

Синтез МПА

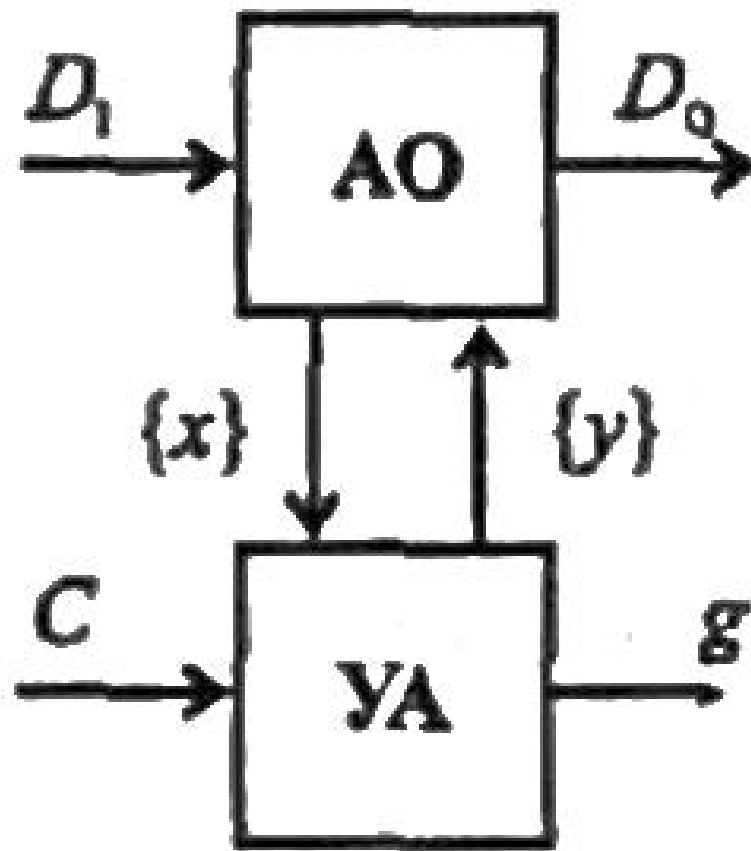
Этапы синтеза МПА.

Формат микрокоманды.

Структура МПА.

Синтез МПА

ОА и УА. Процессор.



D_1 – входные данные

D_0 – выходные данные\результат

$\{x\}$ – осведомительные
сигналы\логические условия

$\{y\}$ – последовательность
управляющих сигналов

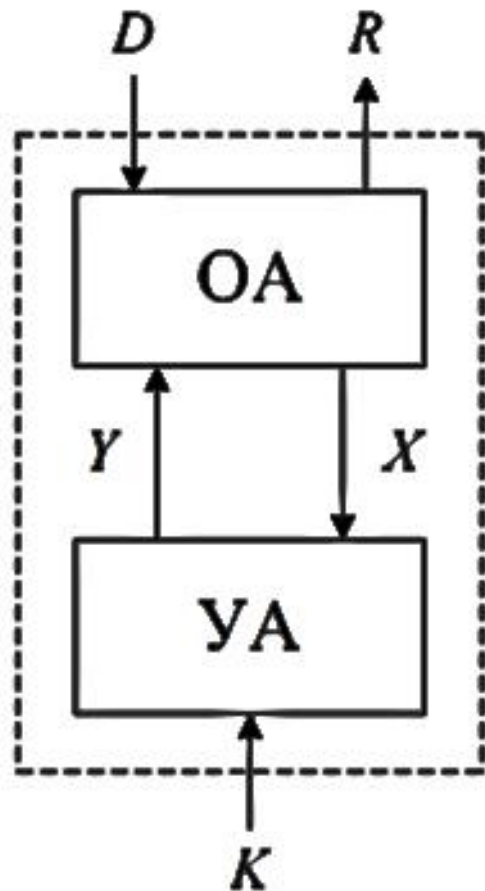
g – сигнал готовности выходных
данных

АО – автомат операционный

УА – управляющий автомат

Микропрограммные автоматы

(Процессор. Обобщенная схема Процессора)



Процессор выполняет заданное множество операций F над входными словами D с целью вычисления результатов R . Каждая операция из множества операций F возбуждается соответствующей командой из множества команд K .

Микропрограммные автоматы

(Управляющий и операционный МПА)

Для реализации команды, операции или процедуры (**микропрограммы**) необходимо на соответствующие управляющие входы операционного автомата подать определенным образом распределенную во времени последовательность управляющих функциональных сигналов.

Выполнение команд организуется на основе принципа **микропрограммного управления**, который состоит в следующем.

1. Любая операция\команда из множества F , реализуемая устройством, рассматривается как сложное действие и разделяется на **последовательность элементарных действий** над словами информации, называемых **микрооперациями**.

Каждая микрооперация инициализируется соответствующей микрокомандой из множества микрокоманд Y , вырабатываемых УА.

Каждый управляющий функциональный сигнал поступает в начале некоторого такта на соответствующий вход ОА, вызывая в этом такте выполнение в ОА определенной микрооперации (инвертирование, инкремент или декремент, передача слова, суммирование кодов и др.)

Микропрограммные автоматы

(Управляющий и операционный МПА)

2. Для управления порядком следования микроопераций (порядком выдачи управляющим автоматом микрокоманд Y) используются логические условия X , принимающие значения 1 или 0. Генерируемая УА последовательность управляющих сигналов задается поступающими на входы автомата кодом операции, сигналами из ОА, несущими информацию об особенностях операндов, промежуточных и конечного результатов операции, а также синхросигналами, задающими границы тактов.

3. Процесс выполнения операций в устройстве описывается в форме алгоритма, представляемого в терминах микроопераций и логических условий и называемого микропрограммой. **Микропрограмма определяет порядок проверки логических условий X и следования микроопераций, необходимый для получения результата.**

Микропрограммные автоматы

(Управляющий и операционный МПА)

Таким образом, УА генерирует последовательность управляющих сигналов Y , предписанную микропрограммой и соответствующую значениям логических условий X .

УА можно рассматривать как конечный автомат, определяемый:

а) множеством двоичных выходных сигналов

$$Y = \{y_1, y_2, \dots, y_L\},$$

соответствующих множеству микроопераций операционного блока. При $y_i = 1$ иницируется i -я микрооперация;

б) множествами входных сигналов K и X :

