

СИНТЕЗ ЧЕТЫРЕХУРОВНЕВОЙ СТРУКТУРЫ УПРАВЛЯЮЩЕГО АВТОМАТА ПО ВЕРТИКАЛЬНОЙ ГРАФ-СХЕМЕ АЛГОРИТМА

Баркалов А.А., Зеленёва И.Я., Кияшко А.А.

кафедра ЭВМ, ДонНТУ
irina@cs.dgtu.donetsk.ua

Abstract

Barkalov A.A., Zeleneva I.J., Kijashko A.A. Synthesis of the four-level structure of a control automaton for vertical flow-chart. The method of solving basic problems concerning the synthesis of automaton with four-level M_1PFD_V model is proposed. Such a model assumes mixed utilization of different structure reduction methods and as results is the optimization of hardware costs. The example of automaton synthesis in mixed element basis is given.

Введение

Устройство управления является одним из важнейших блоков в цифровых системах и часто реализуется в виде автомата с жесткой логикой. В этом случае при синтезе логических схем автоматов используются программируемые большие интегральные схемы (БИС) с регулярной структурой. Так как используемые при этом микросхемы ПЛМ, ПЗУ, ПЛИС являются наиболее дорогостоящей частью схемы, то с целью минимизации аппаратных затрат, в процессе синтеза устройства необходимо стремиться к уменьшению числа БИС в схеме.

Для оптимизации схемы относительно аппаратных затрат существуют различные методы [1], причем для достижения лучших результатов полезно использовать несколько методов в комплексе. В работах [2-4] были предложены многоуровневые структуры управляющих автоматов, полученные путём комплексного использования методов структурной редукции, гетерогенной реализации и алгоритмических преобразований. В предлагаемой статье рассматривается процесс синтеза четырёхуровневой схемы автомата Мили с применением вышеуказанных методов совместно с методом преобразования ГСА.

Синтез автомата Мили с M_1PFD_V -структурой

Рассмотрим задачу синтеза автомата с жесткой логикой (в данном случае - автомат Мили). Аббревиатура M_1PFD_V , в соответствии с описанием структур автоматов, приведенном в [5], означает, что автомат имеет следующую структуру (рис.1):

- подсхема M_1 выполняет замену логических переменных, реализуется на мультиплексоре;
- подсхема P реализует на ПЛИМ функции переходов автомата, соответствующие строкам прямой структурной таблицы;
- подсхема F хранит в ПЗУ информацию о микрооперациях и функциях возбуждения памяти на каждом переходе;

- подсьхема D - дешифратор мікрооперацій;
- St - счєтчик кодів состоянь на лїнейних учасках граф-сьхемї алгоритма;
- RMK - реєстр формированья мікрокоманд.

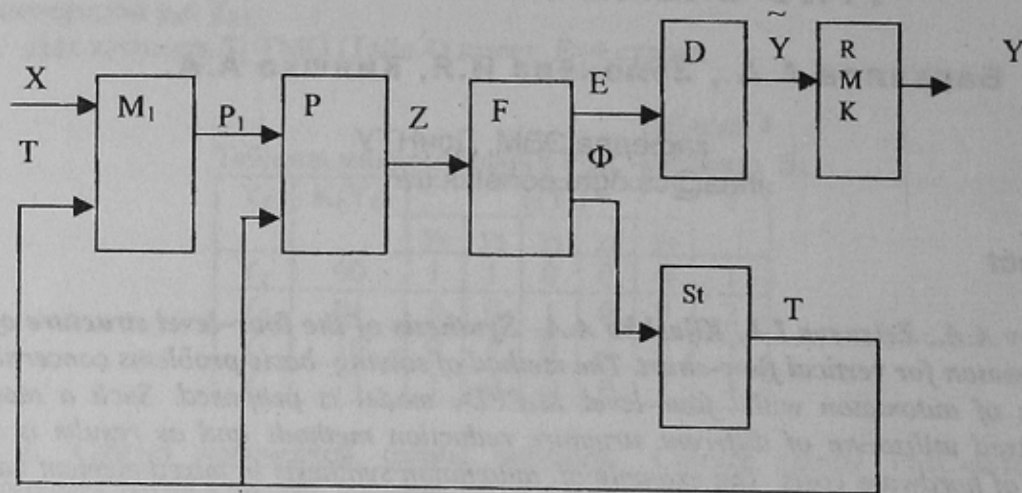


Рисунок 1 - M_1PFD_v - структура автомата Мили

Пусть задана граф-схема алгоритма (рис.2). Для синтеза рассматриваемой структуры необходимо выполнение двух условий:

- 1) переход между текущим и следующим состояниями автомата может зависеть не более, чем от одного логического условия $x_i \in X$, где $X = \{x_1, \dots, x_L\}$ - множество логических условий;
- 2) в каждой операторной вершине может быть записано не более, чем одна микрооперация $y_i \in Y$, где $Y = \{y_1, \dots, y_N\}$ - множество микроопераций.

