

# КЛАССИФИКАЦИЯ СТРУКТУР ЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ АВТОМАТА МУРА НА ПРОГРАММИРУЕМЫХ БИС

Баркалов А.А.

Кафедра ЭВМ, ДГТУ  
barkalov@fem.dgtu.donetsk.ua

## Abstract

*Barkalov A.A. Classification of the structures of Moore automaton's logic circuit on programmable LSI. The classification of the structures of Moore control automaton is given. It's shown that there are thirty three different structures with different amount of levels. The structures are based on the replacement of inputs and encoding of outputs. The structure of Moore automaton with encoding of the fields of competent microoperations is proposed.*

## Введение

Реализация устройства управления в виде автомата Мура широко применяется в цифровых системах из-за стабильности выходных сигналов последнего [1]. В настоящее время для реализации схем управляющих автоматов используются программируемые логические устройства (ПЛУ): ПЗУ, ПЛИМ, ПЛИС [2]. Для оптимизации аппаратных затрат в логической схеме используются различные редуccionные (увеличение числа уровней) и алгоритмические (оптимальное кодирование) методы [3]. В настоящей работе дается классификация многоуровневых структур логической схемы автомата Мура.

## 1. Одноуровневая реализация автомата

Пусть автомат Мура задан прямой структурной таблицей ДСТ) со столбцами:  $a_m$  - исходное состояние,  $a_r \in A$ , где  $A = \{a_j, \dots, a_m\}$  - множество состояний;  $K(a_m)$  - код состояния Эщ разрядности  $R = \lceil \log_2 M \rceil$ ;  $a_s$  - состояние перехода;  $K(a_s)$  - код состояния  $a_s$ .  $X_h$  - входной сигнал на переходе  $\langle a_m, a_s \rangle$ , представляющий собой конъюнкцию переменных  $x_i \in X$  (или их отрицаний), где  $X = \{x_1, \dots, x_h\}$  - множество логических условий;  $\Phi$  - набор функций возбуждения памяти  $\varphi_i \in \Phi = \{\varphi_1, \dots, \varphi_i\}$ , принимающих единичные значения для переключения памяти автомата из  $K(a_{h-1})$  в  $K(a_h)$ ;  $h = 1, \dots, N$  - номер перехода. В столбце  $a_m$  записывается набор микроопераций  $Y_{tc} Y = \{y_1, \dots, y_i\}$ , формируемых в состоянии  $a_m$ . Фрагмент ПСТ автомата  $S_i$  задан табл. 1.

Таблица 1. Фрагмент ПСТ автомата Мура Si

Зщ	K(a <sub>ю</sub> )	3s	K(a <sub>i</sub> )	Xh	ФЬ	h
a4 (Y1Y2)	1 0 0	a <sub>2</sub>	0 0 1	Xi	Pз	1
		a <sub>5</sub>	1 0 1	Xi	D1D3	2
a5 (Уз)	1 0 1	a <sub>2</sub>	0 0 1	Xi	Pз	3
		a <sub>5</sub>	1 0 1	Xi	PiP3	4

Как известно, выходные сигналы автомата Мура зависят только от его состояний [1]. Идея одноуровневой реализации была предложена в работе [4]. Пусть термы  $F(a_m)cF$  определяют переходы из состояния  $a_{r_n} \in A$ . Здесь  $F$  - множество термов, входящих в ДНФ функций автомата,  $F = \{F_b, \dots, P_n\}$ , терм  $F_h = A_m X_h$  соответствует h-й строке ПСТ и  $A_m$  - конъюнкция внутренних переменных  $T_r \in T = \{T_i, \dots, T_R\}$ , соответствующая коду  $K(a_m)$ . Очевидно, что

$$\bigvee_{h=1}^H C_{mh} F_h = A_m \quad (m=1, \dots, M), \quad 0)$$

где  $C_{mh}$  - булева переменная, равная единице, если и только если  $F_h \in F(a_m)$ . Таким образом, для реализации микрооперации  $y_n \in Y$ , зависящей от  $a_m \in A$ , в ДНФ этой функции должны входить все термы  $F_h \in F(a_m)$ . Например, из табл. 1 имеем  $y_1 = \dots \vee A_4 X_1 \vee A_4 X_i \vee \dots \vee A_4 X_n \vee \dots$

Одноуровневая схема автомата Мура (рис. 1,а) называется P-автомат. Память автомата реализуется на регистре RG, при этом информационные входы регистра имеют тип D. Такой подход упрощает многие оптимизационные методы [4].