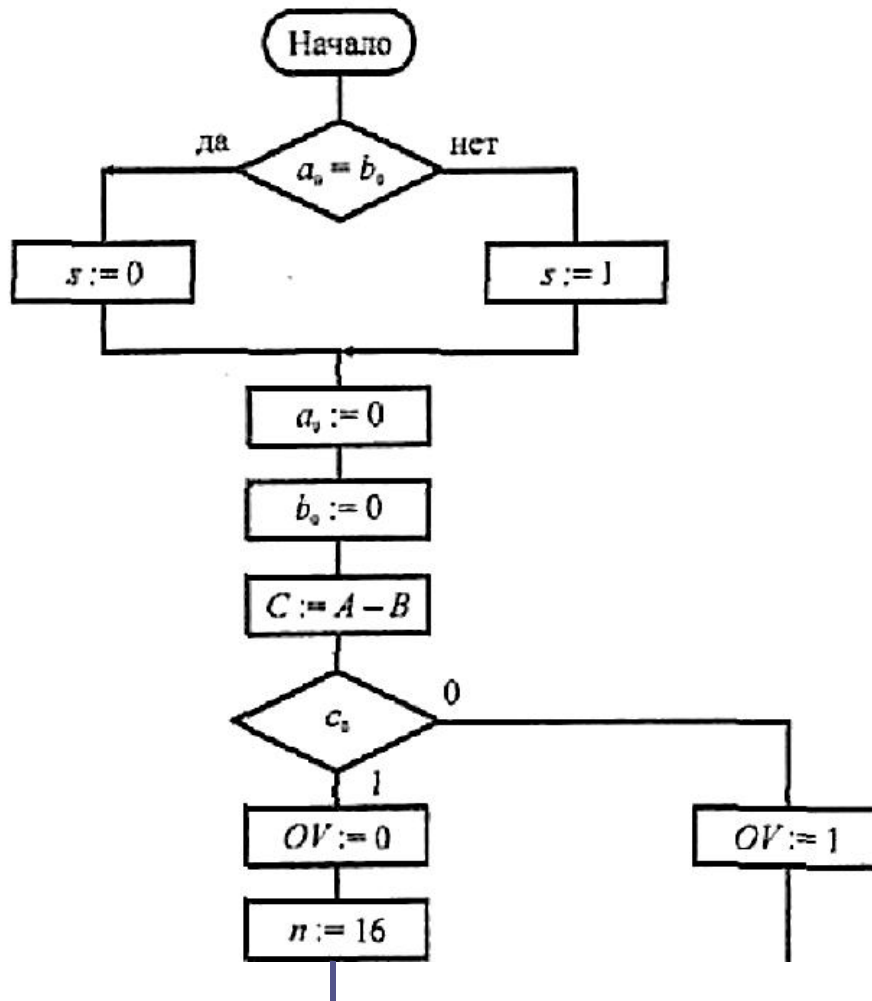
$$K = \{k_1, k_2, \dots, k_Z\};$$

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_M\},$$

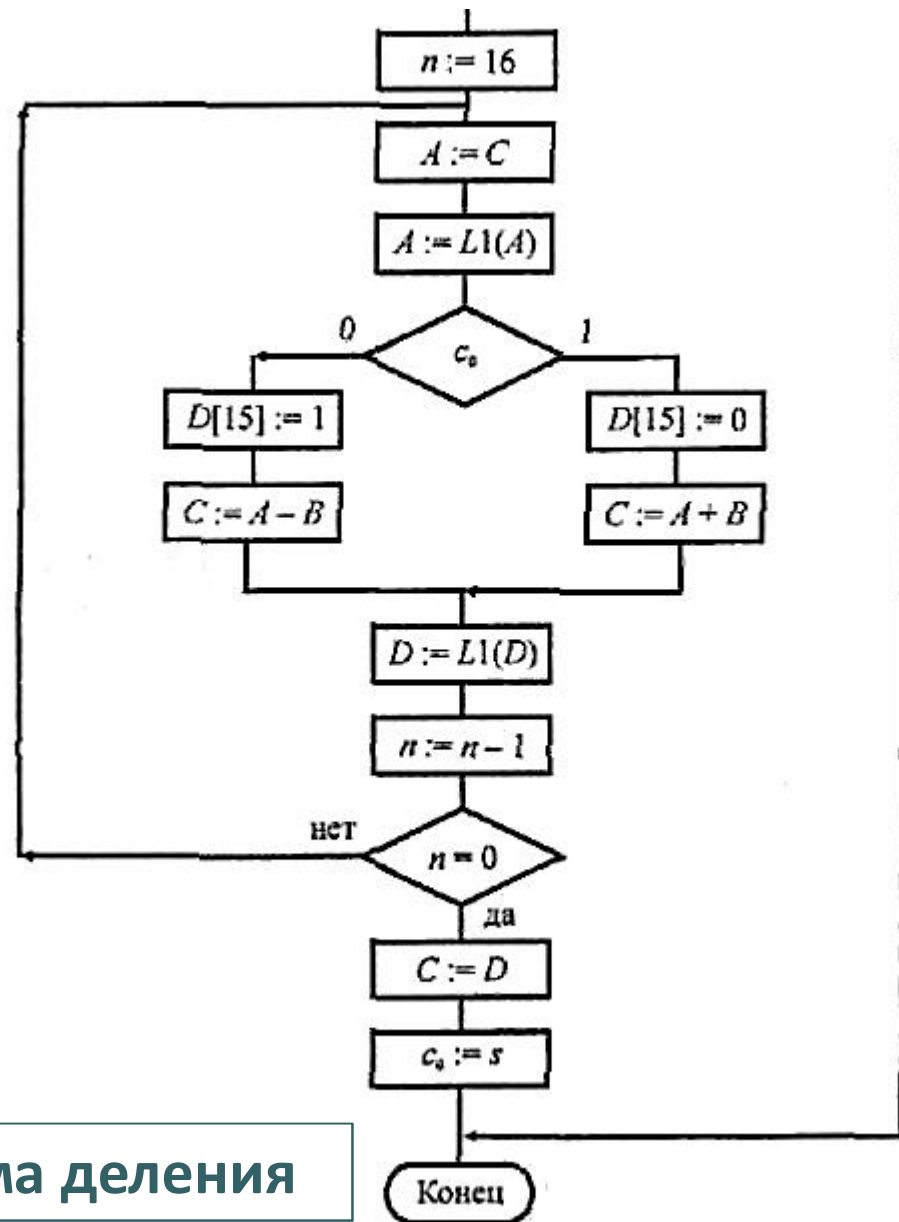
соответствующих задаваемому извне двоичному коду операции, команды (K) и двоичным осведомительным сигналам (X);

в) множеством подлежащих реализации микропрограмм (каждая микропрограмма иницируется соответствующей командой), устанавливающих в зависимости от значений входных сигналов управляющие сигналы, выдаваемые УА в определенные такты.

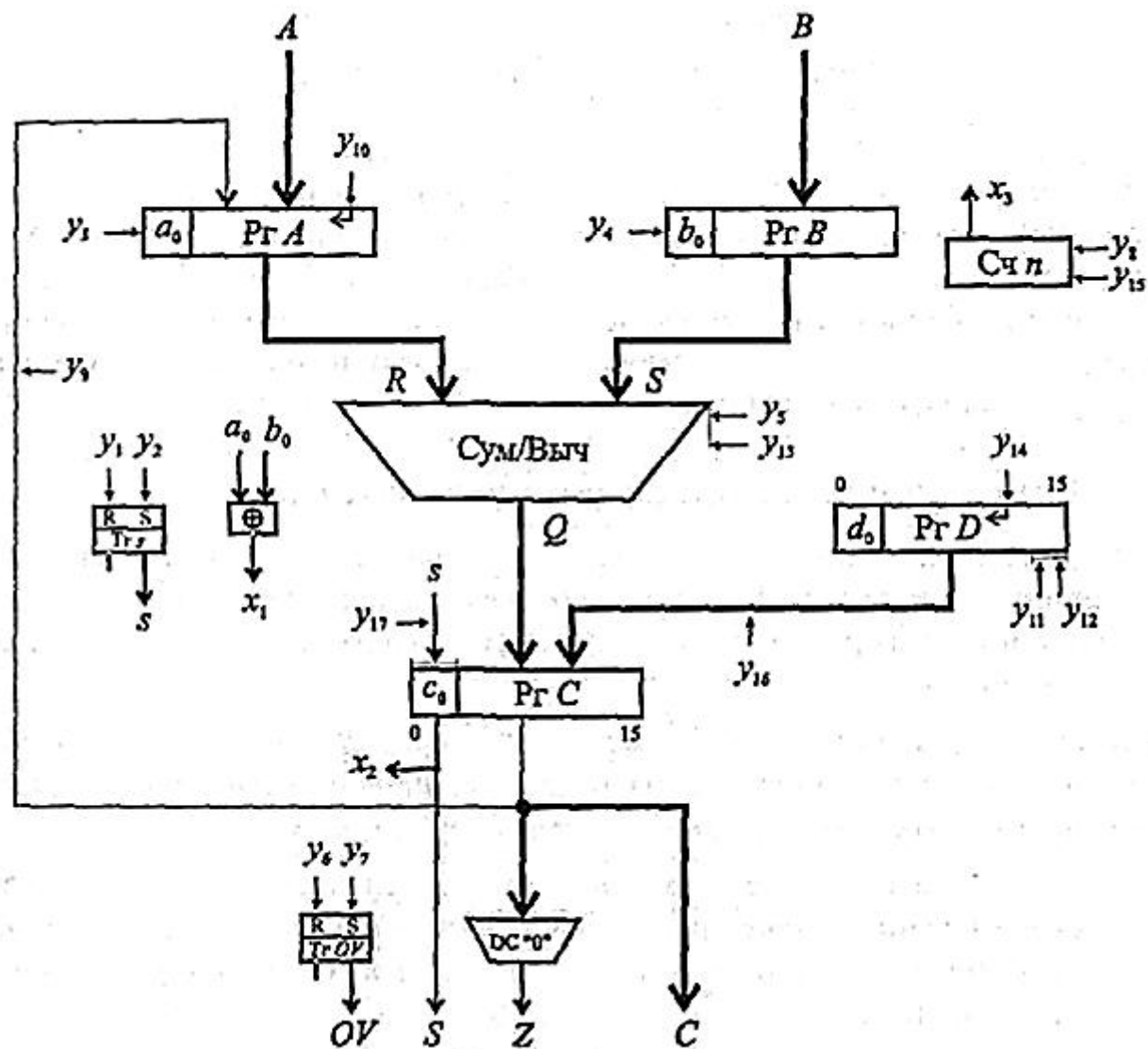
Синтез МПА



Микропрограмма деления



Синтез МПА



Синтез МПА

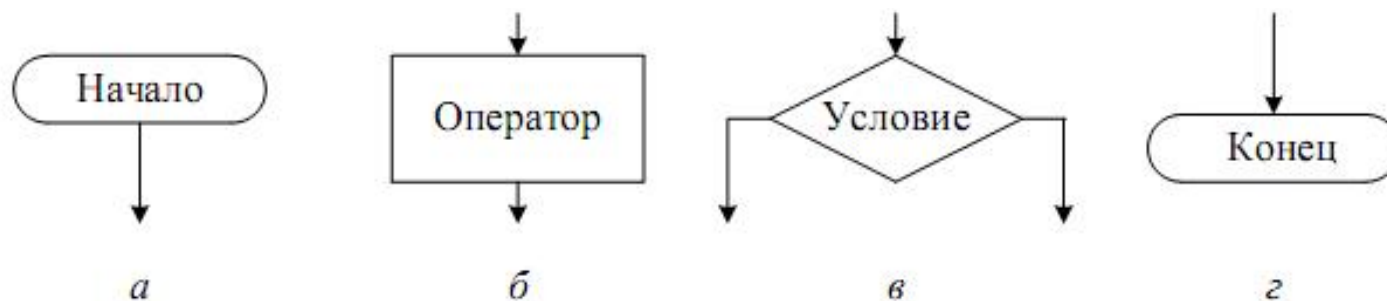
Микро-операция	Действие	Микро-операция	Действие	Логическое условие	Действие
y_1	$s := 0$	y_{10}	$A := LI(A)$	x_1	$a_0 := b_0$
y_2	$s := 1$	y_{11}	$D[15] := 1$	x_2	c_0
y_3	$a_0 := 0$	y_{12}	$D[15] := 0$	x_3	$Cч\ n := 0$
y_4	$b_0 := \bar{0}$	y_{13}	$C := A + B$		
y_5	$C := R + S$	y_{14}	$D := LI(D)$		
y_6	$OV := 0$	y_{15}	$Cч\ n := Cч - 1$		
y_7	$OV := 1$	y_{16}	$C := D$		
y_8	$n := 16$	y_{17}	$c_0 := s$		
y_9	$A := C$				

Синтез МПА

Функция управляющего автомата определяется:

- ✓ множеством входных осведомительных сигналов X , отображающих состояние операционного автомата;
- ✓ множеством выходных (управляющих) сигналов Y , инициирующих выполнение микроопераций, реализуемых операционным автоматом;
- ✓ закодированной граф-схемой микропрограммы (ГСМ), задающей порядок следования управляющих сигналов Y в зависимости от значений осведомительных сигналов X .

ГСМ строится с использованием вершин четырёх типов (см рис.) и дуг, связывающих вершины.

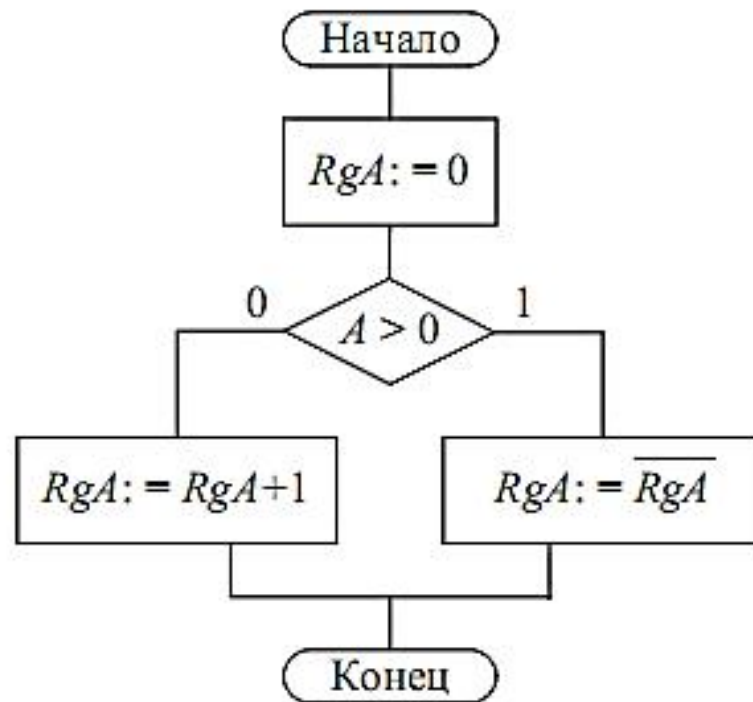


Синтез МПА

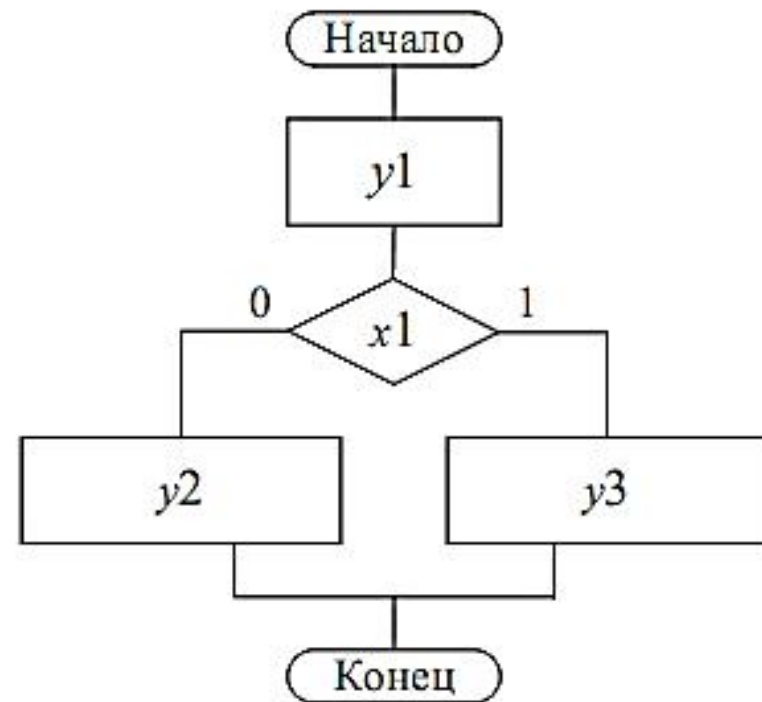
ГСМ считается корректной, если выполняются следующие условия:

