

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР  
ПО НАРОДНОМУ ОБРАЗОВАНИЮ

---

*ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ*

# **ПРИБОРОСТРОЕНИЕ**

ТОМ XXXII

**№ 3**

*ОТДЕЛЬНЫЙ ОТТИСК*

ИЗДАНИЕ ЛЕНИНГРАДСКОГО  
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
ИНСТИТУТА ТОЧНОЙ МЕХАНИКИ И ОПТИКИ

1989

**ОПТИМИЗАЦИЯ КОМПОЗИЦИОННОГО  
УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ**

А. А. БАРКАЛОВ, З. О. ДЖАЛИАШВИЛИ, В. Н. СТРУНИЛИН

Донецкий политехнический институт

Рассматриваются композиционные микропрограммные устройства управления (КМУУ), реализованные на программируемых логических матрицах (ПЛМ) и постоянных запоминающих устройствах (ПЗУ). Предлагается метод минимизации числа ПЛМ в схеме КМУУ, основанный на использовании преобразователя адресов операторных линейных цепей (ОЛЦ) и естественной адресации микрокоманд граф-схемы алгоритма в пределах каждой ОЛЦ.

Совместное использование программируемых логических матриц (ПЛМ) и постоянных запоминающих устройств (ПЗУ) позволяет минимизировать число БИС в логической схеме микропрограммного устройства управления (МУУ) [1]. В настоящей работе рассматривается задача минимизации числа ПЛМ в схеме композиционного МУУ (КМУУ) (рис. 1), представляющего собой композицию автоматов  $S_1$ , реализованного на ПЛМ, и  $S_2$ , реализованного на счетчике адреса микрокоманд (СЧАМК) и ПЗУ [2, 3]. Метод синтеза КМУУ основан на выделении отвечающего определенным условиям множества операторных линейных цепей (ОЛЦ) и естественной адресации микрокоманд (МК) исходной граф-схемы алгоритма (ГСА)  $\Gamma$  в пределах каждой ОЛЦ [2]. В КМУУ автомат  $S_1$  реализует переходы между выходами и входами различных ОЛЦ, а автомат  $S_2$  — переходы в пределах любой ОЛЦ. Условимся КМУУ с такой структурой обозначать символом  $U_1$ .

Структура  $U_1$  наиболее эффективна с точки зрения минимизации оборудования, если

$$Z > R, \quad (1)$$

где  $Z = \lceil \log_2 |D| \rceil$  — разрядность СЧАМК,  $|D|$  — мощность множества операторных вершин ГСА  $\Gamma$ ,  $R = \lceil \log_2 |A| \rceil$  — разрядность РП,  $|A|$  — мощность множества состояний автомата Мили  $S_1$ , интерпретирующего преобразованную ГСА  $\Gamma'$ .

При выполнении условия

$$(Z + R > t) \& (Z \leq t) = 1, \quad (2)$$

где  $t$  — число выходов ПЛМ, требуется расширение ПЛМ по выходам, что приводит к увеличению числа микросхем в логической схеме автомата  $S_1$ .

Для минимизации числа ПЛМ при выполнении (1)—(2) предлагается ввести преобразователь адресов (ПА) входов ОЛЦ в функции возбуждения РП (рис. 2). Пусть  $T = \{\tau_1, \dots, \tau_z\}$  — выходные перемен-

ные СЧАМК,  $D = \{D_1, \dots, D_R\}$  — функции возбуждения, формирующие в РП коды  $K(a_m)$  состояний  $a_m \in A$ . Будем рассматривать важный на практике случай реализации РП и СЧАМК на триггерах, имеющих информационные входы  $D$ -типа. Преобразователь ПА реализует систему булевых функций (СБФ):

$$D_r = \bigvee_{g=1}^G \bigvee_{k=1}^{K_g} C_{rkg} A_g^k \quad (r = \overline{1, R}), \quad (3)$$

где  $A_g^k = \bigwedge_{z=1}^z \tau_z^{k_g z}$  — конъюнкция, соответствующая адресу  $A(I_g^k)$  входа  $I_g^k$  ОЛЦ  $\alpha_g \in C$ , где  $C = \{\alpha_1, \dots, \alpha_G\}$  множество ОЛЦ ГСА Г,  $I_{kgz} \in \{0, 1\}$ ,  $\tau_z^0 = \tau_z$ ,  $\tau_z^1 = \tau_z$ ;  $C_{rkg} = 1$ , если и только если  $A(I_g^k)$  соответствует код  $K(a_m)$ ,  $r$ -я компонента которого равна единице.

