

СТРУКТУРЫ ЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ УПРАВЛЯЮЩИХ АВТОМАТОВ НА ПРОГРАММИРУЕМЫХ БИС

Баркалов А.А., Зеленёва И.Я., Бабаков Р.М.

Кафедра ЭВМ, ДГТУ

barcalov@dstu.donetsk.ua

Abstract

Barkalov A.A., Zelenyova I.J., Babakov R.M. The logic circuit's structures of control automata on programmable LSI. The method of control automata multilevel structures generation have been proposed. Method is based on the creation of some word from five letters. Each letter corresponds to one level of the structure. The tasks to be solved for automatic choice of the structure with optimal characteristics are discussed. The main task is to get the estimations of the quantity of LSIs in logic circuit based on the characteristics of LSIs and control algorithm.

Key words: control automaton, LSI, programmable logic, multilevel structure.

Введение

Управляющий автомат (УА) является важной составляющей любой цифровой схемы [1] и реализует алгоритм ее функционирования. В настоящее время для реализации логических схем автоматов широко используются программируемые БИС (ПЛМ, ППЗУ, ПЛИС) и схемы средней степени интеграции (DC, МХ) [2]. При реализации заказных БИС управляющие автоматы реализуются на библиотечных элементах из этих же классов [3]. Одной из важных задач при синтезе УА на БИС является минимизация аппаратных затрат в схеме автомата. Один из эффективных путей ее решения – увеличение числа уровней в логической схеме [4]. В настоящей работе рассматриваются возможные многоуровневые структуры и задачи, которые надо решить для организации автоматического выбора структуры, наиболее отвечающей заданным критериям эффективности.

Классификация существующих многоуровневых структур

Пусть алгоритм управления задан в виде граф-схемы алгоритма (ГСА), при этом автомат характеризуется следующими параметрами:

- 1) L – число логических условий в условных вершинах ГСА и образующих $X = \{x_1, \dots, x_L\}$ – множество логических условий.
- 2) N – число микроопераций, записанных в операторных вершинах ГСА и образующих множество $Y = \{y_1, \dots, y_N\}$.
- 3) H – число строк прямой структурной таблицы (ПСТ), образующих множество $F = \{F_1, \dots, F_H\}$.
- 4) M – число состояний автомата, образующих множество $A = \{a_1, \dots, a_M\}$, для кодирования которых используются R внутренних переменных из множества $T = \{T_1, \dots, T_R\}$, где $R = \lceil \log_2 M \rceil$.

Элементарный базис характеризуется числом входов S , выходов t и числом промежуточных шин q . При этом для ПЛМ и ПЛИС неизвестна зависимость числа микросхем от параметров автомата и базиса, что не позволяет априорно определить число БИС в схеме УА. Для остальных элементов базиса эта задача решается элементарно. Таким образом, для априорного выбора структуры схемы необходимо найти соответствующую оценку для ПЛИС и ПЛМ.

Простейшей схемой УА является одноуровневый Р-автомат, реализующий систему функций

$$Y = Y(T, X); \quad \Phi = \Phi(T, X);$$

где $\Phi = \{\Phi_1, \dots, \Phi_R\}$ – множество функций возбуждения памяти УА представляющей собой регистр RG. Основное достоинство Р-автомата – наивысшее быстродействие, недостаток – избыточность реализации при выполнении условий

$$L > S - R; \quad N > t - R; \quad N > q,$$

что является наиболее частым случаем на практике.

Оптимизация схемы связана с увеличением числа уровней в ней [4]. В настоящее время существуют следующие методы [2-5]:

1. Замена логических условий. При этом ЛУ X заменяются переменными из множества $P = \{p_1, \dots, p_G\}$ и $G \ll L$. Это порождает МР-автомат, в котором М-подсхема может быть реализована на мультиплексорах. Дальнейшее упрощение схемы возможно, если $G=1$, такие УА назовем M_0P -автоматами. В этом случае M_0 -подсхема реализуется на одном мультиплексоре. Если $R > \lceil \log_2 L \rceil$, то для уменьшения сложности М- или M_0 -подсхемы предлагается использовать преобразователь кода состояния в код ЛУ. Назовем такие автоматы соответственно МКР- и M_0KR -автоматами. Методы синтеза M_0P -, МКР- и M_0PK -автоматов в литературе не рассматривались и должны быть разработаны.

2. Кодирование содержимого строк ПСТ. Идея заключается в кодировании наборов микроопераций (НМО) либо строк ПСТ переменными из множества Z. При максимальном кодировании НМО [7] порождается РУ-автомат, Y-подсхема которого реализуется на ПЗУ. Кодирование полей совместимых микроопераций [7] порождает PD-автомат, в котором D-подсхема реализуется на дешифраторах. Кодирование строк ПСТ порождает РН-автомат, в котором Н-подсхема реализуется на ПЛИМ или ПЛИС. Сложность D-подсхемы можно уменьшить до одного DC, если преобразовать ГСА так, чтобы в каждой операторной вершине было по одной микрооперации. Назовем такие автоматы РУ₀-автоматами. Сложность Н-подсхемы можно уменьшить, если код строки представить конкатенацией кода состояния и номера строки в массиве переходов из данного состояния. Назовем такие схемы РН₀-автоматами. Методы синтеза РУ₀- и РН₀-автоматов в литературе не рассматривались и должны быть разработаны.