- ГСМ содержит конечное число вершин, каждая из которых принадлежит к перечисленным типам;
- имеет одну начальную и одну конечную вершины;
- выходы и входы вершин соединяются с помощью дуг, направленных от выхода ко входу;
- каждый выход соединён с одним входом;
- из любой вершины существует хотя бы один путь к конечной;
- один из выходов условной вершины может соединяться с её входом, что недопустимо для операторной вершины;
- в каждой условной вершине записывается один из входных сигналов УА;
- в каждой операторной вершине записывается оператор (микрокоманда из множества микрокоманд).

Синтез МПА

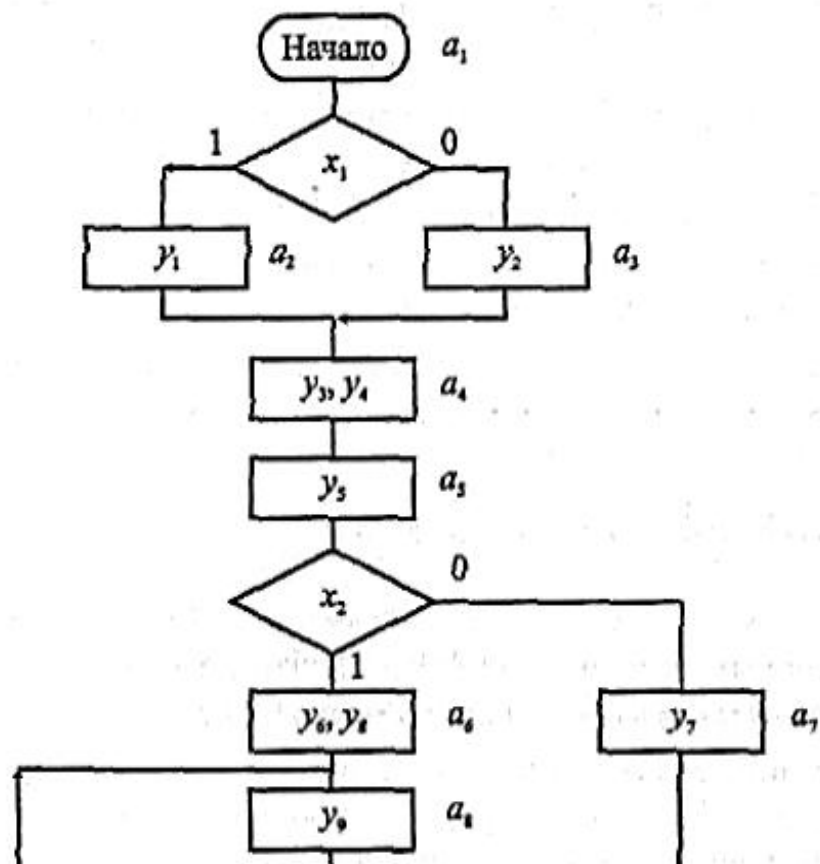


Содержательная ГСМ

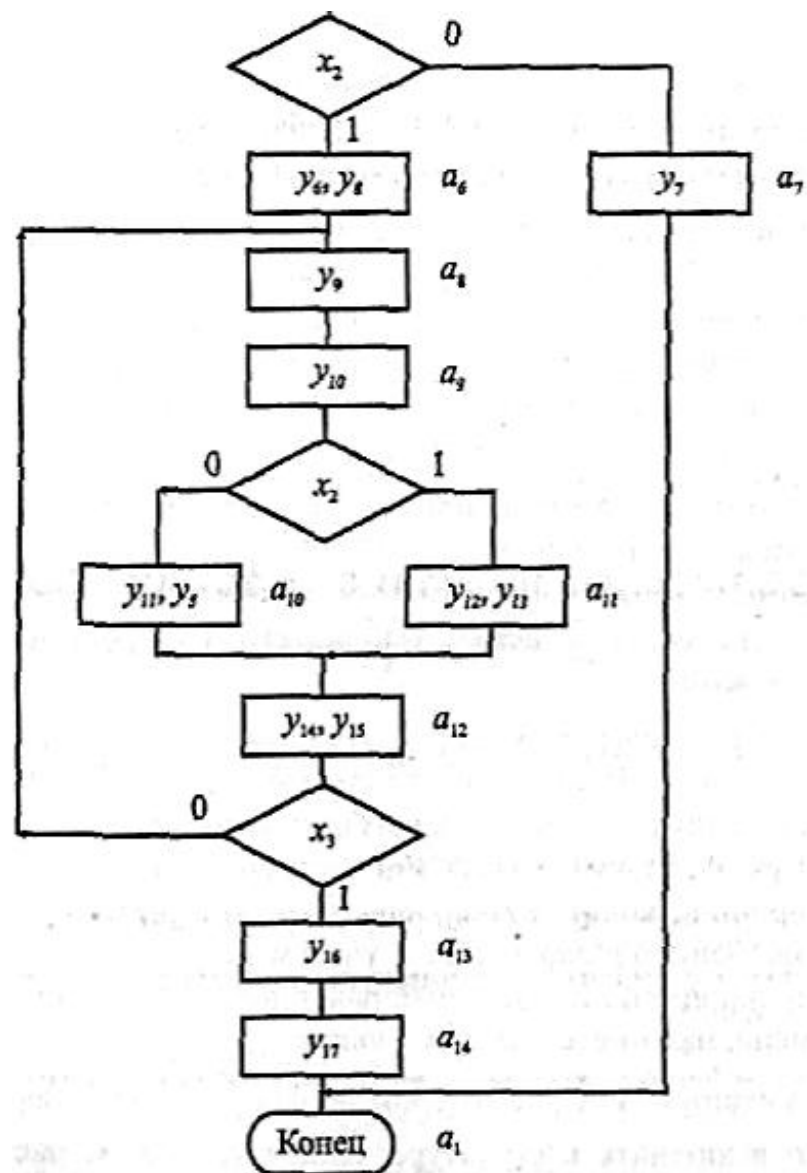


Закодированная ГСМ

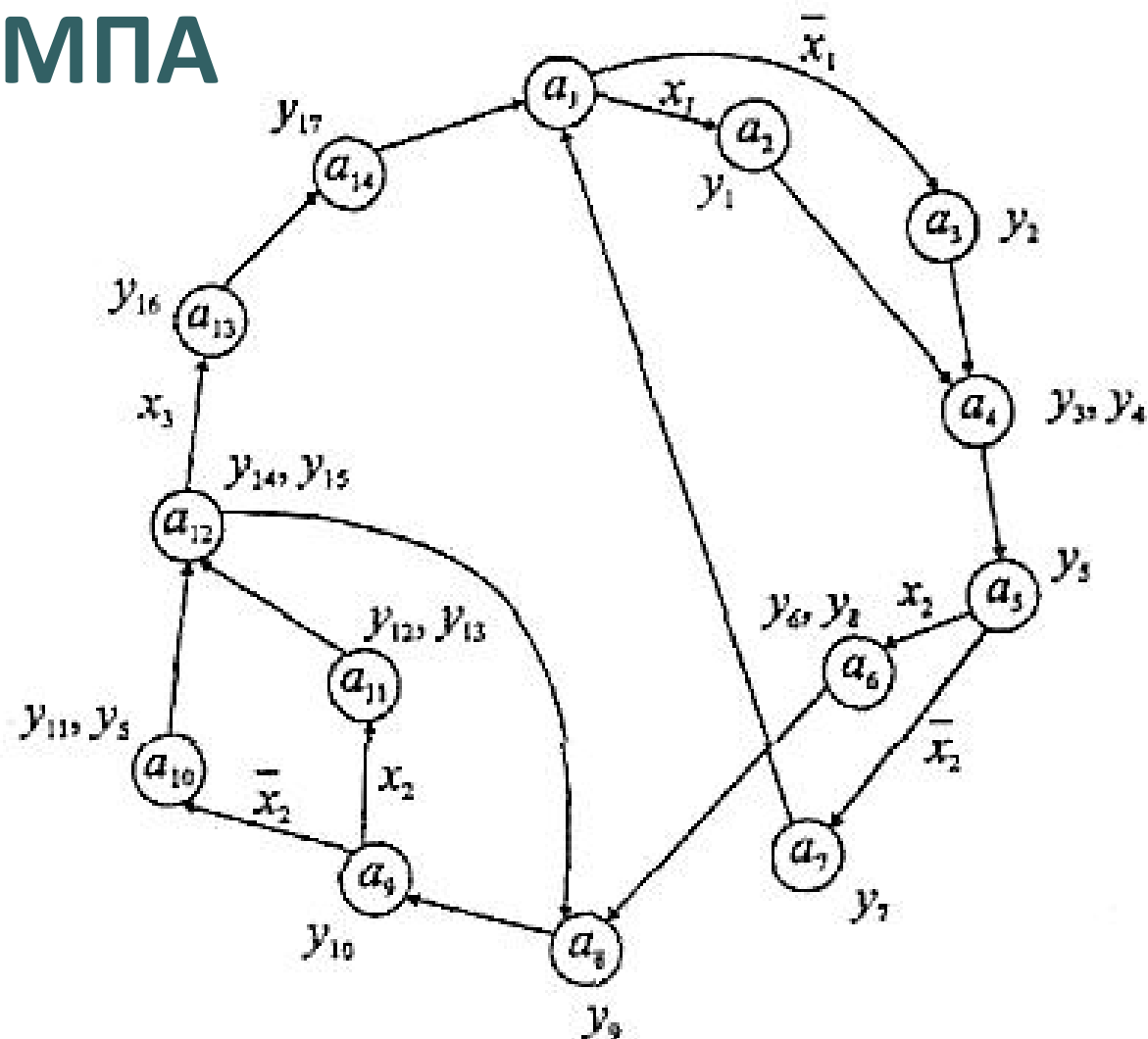
Синтез МПА



Микропрограмма деления



Синтез МПА



Граф автомата Мура (деление)

Синтез МПА

(Кодирование микрокоманд МПА)

Выбор способа кодирования также определяется требованиями к объему ПЗУ, быстродействию автомата, а также данными о количестве различных

микрокоманд и микроопераций в микропрограмме и ее структуре (степени разветвленности алгоритма). Точных рекомендаций по выбору способа кодирования для каждой конкретной микропрограммы не существует и поэтому решения, принимаемые разработчиком, носят субъективный характер.