В связи с этим необходимо выполнить соответствующие преобразования в исходной ГСА Γ (рис. 2). Для выполнения первого условия применяется метод вертикализации ГСА: в последовательности условных вершин вводятся дополнительные "пустые" операторные вершины. Второе условие выполняется путём преобразования каждой операторной вершины в последовательность вершин, содержащих только по одной микрооперации. Преобразованная ГСА Γ' изображена на рисунке 3.

Такое преобразование характерно для вертикальных ГСА и позволяет использовать счетчик для хранения кода состояния автомата. При этом состояния должны быть закодированы в естественном порядке: если в момент времени t выполняется состояние a_m с кодом $K(a_m)$, то в момент времени $(t+1)$ будет выполняться состояние a_s с кодом $K(a_s) = K(a_m) + 1$.

Для управления счетчиком необходим сигнал Z_0 , который обеспечит работу в одном из двух режимов:

$$\begin{aligned} \text{при } Z_0=0 & \quad C_t = C_t + 1; \\ \text{при } Z_0=1 & \quad C_t = \Phi. \end{aligned}$$

Здесь Φ обозначает множество кодов состояний автомата. Так как микрооперации формируются последовательно (по одной МО в каждом такте), то могут возникнуть ошибки в работе операционного автомата. Кроме того, увеличивается время выполнения алгоритма. Для устранения этих недостатков необходимо использовать регистр микрокоманд, а для повышения быстродействия необходимо запускать операционный автомат только после выборки всей микрокоманды.

