

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР  
ПО НАРОДНОМУ ОБРАЗОВАНИЮ

*ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ*

# **ПРИБОРОСТРОЕНИЕ**

ТОМ XXXIII

№ 8

*ОТДЕЛЬНЫЙ ОТТИСК*

ИЗДАНИЕ ЛЕНИНГРАДСКОГО  
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
ИНСТИТУТА ТОЧНОЙ МЕХАНИКИ И ОПТИКИ

1990

**АПРИОРНАЯ ОЦЕНКА  
СЛОЖНОСТИ ЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ  
МИКРОПРОГРАММНОГО АВТОМАТА**

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

Донецкий политехнический институт

Предлагается методика оценки сложности реализации микропрограммных автоматов на элементах малой степени интеграции, приведены аналитические оценки для получения минимального числа корпусов интегральных схем при выполнении микропрограммных автоматов на элементах И—НЕ.

В современной вычислительной технике широко применяется принцип микропрограммного управления. При этом любое операционное устройство рассматривается как композиция двух автоматов — операционного и управляющего [1]. Регулярность структуры операционных автоматов позволяет однозначно определить затраты оборудования при их реализации в определенном элементном базисе, чего нельзя сделать для устройств управления. Это объясняется тем, что затраты оборудования в последних являются функцией параметров исходной граф-схемы алгоритма (ГСА) и элементного базиса. Существующие методики проектирования не позволяют судить достаточно точно об аппаратурных затратах до получения схемных решений.

Часто устройство управления выполняется как микропрограммный автомат (МПА) [2], интерпретирующий ГСА работы операционного устройства. В работе предлагается методика оценки сложности реализации МПА на элементах малого уровня интеграции. Выбор элементного базиса определяется его широким применением в практике проектирования разработчиками устройств управления, а априорная оценка сложности реализации при этом затруднена.

Пусть с использованием методики, изложенной в [2], получена по ГСА прямая структурная таблица (ПСТ) МПА. Рассмотрим предлагаемую методику на примере автомата Мили, реализуемого по структурной схеме (рис. 1) в базисе  $m$ И—НЕ, где  $m$  — число входов логического элемента (ЛЭ).

Структурная схема МПА содержит:

— схему  $M_F$ , формирующую инверсии переменных  $F_1, \dots, F_N$ , соответствующих строкам PST, в виде

$$\bar{F}_h = \overline{A_m \cdot X_h}, \quad h = \overline{1, N},$$

где  $A_m$  — конъюнкция  $R$  внутренних переменных  $\tau_i \in T$ , соответствующая коду состояния  $a_m \in A$ ;  $A$  — множество состояний МПА,  $R = \text{int} \log_2 M$ ,  $M = |A|$ ;  $X_h$  — конъюнкция входных переменных  $x_i \in X$ , записанных в  $h$ -й строке PST,  $X$  — множество логических условий, содер-

жащихся в ГСА; инверсии переменных  $F_h$  необходимы для реализации ДНФ выходных сигналов и функций возбуждения памяти в базисе И—НЕ;

— схему  $M_{\Phi y}$ , формирующую выходные сигналы  $y_n \in Y$ , где  $Y = \{y_1, \dots, y_N\}$  — множество микроопераций и функций возбуждения элементов памяти МПА  $\varphi_r \in \Phi$  в виде

$$y_n = \bigwedge_{h=1}^{\overline{H}} C_{nh} \overline{F}_h, \quad n = \overline{1, N};$$

$$\varphi_r = \bigwedge_{h=1}^{\overline{H}} C_{rh} F_h, \quad r = \overline{1, R},$$

где  $C_{nh}/C_{rh} = 1$ , если только в  $h$ -й строке ПСТ  $y_n = 1$  ( $\varphi_r = 1$ );

— память П, представляющую собой триггерный регистр, отображающий коды состояний МПА;

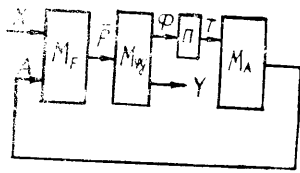


Рис. 1. Структурная схема автомата Мили

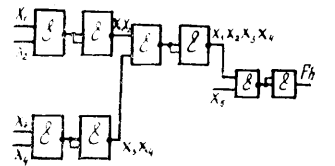


Рис. 2. Реализация конъюнкции пяти переменных в базисе 2И-НЕ

— схему  $M_A$ , формирующую сигналы  $A_m$ , в виде

$$A_m = \bigwedge_{r=1}^{\overline{R}} \overline{T_r^{l_{mr}}} \quad (m = \overline{1, M}),$$

где  $l_{mr} \in \{0, 1\}$  — значение  $r$ -го разряда кода состояния  $a_m$ ,  $T_r^0 = \overline{T}_r$ ,  $T_r^1 = T_r$ . Двойная инверсия в этом выражении применяется, поскольку элементный базис содержит внутреннюю инверсию, а переменные  $A_m$  используются в схеме  $M_F$  в безынверсной форме.