В процессе кодирования операционной части микрокоманды обычно стараются уменьшить ее длину и в то же время сохранить возможность совмещения нескольких микроопераций в одной микрокоманде. В случае небольшого количества микроопераций в автомате используют горизонтальное кодирование. Вертикальное кодирование применяется, когда в каждой микрокоманде выполняется только одна микрооперация или несколько совместимых.

Синтез МПА

Состояние автомата	Код $T_1 T_2 T_3 T_4$	Состояние автомата	Код $T_1 T_2 T_3 T_4$
a_1	0001	a_8	1000
a_2	0010	a_9	1001
a_3	0011	a_{10}	1010
a_4	0100	a_{11}	1011
a_5	0101	a_{12}	1100
a_6	0110	a_{13}	1101
a_7	0111	a_{14}	1110

Кодирование Графа автомата Мура (деление)

Синтез МПА

Процедура построения УА с хранимой\микропрограммной логикой по имеющейся ГСМ заключается в следующем.

1. Выбирают способ адресации и формат микрокоманд, причем стремятся сократить число двоичных разрядов в формате микрокоманды, что, как правило, позволяет уменьшить объем оборудования ПЗУ.
 2. Производят разметку ГСМ в соответствии с правилами, которые определяются выбранным способом адресации.
 3. Составляют кодированную микропрограмму в виде таблицы, строки которой соответствуют отметкам на ГСМ.
 4. Выбирают типы необходимых микросхем и составляют структурную и принципиальную схемы автомата.
- Выполнив эти этапы, переходят к технической реализации УА.

Синтез МПА

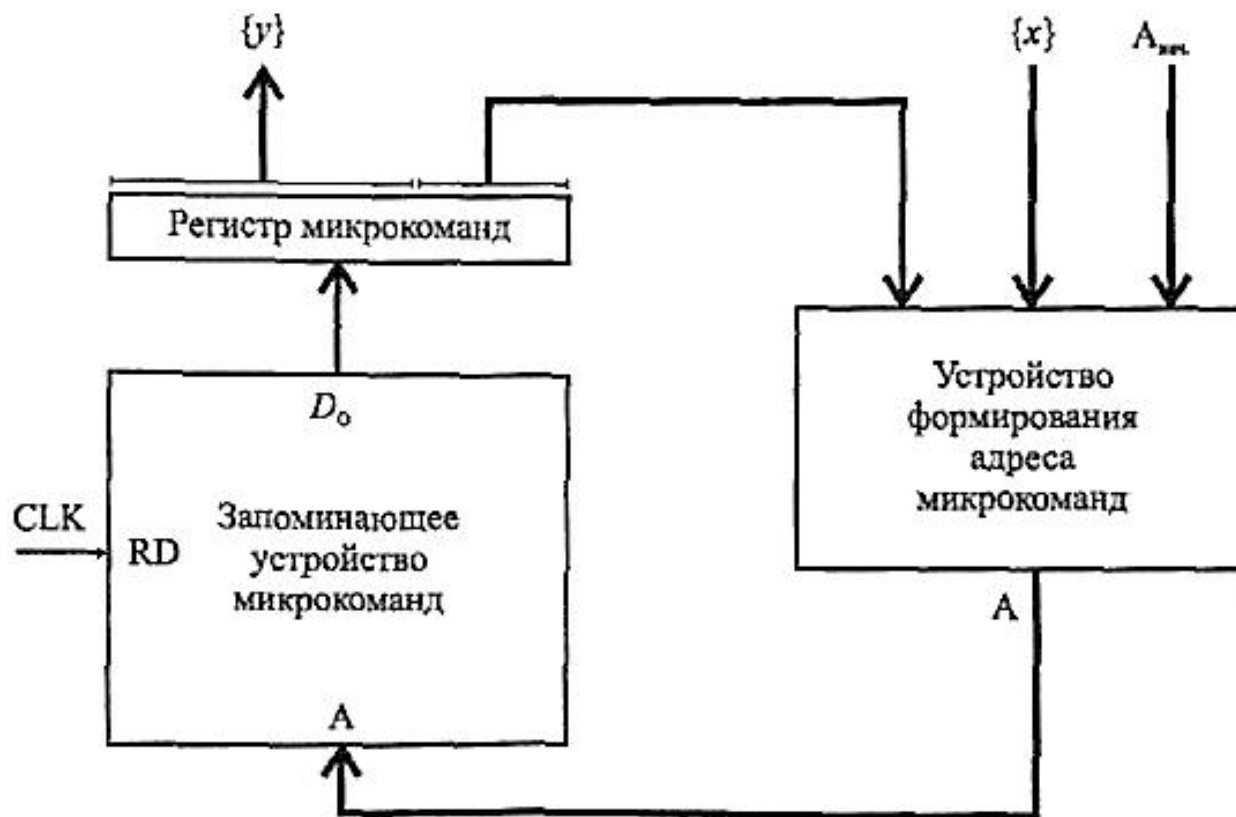
Исходными данными для проектирования УА являются:

- предварительный состав функциональных узлов операционного автомата с перечнем выполняемых на них микроопераций;
- микропрограмма или набор исходных микропрограмм управления работой операционного автомата (объекта);
- система логических и запоминающих элементов (спецификация);
- критерии оценки качества разработки.

При проектировании МПА решаются задачи:

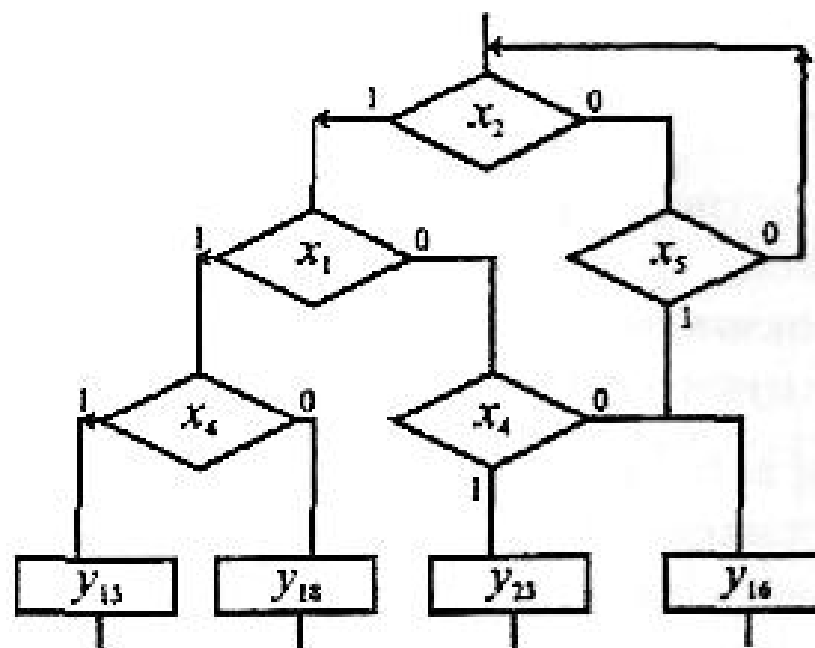
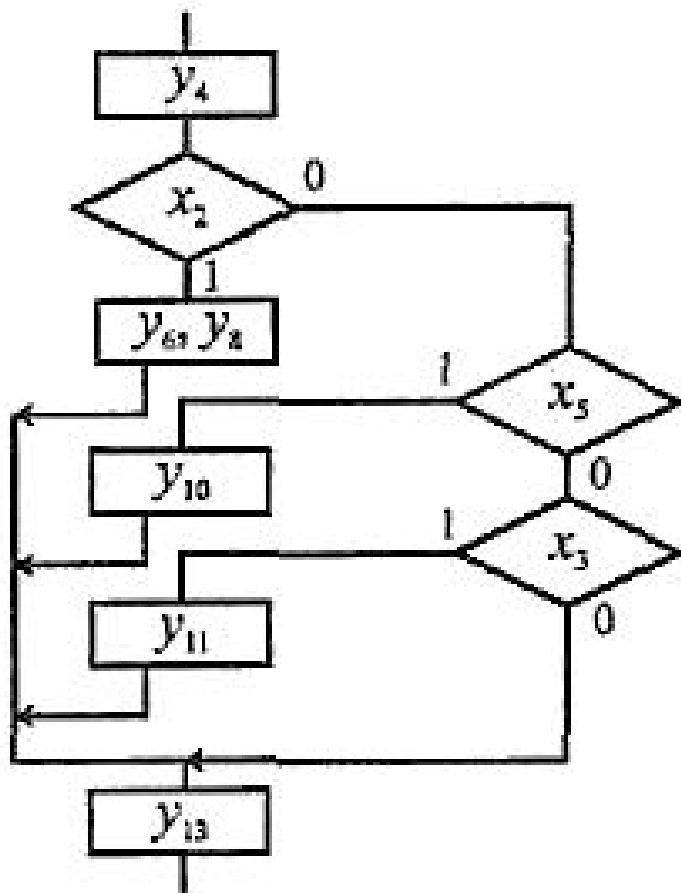
- оптимизация микропрограммы с учетом конкретных особенностей реализации МПА;
- выбор способа кодирования МК;
- определение структуры и формата МК;
- размещение программы в ПЗУ – микропрограммирование;
- построение логической схемы МПА.