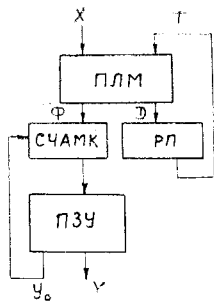


Рис. 1. Структура микропрограммного устройства управления

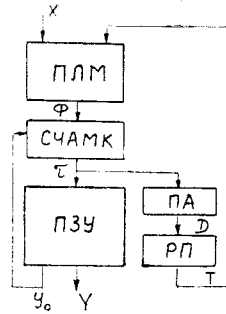


Рис. 2. Структура микропрограммного устройства управления с преобразователем кодов

Обозначим МУУ с такой структурой символом  $U_2$ . МУУ  $U_2$  функционирует следующим образом. Пусть автомат  $S_1$  перешел в состояние  $a_m \in A$ , в СЧАМК записан адрес  $A(I_g^k)$ . Если вход  $I_g^k$  не является выходом ОЛЦ  $\alpha_g \in C$ , то одновременно с формированием текущей МК  $Y_t$  вырабатывается сигнал  $y_0$ . Этот сигнал увеличивает на единицу содержимое СЧАМК, адресуя МК, выполняемую в следующем такте, и запрещает переход автомата  $S_1$  из состояния  $a_m$ . Если в такте  $x$  в СЧАМК содержится адрес выхода ОЛЦ  $\alpha_{g_1}$ , то сигнал  $y_0$  не вырабатывается.

При этом автомат  $S_1$  в соответствии с функцией выходов  $\lambda$  формирует набор

$$\Phi(x) = \lambda(a_m, X(x)), \quad (4)$$

где  $X(x)$  — значение набора ЛУ после выполнения МК в такте  $x$ , который заносит в СЧАМК адрес входа следующей ОЛЦ. По набору  $\Phi(x)$  ПА формирует код состояния  $a_s = \delta(a_m, X(x))$ , где  $\delta$  — функция переходов автомата  $S_1$ , который заносится в РП. Функционирование продолжается аналогичным образом до перехода автомата  $S_1$  в конечное состояние.

Для синтеза ПА необходимо решить следующие задачи:

1. Сформировать множество ОЛЦ  $S = \{a_1, \dots, a_G\}$ .
2. Организовать естественную адресацию микрокоманд в пределах каждой ОЛЦ.
3. Сформировать преобразованную ГСА  $\Gamma'$ , задающую закон функционирования автомата  $S_1$ .
4. Сформировать СБФ (3), задающую закон функционирования ПА.
5. Синтезировать логическую схему ПА.

Методы решения задач 1—3 рассмотрены в [2], для решения задачи 4 предлагается следующая методика:

а) отметить ГСА  $\Gamma'$ , интерпретируя ее моделью автомата Мили;

б) построить таблицу соответствия  $I(\Gamma) \rightarrow A$ , называемую в дальнейшем  $\alpha$ -таблицей, со столбцами:  $I_g^h$  —  $k$ -й вход ОЛЦ  $a_g \in C$ ;  $A_g^h$  — конъюнкция внутренних переменных, соответствующая адресу входа  $I_g^h$ ;  $a_m$  — состояние автомата  $S_1$ ;  $K(a_m)$  — код состояния  $a_m \in A$ ;  $D_m$  — функции возбуждения РП, принимающие единичное значение для формирования кода  $a_m$ . Таблица строится следующим образом: если вход вершины ГСА  $\Gamma'$ , следующей за вершиной, формирующей в СЧАМК адрес входа  $I_n^p$ , отмечен состоянием  $a_s$ , то в  $\alpha$ -таблицу записывается строка:  $I_n^p$ ;  $A_n^p$ ;  $a_s$ ;  $K(a_s)$ ;  $D_s$ ;

в) построить дизъюнктивную нормальную форму (ДНФ) функции  $D_r$  ( $r = \overline{1, R}$ ) следующим образом: если в строке  $\alpha$ -таблицы, соответствующей входу  $I_n^p$ , содержится переменная  $D_r$ , то включить в ДНФ функции  $D_r$  терм  $A_n^p$ .