3. Нестандартное кодирование строк ПСТ. Идея заключается в представлении строк парой <исходное состояние, состояние перехода>, что порождает PR-автоматы [8]. Структура PR-автомата включает два регистра.

В таблице 1 приведены перечисленные двухуровневые структуры, системы уравнений, используемые на каждом уровне структур, а также элементный базис, наиболее целесообразный для реализации подсхем каждого уровня.

Генерация многоуровневых структур

Совместное использование методов 1 и 2, 3 порождает 3-5-уровневые структуры логических схем УА, методы реализации которых в литературе не рассмотрены. Все возможные структуры представлены таблицей 2.

Процесс генерации многоуровневой структуры S можно представить как процесс словообразования; при этом уровень A является префиксом, уровень B – корнем слова, а уровни C – E выступают в качестве суффикса или окончания слова S. Очевидно, корень B обязательно должен присутствовать в слове, а остальные признаки могут быть нулевыми, чему соответствует символ 0 в таблице 2. Соединение одинаковых букв на разных уровнях запрещено. Индекс 3 означает, что после данной буквы может идти суффикс и окончание, индекс Z – только окончаний. Например слово $S = M * P * R * N * Y$ означает пятиуровневую структуру PR-автомата с заменой логических условий и кодированием строк ПСТ и наборов микроопераций. Отметим, что если предыдущий уровень в слове отсутствует, то отсутствует и следующий.

Таблица 1.

Характеристики двухуровневых структур

Структура		Уровни	
MP		$P=P(X,T)$	MX $\Phi=\Phi(P,T);$ $Y=Y(Y,T)$ ПЛИМ ПЛИС
M ₀ P		$P_1=P_1(X,T)$ один MX	$\Phi=\Phi(P,T);$ $Y=Y(Y,T)$ ПЗУ
MKP		$P=P(Z,T)$	$\Phi=\Phi(P,T);$ $Y=Y(P,T); Z=Z(T)$
M ₀ KP		$P_1=P_2(Z,T)$	$\Phi=\Phi(P_2,T);$ $Y=Y(P_1,T); Z=Z(T)$
PY		$\Phi=\Phi(X,T);$ $Z=Z(X,T);$	ПЛИМ ПЛИС $Y=Y(Z)$ ПЗУ
PD		$\Phi=\Phi(X,T);$ $Z=Z(X,T)$	$Y=Y(Z)$ DC
PY ₀		$\Phi=\Phi(X,T);$ $Z=Z(X,T)$	$Y=Y(Z)$ один DC
PH		$Z=Z(X,T)$	$Y=Y(Z);$ $\Phi=\Phi(Z)$ ПЗУ
PH ₀		$Z=Z(X,T)$	$Y=Y(Z,T);$ $\Phi=\Phi(Z,T)$ ПЗУ
PR		$\Phi=\Phi(X,T)$	$Y=Y(T,T)$ ПЛИМ ПЛИС

Из анализа табл. 2 следует, что существует одна одноуровневая структура $S = B$; 4 двухуровневые типа АВ и 6 двухуровневых типа ВС; 24 трехуровневых типа ABC и 11 типа BCD; 44 четырехуровневых типа ABCD и 6 типа BCDE; 24 пятиуровневые структуры типа ABCDE. Таким образом, Табл. 2 задает 119 различных многоуровневых структур логических схем автомата Мили, подавляющее большинство из которых ранее никогда не рассматривались.

Таблица 2.

Многоуровневые структуры логической схемы УА

Уровни	А	В	С	Д	Е
Подсхемы	М	Р	У 1	У 1	У 1
	M_0		Y_0 2	Y_0 1	Y_0 1
	МК		Д 1	Д 1	Д 1
	M_0K		Н 2	Н 2	0
	0		H_0 2	H_0 2	
			Р 3	0	
			0		

Заключение

В результате исследований существующих многоуровневых структур управляющих автоматов на программируемых БИС было определено, что для априорного выбора структуры УА с минимальным числом БИС или минимальной стоимостью необходимо:

1. Разработать методы синтеза автоматов, включающих M_0 -, M_0K -, МК-, H_0 -, Y_0 -подсхемы.
2. Разработать методы оценки параметров каждой подсхемы (число входов, выходов и строк) по исходной ПСТ и типу структуры УА.
3. Получить оценки числа БИС в подсхеме как функции от параметров реализуемой системы функций и характеристик ПЛМ и ПЛИС.

Литература

1. Stallings W. Computer Organization and Architecture. - N.J.: Prentice Hall, 1996. - 682p.
2. Соловьев В.В. Проектирование функциональных узлов цифровых систем на программируемых логических устройствах. - Минск: Бестпринт, -1996. - 252с.с.
3. Бибило П.Н. Синтез комбинационных ПЛМ-структур для СБИС. - Минск: Наука и техника, 1992. - 232 с.с.
4. Баркалов А.А. Разработка формализованных методов структурного синтеза композиционных автоматов. Дисс. докт. техн. наук : 05.13.08. - Донецк: ДонГТУ, 1994. - 301 с.
5. Склиаров В.А. Синтез автоматов на матричных БИС. - Минск: Наука и техника, 1984. - 287 с.с.