Синтез МПА



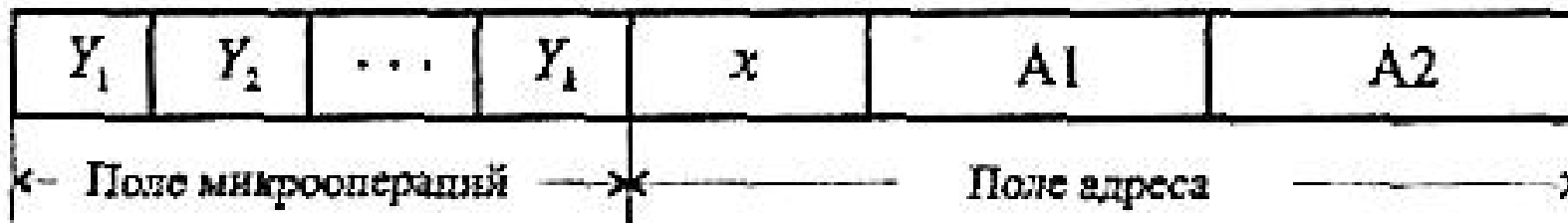
Структура МПА (Мура)

Синтез МПА



Примеры ГСА микропрограмм

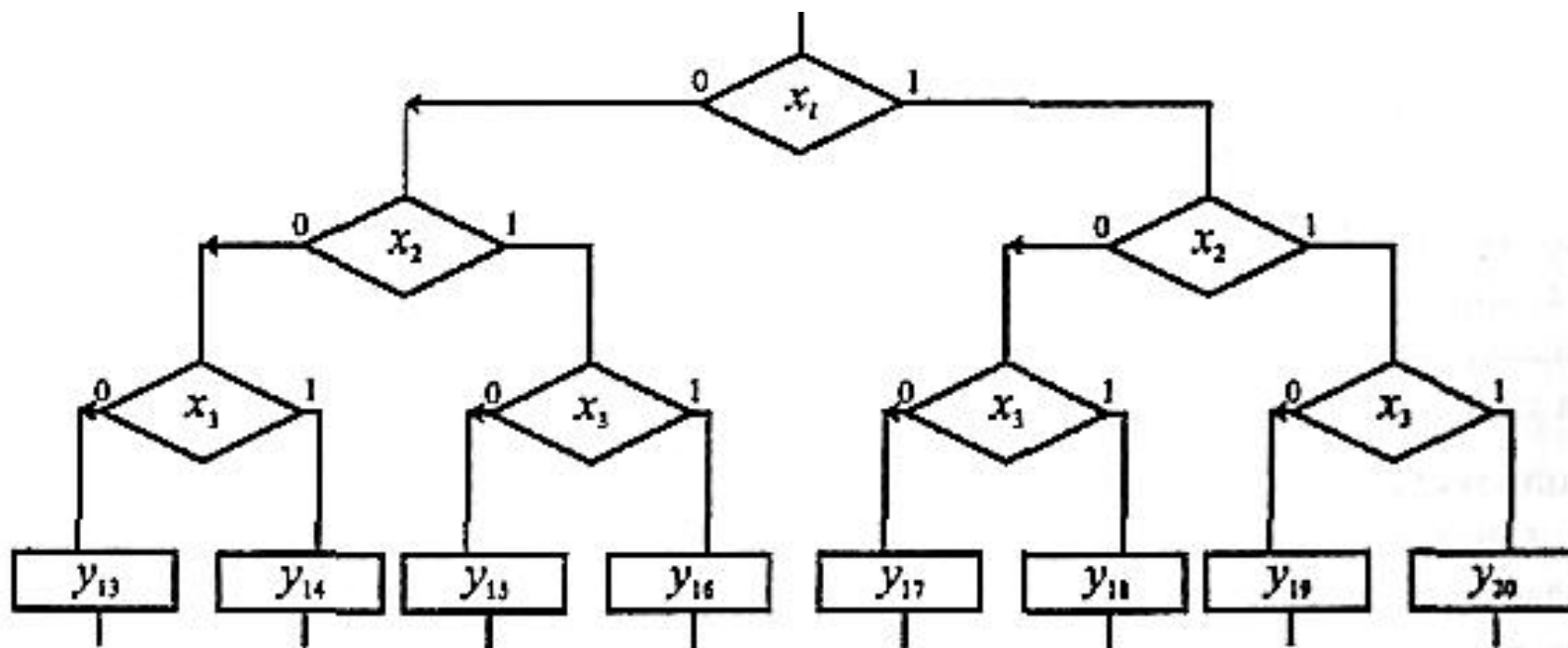
Синтез МПА



$Y_1 - Y_i$ микрооперации кодированные или нет
 x поле проверки условий
 $A1$ и $A2$ адрес перехода и альтернативный адрес перехода

Формат микрокоманды МПА (принудительная адресация)

Синтез МПА



Формат микрокоманды МПА (принудительная адресация)

Синтез МПА

Y_1	Y_2	\dots	Y_t	x	i	$A1$
Поле микроопераций				Поле адресации		

a

0	Y_1	Y_2	\dots	Y_t
---	-------	-------	---------	-------

Операторная микрокоманда

1	x	i	$A1$
---	-----	-----	------

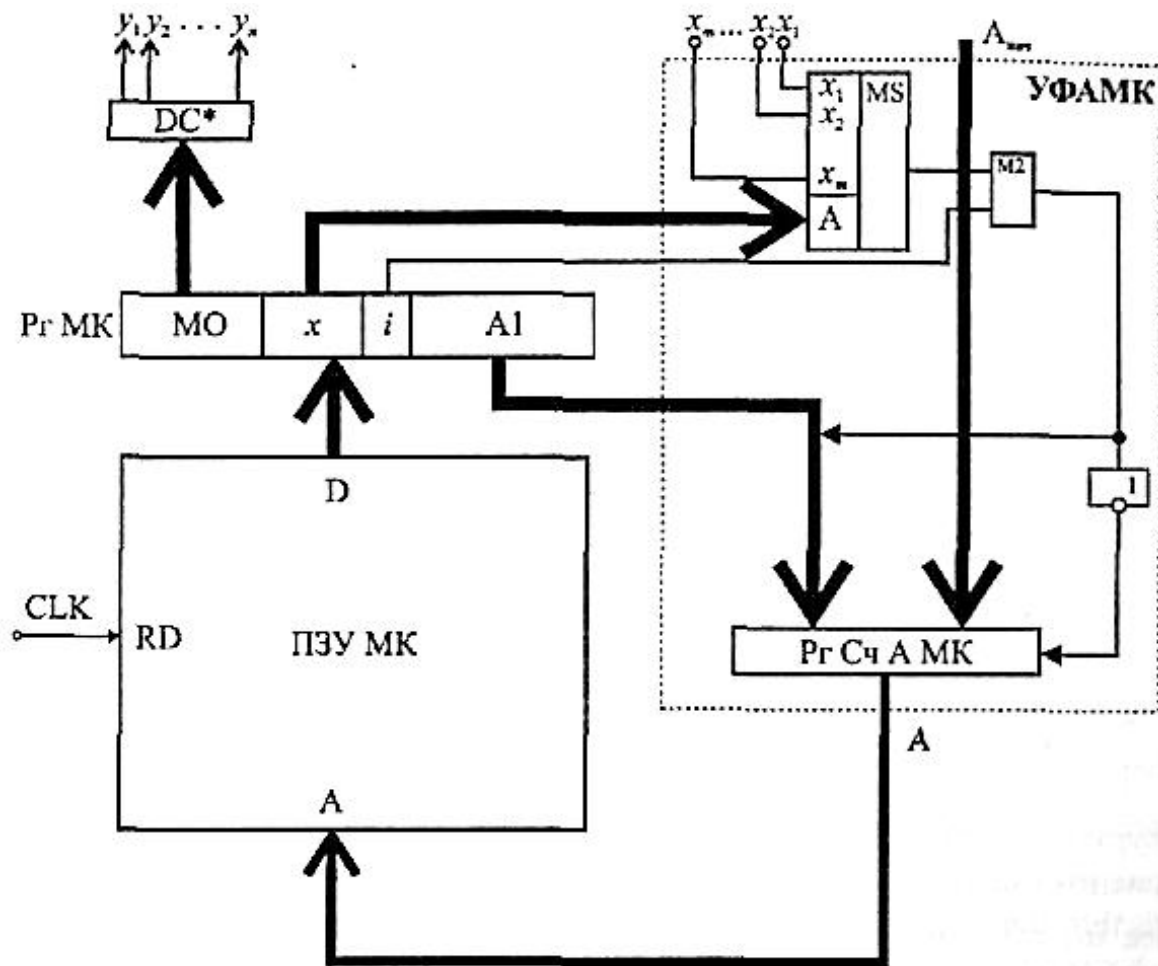
Микрокоманда переселения

b

$$x_k \oplus i = \begin{cases} x_k, & \text{если } i=0 \\ \underline{x_k}, & \text{если } i=1 \end{cases}$$

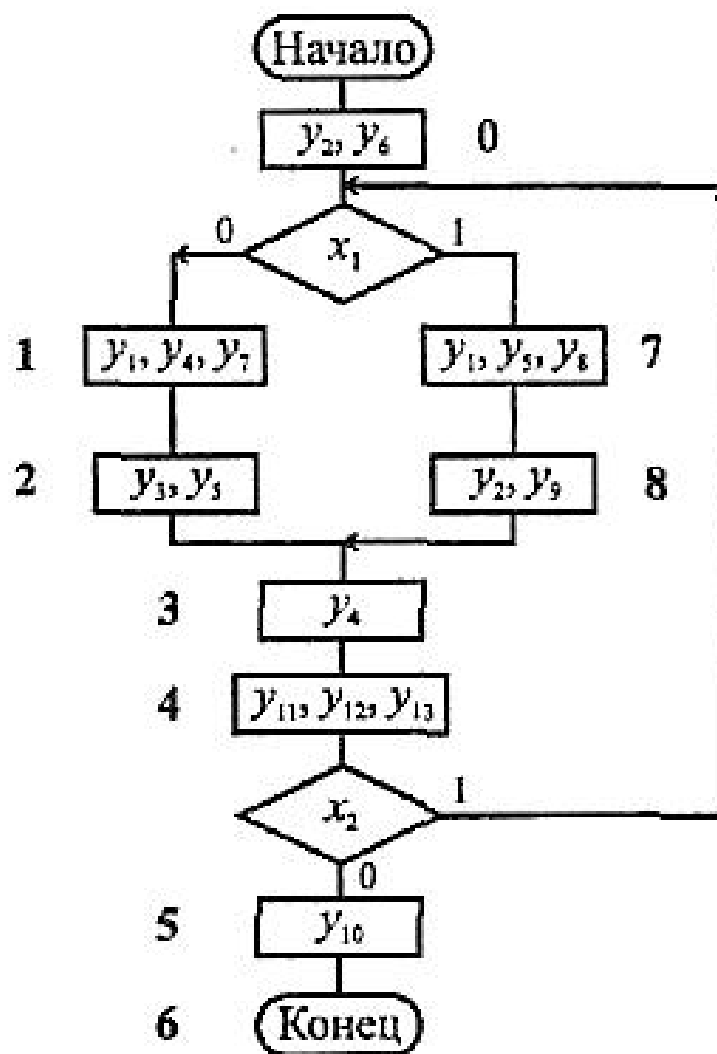
Формат микрокоманды МПА (естественная адресация)

Синтез МПА



Структура МПА (естественная адресация)

Синтез МПА



Пример синтеза МПА (естественная адресация)

Синтез МПА

Y_1	Y_2	Y_3	x	$A1$
3	3	2	2	4

1) После кодирования микроопераций получим.