## 2. Двухуровневая реализация автомата

Для сжатия ПСТ автомата Мура применяются два метода [3] - оптимальное кодирование состояний (P<sub>0</sub>-автомат) и преобразование кодов состояний (P<sub>K</sub>-автомат). Оба метода основаны на наличии в автомате псевдоэквивалентных состояний [5]. Состояния  $a_m, a_s \in A$  называются псевдоэквивалентными, если соответствующие им операторные вершины связаны со входом одной и той же вершины граф-схемы алгоритма.

Множество  $A$  разбивается на классы  $B_i \in \Pi_A = \{B_i, \dots, B_l\}$  псевдоэквивалентных состояний. Если коды состояний одного класса входят в один обобщенный интервал булева пространства, то это порождает P<sub>0</sub>-автомат. Пусть для автомата Si класс  $B_3 = \{a_3, a_4\}$  и  $l=4$ . С учетом кодирования (табл. 1) код класса  $B_3$   $K(B_3) = IO^*$ . Если классы кодируются переменными из множества  $T = \{i_1, \dots, i_Q\}$ ,  $Q = \lceil \log_2 l \rceil$ , то это порождает P<sub>K</sub>-автомат. Пусть  $K(B_3) = IO$  ( $Q=2$  для S).

Для синтеза автомата исходная ПСТ преобразуется так, как это показано таблицей 2. Для P<sub>K</sub>-автомата Si преобразованная ПСТ отличается тем, что в столбце  $K(B_1)$  указан код  $K(B_3) = IO$ .

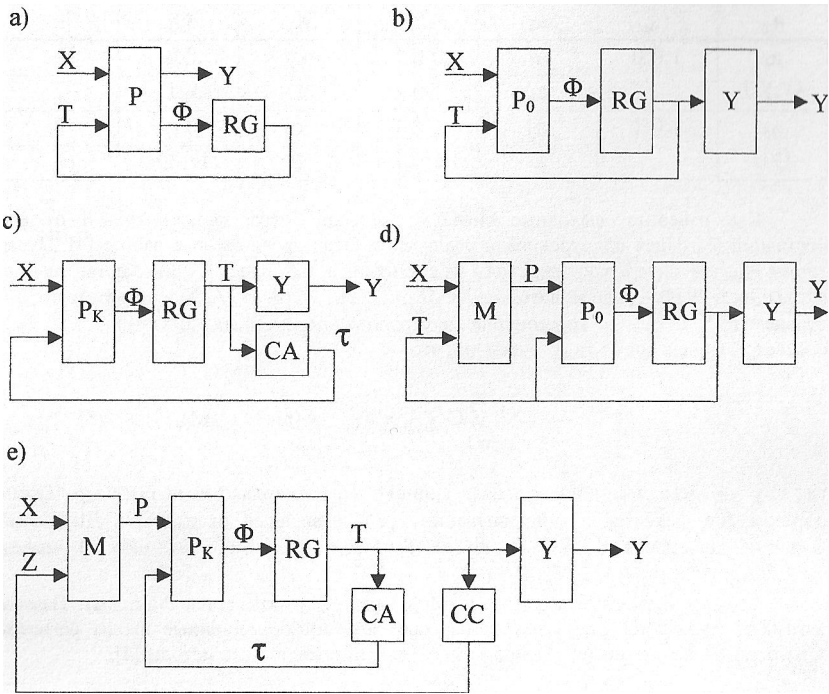


Рис. 1. Структуры логической схемы автомата Мура

Таблица 2. Фрагмент преобразованной ПСТ Рр-автомата Мура  $S_i$

$B_i$	$K(B_i)$	%	$K(a_i)$	$Xh$	$\Phi_b$	$h$
$B_3$	1 0 *	$a_2$	0 0 1	$X_i$	$D_3$	1
		$a_5$	1 0 1	$*_i$	$P_i P_3$	2

Двухуровневые структуры порождаются применением методов максимального кодирования микроопераций для  $P_0$ - и  $P_K$ -автоматов, либо заменой логических условий для  $P$ -автомата. При кодировании вводится дополнительная  $Y$ -подсхема, реализующая отображение  $A \rightarrow Y$  [4]. На рис. 1, в показан  $P_0Y$ -автомат, на рис. 1, с -  $PKY$ -автомат, включающий преобразователь  $CA$  для реализации отображения  $T \wedge T$ . При замене вводится  $M$ -подсхема, реализующая отображение  $A \wedge P$ , где  $P = \{p_1, \dots, p_c\}$ ,  $G \ll L$  [4].