В основе оценки сложности схемы находится полученная авторами формула для вычисления минимального числа элементов И—НЕ, требуемого для реализации конъюнкции  $L$  переменных:

$$K(L, m) = 2 \int n t \left( \frac{L-1}{m-1} \right). \quad (1)$$

Отметим, что  $1/2K(L, m)$  соответствует числу элементов 2И—НЕ, реализующих только функцию инвертирования.

Например, для выполнения  $F_h = X_1, \dots, X_5$  требуется  $K(5, 2) = 8$  элементов 2И—НЕ, причем четыре из них выполняют только функцию инвертирования (рис. 2).

Выражение (1) может быть использовано для выбора  $m$ , минимизирующего  $K(L, m)$ , и оценки реализации произвольной ДНФ. При выполнении в базе И—НЕ ДНФ преобразовывается к виду

$$\bar{f} = \bigwedge_{k=1}^k \bar{F}_k,$$

где  $F_h$  — термы исходного представления ДНФ функции. Тогда число элементов И—НЕ определяется как

$$K_f = \sum_{k=1}^k K(L_h, m) + K(K, m) - 1,$$

где  $L_h$  — число переменных в терме  $F_h$  ( $k=1, \dots, K$ ), единица вычитается, так как реализуется не функция И, а функция И—НЕ.

Итак, для МПА Мили (см. рис. 1) число элементов И—НЕ оценивается следующим образом:

$$K(M_F) = \sum_{n=1}^H (K(|X_h| + 1, m) - 1);$$

$$K(M_{\Phi y}) = \sum_{n=1}^N (K(F(y_n), m) - 1) + \sum_{r=1}^R (K(F(\Phi_r), m) - 1);$$

$$K(M_A) = \sum_{m=1}^M K(R, m),$$

где  $|X_h|$  — число букв в конъюнкции  $X_h$ ;  $|X_h| + 1$  — число букв в конъюнкции  $F_h$  с учетом того, что в формулу для  $F_h$  входит  $A_m$ ,  $F(y_n)$ ;  $(F(\Phi_r))$  — число термов, входящих в ДНФ функций  $y_n$  ( $\Phi_r$ ) (т. е. число строк ПСТ, в которых встречаются  $y_n$  и  $\Phi_r$ ).

Сложность логической схемы МПА (см. рис. 1) оценивается как

$$K_S = K(M_F) + K(M_{\Phi y}) + K(M_A).$$

Если для реализации схемы используются стандартные дешифраторы, то их число можно оценить по методике, приведенной в [3].

Для учета нагрузочной способности элемента И—НЕ выражение (1) представляется в виде

$$K(L, m, n) = K(L, m) + \text{int} \left( \frac{P}{n} \right) - 2, \quad (2)$$

где  $P$  — число функций, в которые входит анализируемый терм;  $n$  — нагрузочная способность ЛЭ.

Для определения числа корпусов интегральных схем, требуемых для реализации логической схемы, выражение (1) примет вид

$$K = \frac{K(L, m)}{2n_m} + \frac{K(L, m)}{2n_2},$$

где  $n_m$  — число элементов  $m$ И—НЕ, заключенных в одном корпусе. Аналогичным способом преобразовывается и выражение (2).

Таким образом, предложенная методика позволяет априорно оценить сложность схем, получаемых при изменении структуры МПА, и выбрать оптимальный вариант.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Майоров С. А., Новиков Г. И. Принципы организации цифровых машин. — Л.: Машиностроение, 1974.
2. Баранов С. И. Синтез микропрограммных автоматов. — Л.: Энергия, 1979.
3. Оценка аппаратных затрат при синтезе МУУ с принудительной адресацией микрокоманд/А. В. Плотников, В. А. Саломатин, А. А. Баркалов и др.//Автоматизация проектирования радиоэлектронной аппаратуры и средств вычислительной техники/УПИ: Свердловск, 1986. — С. 26—30.

Рекомендована кафедрой  
электронных вычислительных машин

Поступила в редакцию  
13 февраля 1990 г.