$Y_1 = \{0, y_1, y_2, y_3, y_{10}, y_{11}\};$ $Y_2 = \{0, y_4, y_5, y_6, y_9, y_{12}, y_k\};$
 $Y_3 = \{0, y_7, y_8, y_{13}\}.$

2) Поле проверки условий – x_1 и x_2 (1 разряд)

Требуется еще 1 разряд, т.к. для гибкости проверки нужно добавить еще разряд чтобы добавит еще 2 условия:

1 тождественное 1 (истинное) значение

2 тождественное 0 (ложное) значение

3) Для разрядов адреса (8 вершин), берем с запасом для гибкости
 $K=1,2 - 1,3 \rightarrow 8x_{1,3 \sim 11}$, берем 4 разряда $2^4=16$

Формат МК. Пример синтеза МПА (естественная адресация)

Синтез МПА

Код	Y_1	Y_2	Y_3	Код	x
000	\emptyset	\emptyset	\emptyset	00	Константа 0
001	y_1	y_4	y_7	01	x_1
010	y_2	y_3	y_6	10	x_2
011	y_3	y_6	y_{13}	11	Константа 1
100	y_{10}	y_9			
101	y_{11}	y_{12}			
110	—	y_8			
111	—	—			

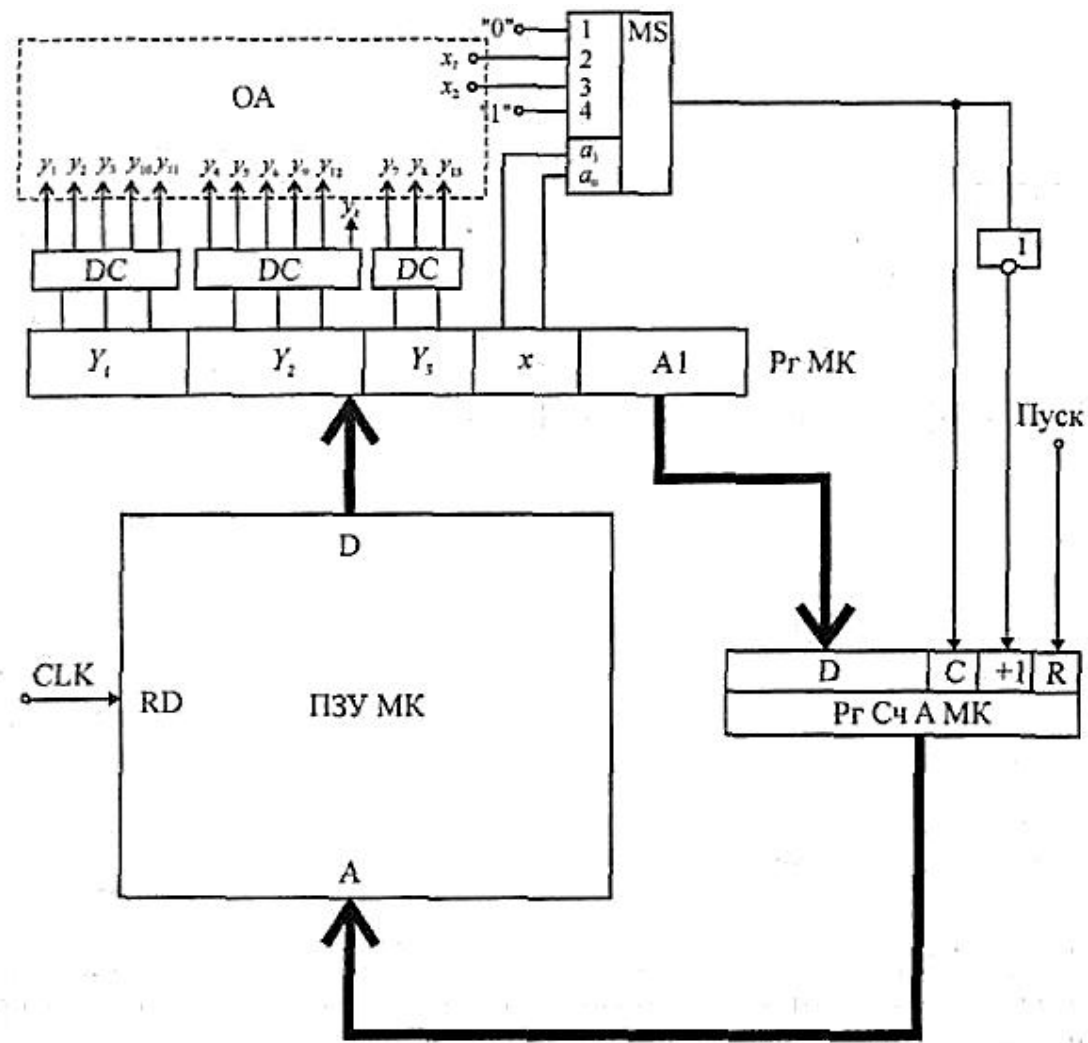
Таблица кодирования МО и ППУ МК (естественная адресация)

Синтез МПА

Адрес	Y_1	Y_2	Y_3	x	A1
0	010	011	00	01	0111 (7)
1	001	001	01	00	xxxx
2	011	010	00	00	xxxx
3	000	001	00	00	xxxx
4	101	101	11	10	1001 (9)
5	100	000	00	00	xxxx
6	000	110	00	00	xxxx
7	001	010	10	00	xxxx
8	010	100	00	11	0011 (3)
9	000	000	00	01	0111 (7)
10	000	000	00	11	0001 (1)

Таблица кодирования МО и ЛУ МПА (естественная адресация)

Синтез МПА



Логическая схема управляющего МПА (естественная адресация)

Синтез МПА

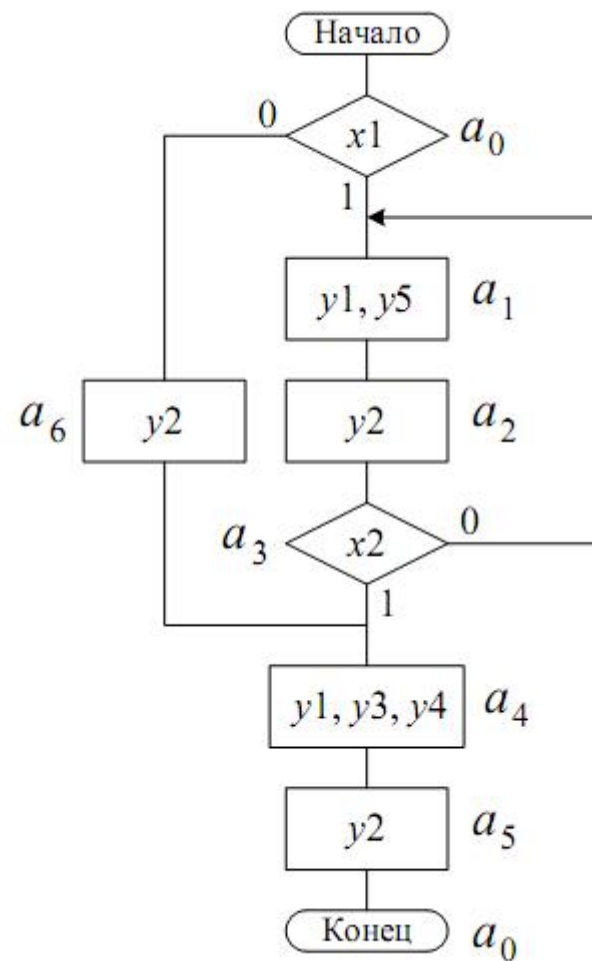
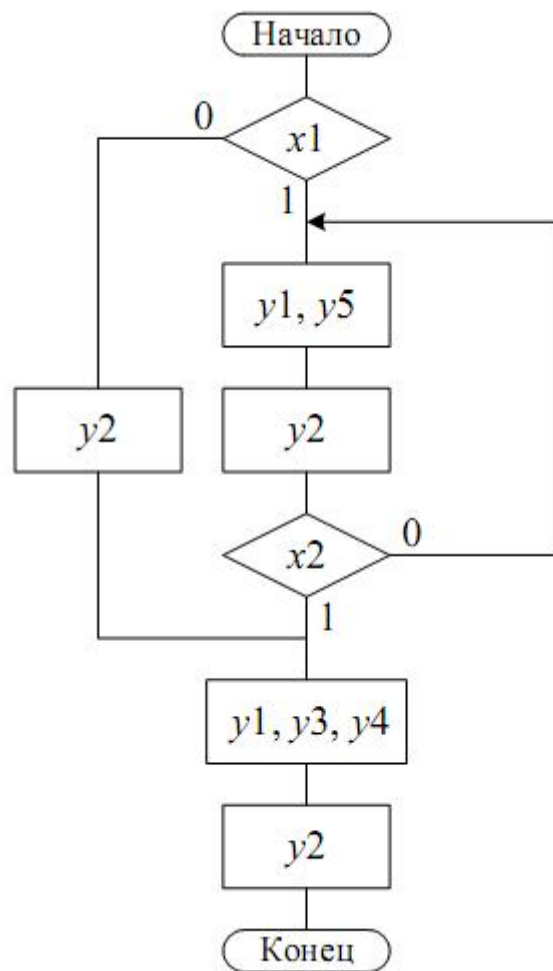
Проведём разметку ГСМ согласно следующему правилу:

1. символом a_0 отмечается вершина следующая за начальной и конечная вершина;
2. символами a_1 , a_2 и т.д., отмечаются все остальные условные и операторные вершины, т.к. каждая условная и каждая операторная вершины в микропрограмме будут представлять собой отдельные микрокоманды.

Состояние	Код состояния
a_0	0 0 0
a_1	0 0 1
a_2	0 1 0
a_3	0 1 1
a_4	1 0 0
a_5	1 0 1
a_6	1 1 0

Логическая схема управляющего МПА (естественная II адресация)

Синтез МПА



Пример синтеза управляющего МПА (естественная II адресация)

Синтез МПА (принудительная адресация)

1	CX	n_x	1	$A1$	n_a	1	$A0$	n_a	1	Y	n_y
-----	------	-------	-----	------	-------	-----	------	-------	-----	-----	-------

Микрокоманда содержит четыре поля:

CX – поле управления выбором опрашиваемого входного осведомительного сигнала x_i ;

A1 – поле адреса следующей микрокоманды, если опрашиваемый осведомительный сигнал $x_i = 1$;

A0 – поле адреса следующей микрокоманды, если опрашиваемый осведомительный сигнал $x_i = 0$;

Y – поле операционной части микрокоманды (поле выходных управляющих сигналов)

Управляющий МПА (принудительная адресация)

Синтез МПА

$$n_x = \lceil \log_2 n_{yc} \rceil,$$

$$n_a = \lceil \log_2 (n_{yb} + n_{оп}) \rceil,$$

$$n_Y = K,$$

Где K - число входных управляющих сигналов

$$n_x = 1, \quad n_a = 3; \quad n_Y = 5.$$

Управляющий МПА (принудительная адресация)