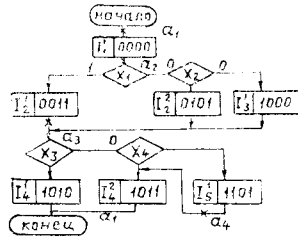


Рис. 3. Преобразованная ГСА  $\Gamma'$

$I_g^h$	$A_g^h$	$a_m$	$K(a_m)$	$D_r$
$I_1^1$	$\overline{\tau_1 \tau_2 \tau_3 \tau_4}$	$a_2$	01	$D_2$
$I_2^1$	$\overline{\tau_1 \tau_2 \tau_3 \tau_4}$	$a_3$	10	$D_1$
$I_2^2$	$\overline{\tau_1 \tau_2 \tau_3 \tau_4}$			
$I_3^1$	$\overline{\tau_1 \tau_2 \tau_3 \tau_4}$			
$I_4^1$	$\tau_1 \overline{\tau_2 \tau_3 \tau_4}$	$a_1$	00	
$I_4^2$	$\tau_1 \tau_2 \tau_3 \tau_4$			
$I_5^1$	$\tau_1 \tau_2 \tau_3 \tau_4$	$a_4$	11	$D_1 D_2$

Рассмотрим применение методики на примере синтеза ПА по преобразованной ГСА  $\Gamma_1'$  (рис. 3), в операторных вершинах которых записаны обозначения соответствующих им входов ОЛЦ и их адреса. На

ГСА  $\Gamma_1'$  поставлены отметки состояний автомата Мили  $S_1$ . Закодируем состояние  $a_m \in \{a_1, \dots, a_4\}$  кодами  $K(a_m)$  длины  $R=2$  следующим образом:  $K(a_1)=00$ ,  $K(a_2)=01$ ,  $K(a_3)=10$ ,  $K(a_4)=11$ . Построим таблицу ПА автомата  $S_1$ . Из таблицы имеем СБФ, задающую закон функционирования ПА:

$$\begin{aligned} D_1 &= \bar{\tau}_1 \bar{\tau}_2 \tau_3 \tau_4 \vee \bar{\tau}_1 \tau_2 \bar{\tau}_3 \tau_4 \vee \tau_1 \bar{\tau}_2 \bar{\tau}_3 \bar{\tau}_4 \vee \tau_1 \tau_2 \tau_3 \tau_4, \\ D_2 &= \bar{\tau}_1 \bar{\tau}_2 \bar{\tau}_3 \tau_4 \vee \tau_1 \tau_2 \tau_3 \tau_4. \end{aligned} \quad (5)$$

Далее задача синтеза ПА сводится к задаче реализации СБФ (5) на ПЛМ, для решения которой разработаны эффективные методы.

Исследования, проведенные авторами при синтезе устройств управления по реальным ГСА, показали, что при выполнении условий (1) — (2) для реализации МУУ  $U_2$  требуется на 15—20% меньше ПЛМ по сравнению с МУУ  $U_1$ .

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Складов В. А. Синтез автоматов на матричных БИС. — Минск: Наука и техника, 1984. — 287 с.
2. Баркалов А. А. Микропрограммное устройство управления как композиция автоматов с жесткой и программируемой логикой. — Автоматика и вычислительная техника, 1983, № 4. — С. 36—41.
3. Баркалов А. А., Матвиенко А. В. Реализация микропрограммного устройства управления композицией автоматов с жесткой и программируемой логикой. — В кн.: Микропроцессорные средства: разработка и применение. — Киев: ИК АН УССР. — С. 38—42.

Рекомендована кафедрой  
электронно-вычислительных машин

Поступила в редакцию  
15 октября 1987 г.