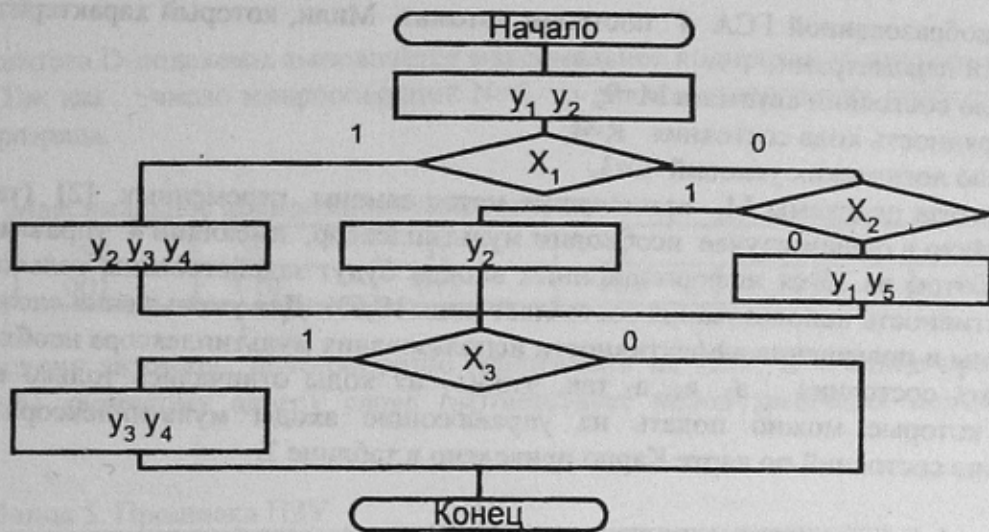


Рисунок 2. - Исходная ГСА Г

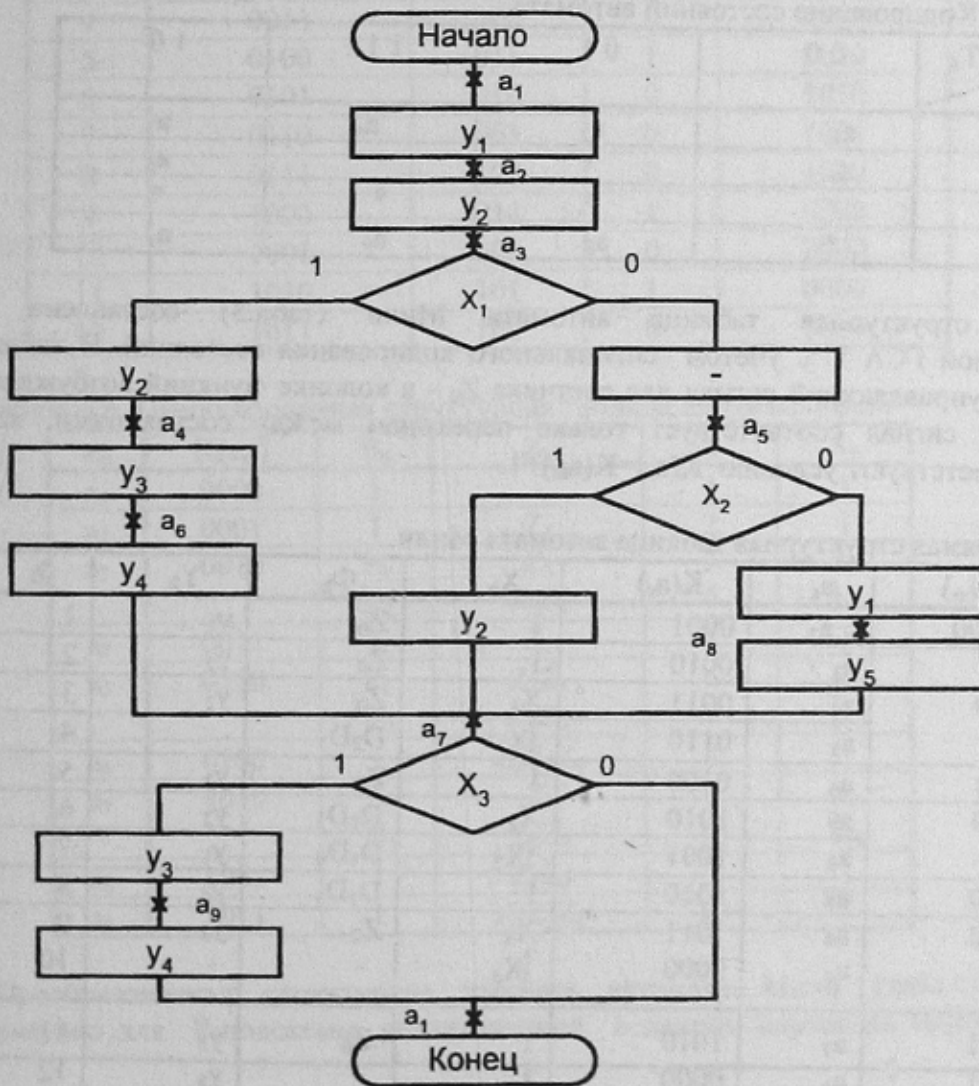


Рисунок 3. - Преобразованная ГСА Г

Для преобразованной ГСА Γ' построим автомат Мили, который характеризуется следующими параметрами:

- число состояний автомата $M=9$;
- разрядность кода состояния $R=4$;
- число логических условий $L=3$.

Для синтеза подсистемы M_1 применяется метод замены переменных [2] (табл.1). Так как $R=4$, то в общем случае необходим мультиплексор, имеющий 4 управляющих входа. При этом из 16-ти информационных входов будут задействованы только 3, то есть эффективность использования составляет лишь 18,6%. Для уменьшения сложности M_1 -подсистемы и повышения эффективности использования мультиплексора необходимо закодировать состояния a_3, a_5, a_7 так, чтобы их коды отличались только в двух разрядах, которые можно подать на управляющие входы мультиплексора [2]. Кодирование состояний по карте Карно приведено в таблице 2.

Таблица 1. Замена логических переменных

P_1	X_1	X_2	X_3
a_m	a_3	a_5	a_7

Таблица 2. Кодирование состояний автомата

T_3T_4	00	01	11	10
T_1T_2				
00	a_1	a_2	a_4	a_3
01	a_6	*	*	a_5
11	*	*	*	*
10	*	a_8	a_9	a_7

Прямая структурная таблица автомата Мили (табл.3) составлена по преобразованной ГСА Γ' с учетом специального кодирования состояний. В таблице указан также управляющий сигнал для счетчика Z_0 - в колонке функций возбуждения памяти. Этот сигнал соответствует только переходам между состояниями, коды которых соответствуют условию $K(a_s)=K(a_m)+1$.

Таблица 3. Прямая структурная таблица автомата Мили.

a_m	$K(a_m)$	a_s	$K(a_s)$	X_h	Φ_h	Y_h	h
a_1	0000	a_2	0001	1	Z_0	y_1	1
a_2	0001	a_3	0010	1	Z_0	y_2	2
a_3	0010	a_4	0011	X_1	Z_0	y_2	3
		a_5	0110	\bar{X}_1	D_2D_3	-	4
a_4	0011	a_6	0100	1	Z_0	y_3	5
a_5	0110	a_7	1010	X_2	D_1D_3	y_2	6
		a_8	1001	\bar{X}_2	D_1D_4	y_1	7
a_6	0100	a_7	1010	1	D_1D_3	y_4	8
a_7	1010	a_9	1011	X_3	Z_0	y_3	9
		a_1	0000	\bar{X}_3	-	-	10
a_8	1001	a_7	1010	1	Z_0	y_5	11
a_9	1011	a_1	0000	1	-	y_5	12

Для синтеза D-подсхемы выполняется максимальное кодирование микроопераций (табл. 4). Так как число микроопераций $N=5$, то для их кодирования необходимо 3 двоичных разряда.