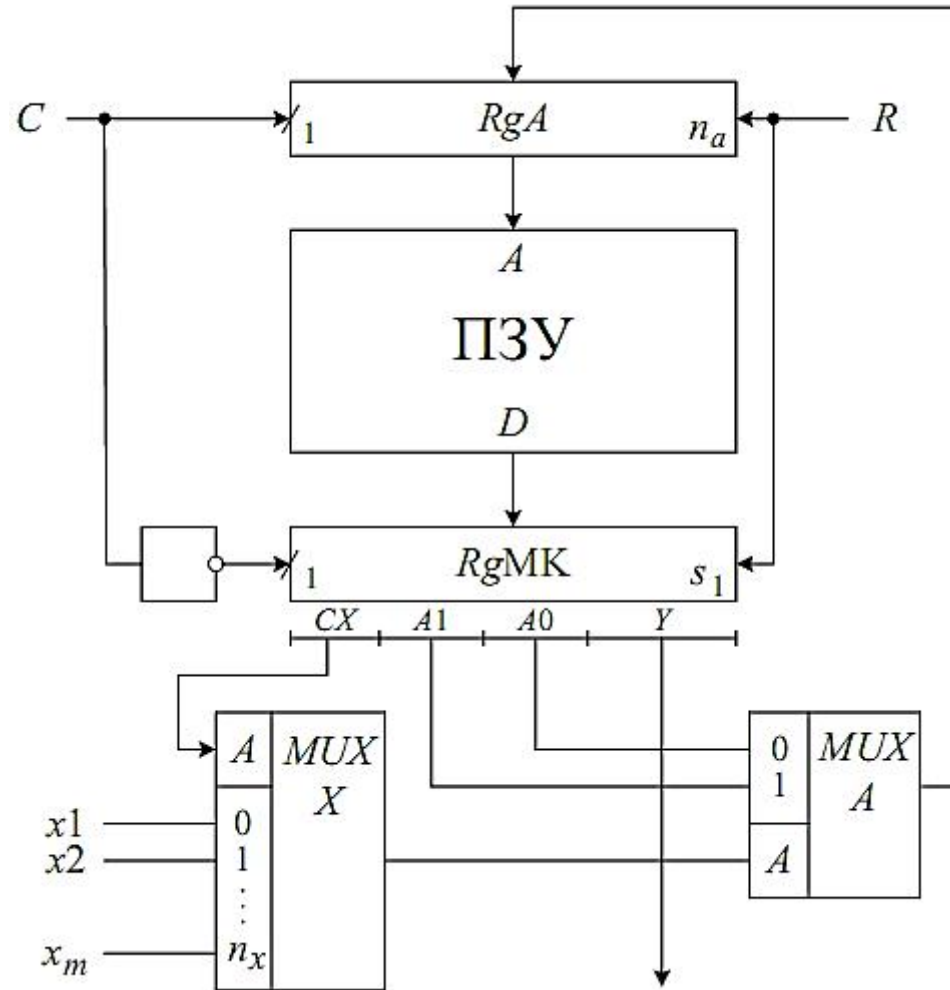
Синтез МПА

Состояние	Код состояния
a_0	0 0 0
a_1	0 0 1
a_2	0 1 0
a_3	0 1 1
a_4	1 0 0
a_5	1 0 1
a_6	1 1 0

CX	Вых. MXX
0	$x1$
1	$x2$

Управляющий МПА (принудительная адресация)

Синтез МПА



Управляющий МПА
(принудительная адресация, вертикальное кодирование)

Синтез МПА

Адрес ПЗУ	CX	$A1$ $a_2 a_1 a_0$	$A0$ $a_2 a_1 a_0$	Y $y1 y2 y3 y4 y5$
0 0 0	0	0 0 1	1 1 0	0 0 0 0 0
0 0 1	*	0 1 0	0 1 0	1 0 0 0 1
0 1 0	*	0 1 1	0 1 1	0 1 0 0 0
0 1 1	1	1 0 0	0 0 1	0 0 0 0 0
1 0 0	*	1 0 1	1 0 1	1 0 1 1 0
1 0 1	*	0 0 0	0 0 0	0 1 0 0 0
1 1 0	*	1 0 0	1 0 0	0 1 0 0 0
1 1 1	*	0 0 0	0 0 0	0 0 0 0 0

CX	Вых. MXX
0	$x1$
1	$x2$

Управляющий МПА (принудительная адресация)

Синтез МПА

Для вертикального кодирования операционной части микрокоманды требуется выполнить следующие действия:

1. Подсчёт количества различных комбинаций в операционной части микрокоманды M . В рассматриваемом примере это следующие комбинации:
00000,
01000,
10001,
10110.

Всего их 4 ($M = 4$), т.к. комбинация 00000 встречается 2 раза, а комбинация 01000 – 3 раза.

2. По соотношению (1) определить nW , – разрядность поля операционной части микрокоманды. В нашем примере $nW = 2$.

3. Закодировать операционную часть микрокоманды. Пример кодирования представлен в табл. 4.

В соответствии с кодировкой операционной части микрокоманды микропрограмма будет выглядеть, как показано в табл.

<p>Управляющий МПА (принудительная адресация, вертикальное кодирование)</p>

Синтез МПА

w1 w0	y1 y2 y3 y4 y5
0 0	0 0 0 0 0
0 1	0 1 0 0 0
1 0	1 0 0 0 1
1 1	1 0 1 1 0

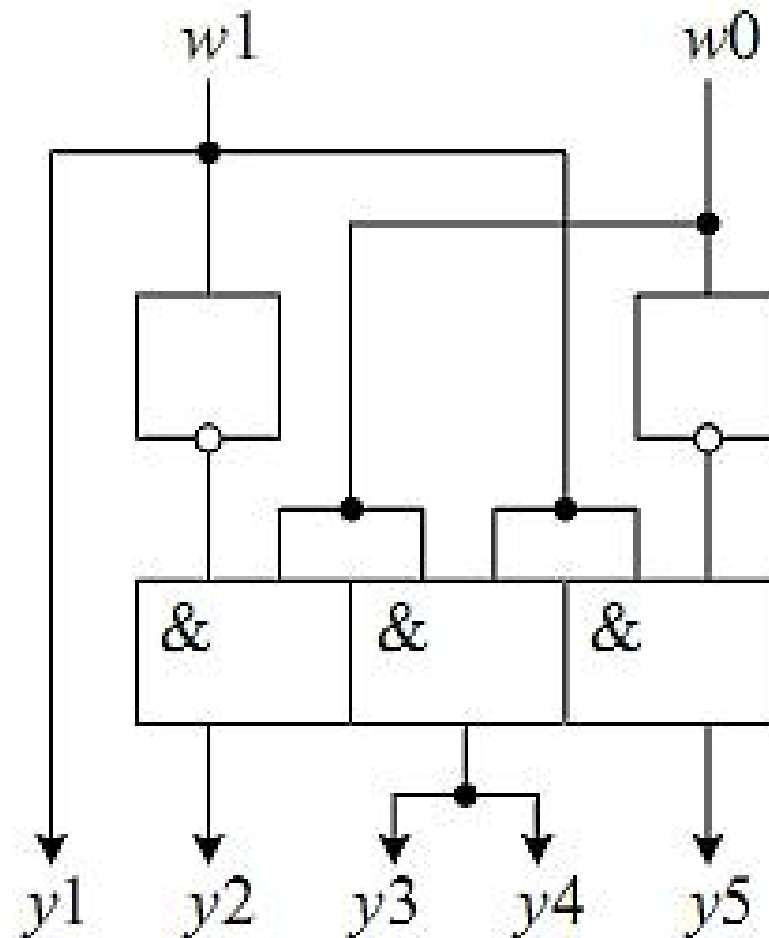
$$\begin{aligned}
 y1 &= w1, \\
 y2 &= \overline{w1} \cdot w0, \\
 y3 &= y4 = w1 \cdot w0, \\
 y5 &= w1 \cdot \overline{w0}.
 \end{aligned}$$

Адрес ПЗУ	CX	A1 $a_2 a_1 a_0$	A0 $a_2 a_1 a_0$	W $w1 w0$
0 0 0	0	0 0 1	1 1 0	0 0
0 0 1	*	0 1 0	0 1 0	1 0
0 1 0	*	0 1 1	0 1 1	0 1
0 1 1	1	1 0 0	0 0 1	0 0
1 0 0	*	1 0 1	1 0 1	1 0
1 0 1	*	0 0 0	0 0 0	0 1
1 1 0	*	1 0 0	1 0 0	0 1
1 1 1	*	0 0 0	0 0 0	0 0

Управляющий МПА
(принудительная адресация, вертикальное кодирование)

Синтез МПА

$$\begin{aligned}y1 &= w1, \\y2 &= \overline{w1} \cdot w0, \\y3 &= y4 = w1 \cdot w0, \\y5 &= w1 \cdot \overline{w0}.\end{aligned}$$



Управляющий МПА
(принудительная адресация, вертикальное кодирование)

Синтез МПА

При переходе к вертикальному кодированию сокращается разрядность микрокоманды и, следовательно, сокращаются аппаратные затраты на реализацию регистра микрокоманд RgМК и ПЗУ, организация которого будет

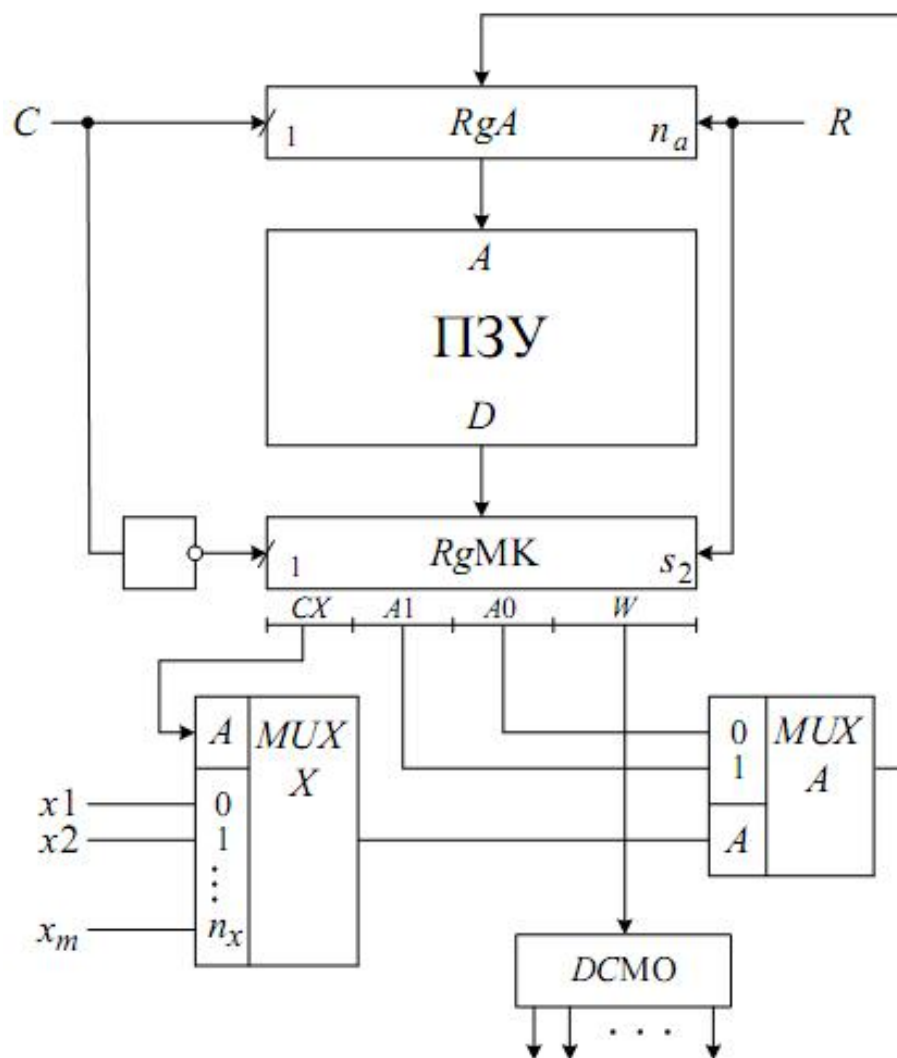
$$2^{n_a} \times S2, \text{ где } S2 = n_x + 2n_a + n_w$$

Но при этом добавляются аппаратные затраты на реализацию дешифратора микроопераций DCMO.

