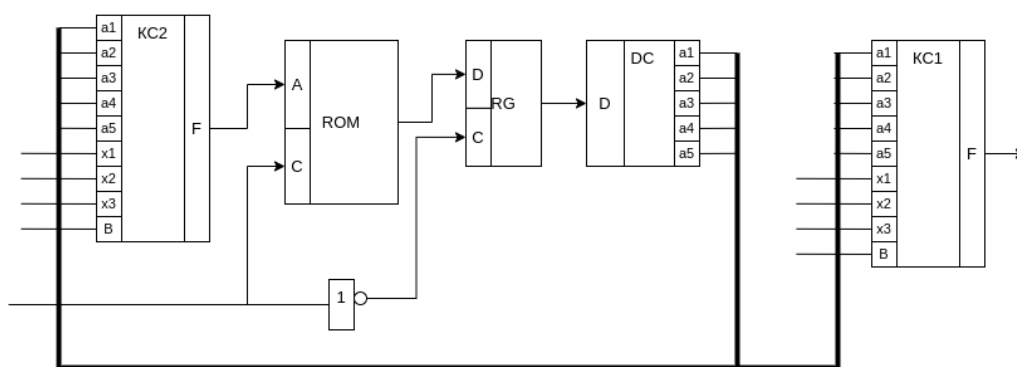


Рисунок 4 — МПА на основе автомата Мили

### 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).

Таблица 2 — Организация ОП смешанным способом

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

Способы перехода в микропрограммах к следующей микрокоманде определяются форматами адресных полей МК и правилами перехода. Принуди-

тельный 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).

|    |    |                |                |                          |
|----|----|----------------|----------------|--------------------------|
| ОП | №X | A <sub>0</sub> | -              | МК безусловного перехода |
| ОП | №X | A <sub>0</sub> | A <sub>1</sub> | МК условного перехода    |

Рисунок 6 — Форматы микрокоманд. Принудительная адресация

В Таблице 3 представлена МКП, описывающая рассматриваемый алгоритм управления

Таблица 3 — Алгоритм управления. 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          | <ук> | -    | -    | -   | -   | -     | -     |

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).



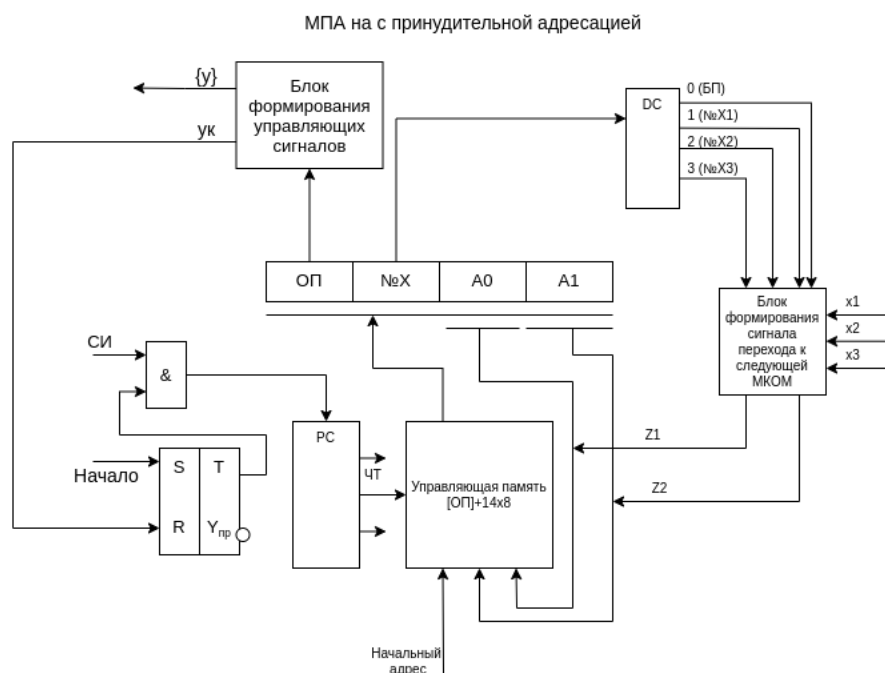


Рисунок 7 — МПА с принудительной адресацией

**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).

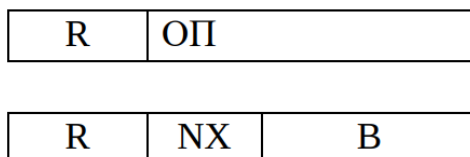


Рисунок 8 — Формат микрокоманд. Естественная адресация

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).

Таблица 4 — Алгоритм управления. Естественная адресация

| 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> | -    | 0   |
| 2         | 0 | <y4> | <y2> | -    | 0   |
| 3         | 1 | NX1  | 7    |      |     |
| 4         | - | -    | <y6> | -    | 0   |
| 5         | 1 | NX3  | 2    |      |     |
| 6         | 1 | 00   | 8    |      |     |
| 7         | 0 | <y1> | <y6> | <y5> | 0   |
| 8         | 1 | NX2  | 10   |      |     |
| 9         | 0 | <yк> | -    | -    | 0   |
| 10        | 0 | -    | <y3> | <y5> | 0   |
| 11        | 0 | <yк> | -    | -    | 0   |

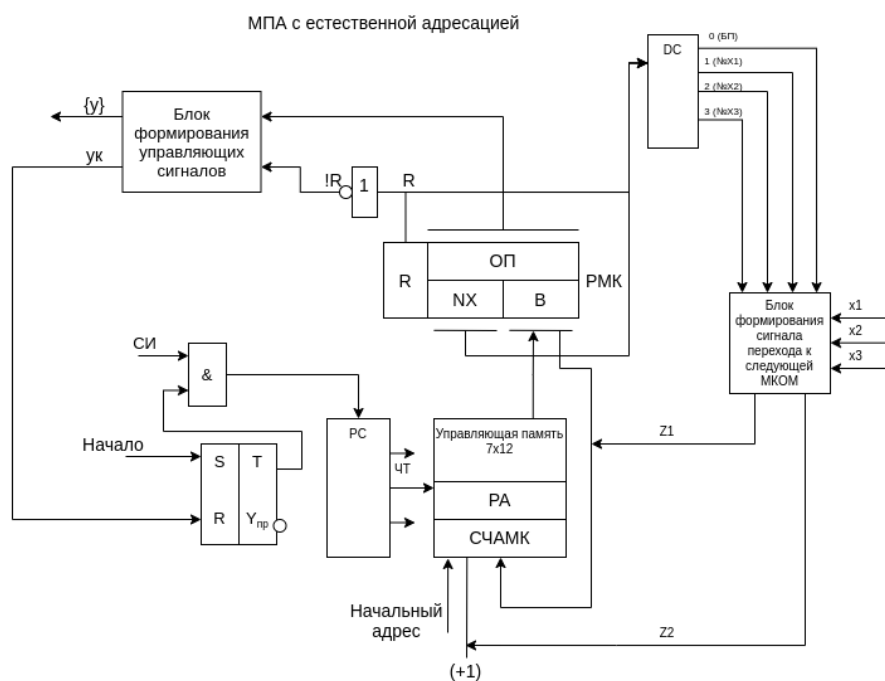


Рисунок 9 — МПА с естественной адресацией

**Вывод:** в ходе данной практической работы мы ознакомились, разработали три МПА Мили на жесткой логике, УАПЛ с принудительной адресацией с двумя адресными полями, УАПЛ с естественной адресацией.