Таблица 4. Максимальное кодирование микроопераций.

y_i	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	$y=0$
$e_1e_2e_3$	001	010	011	100	101	000

F-подсхему автомата целесообразно реализовать на ПЗУ. В таблице прошивки ПЗУ (табл.5) двоичному адресу слова соответствует набор двоичных переменных Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 .

Таблица 5. Прошивка ПЗУ

Fh	$K(Fh)=Z_1Z_2Z_3Z_4$	$e_1e_2e_3$	Z_0	$D_1D_2D_3D_4$
1	0000	001	1	0000
2	0001	010	1	0000
3	0010	010	1	0000
4	0011	000	0	0110
5	0100	011	1	0000
6	0101	010	0	1010
7	0110	001	0	1001
8	0111	100	0	1010
9	1000	011	1	0000
10	1001	000	0	0000
11	1010	101	1	0000
12	1011	100	0	0000

Таблица 6. Преобразованная структурная таблица автомата Мили

a_m	$K(a_m)$	P_h	Z_h	h	X_h
a_1	0000	1	-	1	1
a_2	0001	1	Z_4	2	1
a_3	0010	P_1	Z_3	3	x_1
		$\overline{P_1}$	Z_3Z_4	4	$\overline{x_1}$
a_4	0011	1	Z_2	5	1
a_5	0110	P_1	Z_2Z_4	6	x_2
		$\overline{P_1}$	Z_2Z_3	7	$\overline{x_2}$
a_6	0100	1	$Z_2Z_3Z_4$	8	1
a_7	1010	P_1	Z_1	9	x_3
		$\overline{P_1}$	Z_1Z_4	10	$\overline{x_3}$
a_8	1001	1	Z_1Z_3	11	1
a_9	1011	1	$Z_1Z_3Z_4$	12	1

Преобразованная структурная таблица автомата Мили (табл.6) содержит информацию для R-подсхемы, реализованной в данном случае на ПЛМ. С целью

удешевлення схеми автомата Р-подсхему можно реализовать на ПЗУ при соответствующем корректировании алгоритма синтеза.

Заклучение

Комплексное применение описанных методов оптимизации управляющих автоматов на программируемых БИС в данном примере дает положительный эффект, заключающийся в следующем:

- уменьшение числа входов ПЛМ в Р-подсхеме за счет того, что в уравнениях переходов используется только одна логическая переменная P_1 ;
- уменьшение разрядности ПЗУ за счет максимального кодирования микроопераций;
- оптимизация мультиплексорной подсхемы M_1 за счет оптимального кодирования состояний автомата;
- использование счетчика упрощает функции переходов автомата за счет того, что переходы на вертикальных участках ГСА формируются только по сигналу Z_0 .

Литература

1. Классификация методов оптимизации устройств управления на программируемых БИС. Баркалов А.А., Зеленёва И.Я. \Сборник "Наукові праці Донецького Державного Технічного Університету", серія "Проблеми моделювання та автоматизації проектування динамічних систем", випуск 10, Донецьк - 1999.- С.265.
2. Оптимизация способа замены логических условий автомата с двунаправленными переходами. Баркалов А.А., Зеленёва И.Я. - Рига, "Автоматика и вычислительная техника", выпуск 5, Рига-2000.- С.58-64.
3. Применение четырехуровневой структуры управляющего автомата для минимизации аппаратных затрат. Саломатин В.А., Белецкий О.В., Зеленёва И.Я. \Сборник научных трудов ДонНТУ, выпуск 1, серія "ИКВТ", Донецк-1997.- С. 135-140.
4. "Применение трехуровневой структуры управляющего автомата для минимизации аппаратных затрат". Баркалов А.А., Зеленёва И.Я., Калязин Д.А. \Сборник "Наукові праці Донецького Державного Технічного Університету", серія "Проблеми моделювання та автоматизації проектування динамічних систем", випуск 11, Донецьк - 2000. - С. 158-163.
5. Структуры логических схем управляющих автоматов на программируемых БИС. \ Баркалов А.А., Зеленёва И.Я., Бабаков Р.М. Сборник "Наукові праці Донецького Державного Технічного Університету", серія "ІКОТ", випуск 6, Донецьк-1999р. - С.208-211.