Время цикла работы процессора увеличивается за счёт того, что управляющие сигналы проходят через схему DCMO

Управляющий МПА
(принудительная адресация, вертикальное кодирование ОЧ МК)

Синтез МПА



Управляющий МПА
(принудительная адресация, вертикальное кодирование)

Синтез МПА

$$n_x = \lceil \log_2 (n_{yc} + 2) \rceil.$$

$$n_a = \lceil \log_2 (n_{ув} + n_{оп} + n_{доп}) \rceil,$$

$$n_y = k, \text{ где } k - \text{ число входных управляющих сигналов}$$

1	CX_{n_x}	1	$A1_{n_a}$	1	Y_{n_y}
---	------------	---	------------	---	-----------

Управляющий МПА
(естественная адресация, горизонтальное кодирование)

Синтез МПА

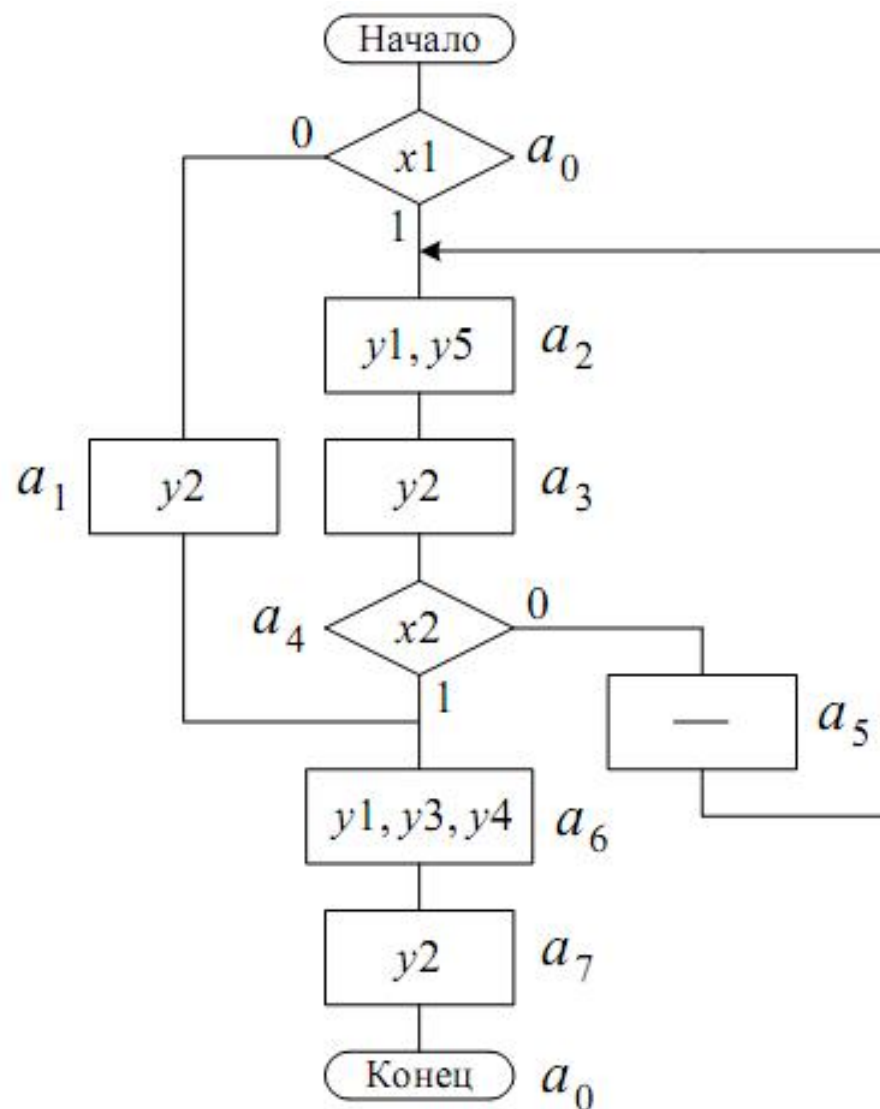
Правило разметки ГСМ для УА с естественной адресацией следующее:

- символом a_0 отмечается вершина следующая за начальной и конечная вершина;
- символами a_1 , a_2 и т.д., отмечаются все остальные условные и операторные вершины, т.к. каждая условная и каждая операторная вершины в микропрограмме будут представлять собой отдельные микрокоманды;
- поскольку нижний индекс символа состояния и код состояния (адрес ячейки ПЗУ, в которую заносится соответствующая микрокоманда) совпадают, а при опрашиваемом входном сигнале $x_i = 0$ выполняется микрокоманда с адресом $(A_i + 1)$, то индекс символа отмечающего вершину ГСМ в которую идёт линия связи из условной вершины обозначенная символом "0", должна иметь индекс на единицу больший, чем индекс символа состояния, отмечающего текущую условную вершину;
- если линия связи из условной вершины обозначенная символом "0" идёт к вершине имеющей символ с меньшим индексом (или линия связи идёт ко входу текущей условной вершины), то эта линия связи должна прерваться, а в этот разрыв должна быть добавлена пустая (все управляющие сигналы неактивны) операторная вершина, которая отмечается символом имеющим индекс на единицу больший, чем индекс текущей условной вершины.

Синтез МПА

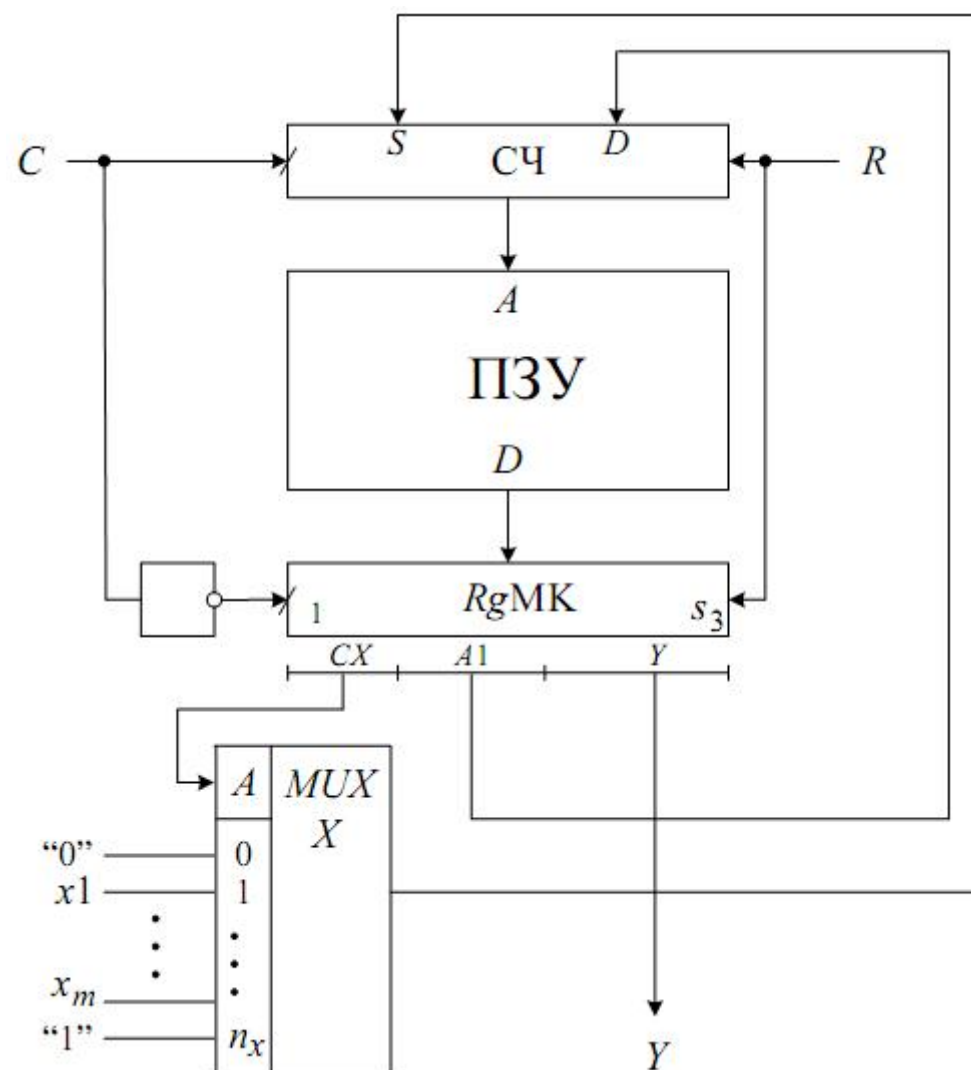
Состояние	Код состояния
a_0	0 0 0
a_1	0 0 1
a_2	0 1 0
a_3	0 1 1
a_4	1 0 0
a_5	1 0 1
a_6	1 1 0
a_7	1 1 1

СХ	Выход
1 0	MXX
0 0	"0"
0 1	$x1$
1 0	$x2$
1 1	"1"



Синтез МПА

CX	Выход
1 0	MXX
0 0	"0"
0 1	x_1
1 0	x_2
1 1	"1"



Управляющий МПА (естественная адресация)

Синтез МПА

СХ	Выход
1 0	MXX
0 0	"0"
0 1	$x1$
1 0	$x2$
1 1	"1"

Адрес	СХ	A	Y
ПЗУ	1 0	$a_2 a_1 a_0$	$y1 y2 y3 y4 y5$
0 0 0	0 1	0 1 0	0 0 0 0 0
0 0 1	1 1	1 1 0	0 1 0 0 0
0 1 0	0 0	* * *	1 0 0 0 1
0 1 1	0 0	* * *	0 1 0 0 0
1 0 0	1 0	1 1 0	0 0 0 0 0
1 0 1	1 1	0 1 0	0 0 0 0 0
1 1 0	0 0	* * *	1 0 1 1 0
1 1 1	1 1	0 0 0	0 1 0 0 0



Продолжение следует!

?

?

?