### 3. Трехуровневая реализация автомата

Совместное применение замены логических условий и кодирования наборов микроопераций порождает трехуровневые схемы автомата Мура. На рис. 1,д приведен МР<sub>0</sub>Y-автомат Мура. Отметим, что при замене возможно преобразование кодов состояний в коды логических условий, что позволяет уменьшить число мультиплексоров M-подсхемы [5]. Автоматы с преобразованием <состояния, логические условия> имеют в своей структуре преобразователь кодов СС. На рис. 1,е приведена структура логической схемы МКР<sub>0</sub>Y-автомата Мура. Здесь буква К обозначает наличие преобразователя СС.

В настоящей работе предлагается использовать для оптимизации автомата Мура метод кодирования полей совместимых микроопераций [6]. В этом случае множество Y разбивается на классы  $Y^1, \dots, Y^J$  совместимых микроопераций и каждому классу соответствует поле в формате микрокоманды. На рис. 2 приведена структура Р<sub>0</sub>DY-автомата Мура, в которой D-подсхема преобразовывает коды состояний в переменные множества V, кодирующие классы совместимых микроопераций, а Y-подсхема строится на дешифраторах и формирует микрооперации Y. Аналогично строится и Р<sub>0</sub>СDY-автомат.

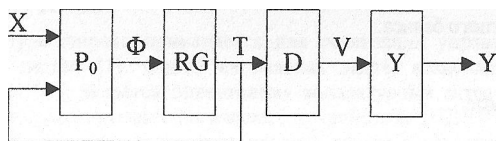


Рис. 2. Структурная схема автомата Мура с кодированием полей совместимых микроопераций

### 4. Четырехуровневая реализация автомата

Совместное применение методов замены логических условий и кодирования полей совместимых микроопераций порождает четырехуровневые структуры автомата Мура.

Все многообразие структур логической схемы отражается таблицей 3. Из табл. 3 следует, что:

- существует одна одноуровневая структура (Р-автомат);
- существуют 12 двухуровневых структур с заменой логических условий;
- существуют 2 двухуровневые структуры с максимальным кодированием наборов микроопераций;
- существуют 8 трехуровневых структур с заменой логических условий и кодированием наборов микроопераций;
- существуют 2 трехуровневые структуры с кодированием полей совместимых микроопераций;

- существуют 8 четырехуровневых структур с заменой логических условий и кодированием полей совместимых микроопераций.

Итак, табл. 3 задает 33 различные структуры логической схемы автомата Мура.

Таблица 3. Структуры логической схемы автомата Мура

Уровни	Г	П	Ш	IV
Подсхемы	М МК M <sub>0</sub> M <sub>0</sub> K	Р P <sub>0</sub> P <sub>K</sub>	У D	У
Базис	Мультиплексоры	ПЛМ,плисГ~	ПЗУ	Дешифраторы

### **Заключение**

Разнообразие структур логической схемы УА Мура требует разработки методов их синтеза (или общей методики). Для выбора структуры, наиболее оптимальной с точки зрения выбранного критерия оптимизации, необходимо получение аналитических оценок сложности реализации от типа структуры и характеристик автомата и элементного базиса.

### **Литература**

1. Баранов С.И. Синтез микропрограммных автоматов. - Л.: Энергия, 1978 - 232 с.
2. Соловьев В.В. Проектирование функциональных узлов цифровых систем на программируемых логических устройствах. - Минск: Бестпринт, 1996. - 252 с.
3. Баркалов А.А. Принципы оптимизации логической схемы микропрограммного автомата Мура // Кибернетика и системный анализ. - 1998, №1. - с. 180-184.
4. Складар В.А. Синтез автоматов на матричных БИС. - Минск: Наука и техника, 1984. - 287 с.
5. Баркалов А.А. Разработка формализованных методов структурного синтеза композиционных автоматов. - Дисс. докт. техн. наук: 05.13.08: Донецк: ДонГТУ, 1995.-301 с.
6. Баркалов А.А., Палагин А.В. Синтез микропрограммных устройств управления. - Киев: ИК НАН Украины, 1997. - 135 с.