

**УДК 004.2**

**СИНТЕЗ МИКРОПРОГРАММНОГО АВТОМАТА  
С ОПЕРАЦИОННЫМ АВТОМАТОМ ПЕРЕХОДОВ  
МЕТОДОМ ПОЛНОГО ПЕРЕБОРА**

***Р. М. Бабаков***, к.т.н., доцент

*Донецкий национальный университет имени Василя Стуса*  
*r.babakov@donnu.edu.ua*

*В статье дается оценка временных затрат на синтез микропрограммного автомата с операционным автоматом переходов методом полного перебора.*

*Babakov R. M. Optimization of linear functions on arrangements. The article assesses the time required for the synthesis of final-state machine with datapath of transitions using brutal force approach.*

*Ключовые слова:* МИКРОПРОГРАММНЫЙ АВТОМАТ, ОПЕРАЦИОННЫЙ АВТОМАТ ПЕРЕХОДОВ, ПОЛНЫЙ ПЕРЕБОР.

*Keywords:* FINAL-STATE MACHINE, DATAPATH OF TRANSITIONS, BRUTAL FORCE.

В работах [1, 2] предложены структура и математическая модель микропрограммного автомата с операционным автоматом переходов (МПА с ОАП). В данной структуре преобразование кодов состояний осуществляется различными способами: часть переходов реализуется каноническим способом по системе булевых уравнений, часть – с помощью множества операций переходов (ОП). Поскольку в МПА с ОАП одна и та же ОП может использоваться для реализации множества автоматных переходов, использование МПА с ОАП может способствовать сокращению аппаратных затрат на реализацию логической схемы автомата в сравнении с каноническим МПА [3].

Синтез МПА с ОАП сводится к следующему:

1. Каждому состоянию автомата сопоставляется уникальный

структурный (двоичный) код из множества  $K_S^R$  допустимых структурных кодов.

2. Каждому автоматному переходу ставится в соответствие некоторая ОП из множества  $O$ , причем одна и та же операция может быть сопоставлена нескольким переходам.

Если сопоставленные коды состояний и операции переходов обеспечивают реализацию всех переходов автомата, то найдено формальное решение задачи синтеза МПА с ОАП. Для произвольного МПА существует, в общем случае, множество формальных решений, отличающихся используемыми ОП и аппаратными затратами на их реализацию в логической схеме автомата.

Одним из путей поиска формальных решений задачи синтеза МПА с ОАП является полный перебор. Будем полагать, что:

– множество  $O$  содержит  $N_1$  операций переходов;

–  $|K_S^R| = 2^R$ , где  $R$  – разрядность кода состояния;

– автомат содержит  $M$  состояний и  $B$  переходов.

Тогда количество  $N_1$  способов сопоставления  $2^R$  структурных кодов  $M$  состояниям автомата определяется выражением (1).

$$N_1 = A_{2^R}^M = \frac{(2^R)!}{(2^R - M)!}. \quad (1)$$

Количество способов сопоставления  $N_1$  операций переходов  $B$  переходам автомата определяется выражением (2).

$$N_2 = (N_1 + 1)^B. \quad (2)$$

Здесь прибавляемая к  $N_1$  единица учитывает возможность того, что любому переходу автомата может быть не сопоставлена никакая ОП, в результате чего данный переход реализуется каноническим способом.

Тогда количество вариантов взаимонезависимого сопоставления структурных кодов состояний и операций переходов определяется выражением (3).

$$N = N_1 \cdot N_2 = \frac{(2^R)!}{(2^R - M)!} \cdot (N_1 + 1)^B. \quad (3)$$

После того, как выбран очередной вариант сопоставления, необходимо проверить – является ли он «бесполезным» или дает

формальное решение задачи синтеза автомата. Обозначим через  $t_c$  время, затрачиваемое на формирование очередного варианта сопоставления и проверку получения формального решения. Тогда время  $t$ , необходимое для получения множества всех возможных формальных решений методом полного перебора, определяется выражением (4).

$$t = N \cdot t_c = \frac{(2^R)!}{(2^R - M)!} \cdot (N_I + 1)^B \cdot t_c. \quad (4)$$

Пусть  $t_c=0,001$  секунды. Тогда время, затрачиваемое на полный перебор вариантов в случае автомата средней сложности ( $M=50$ ,  $R=6$ ,  $B=100$  [3]) и  $(N_I+1)=10$  составит  $1,45 \cdot 10^{175}$  с, что, очевидно, является неприемлемым.

В случае, например,  $R=4$ ,  $M=10$ ,  $(N_I+1)=3$ ,  $B=10$  и  $t_c=0,001$  с, величина  $t = 10^{17}$  с. При уменьшении значения  $t_c$  до 1 нс (если предположить выполнение полного перебора на высокопроизводительной вычислительной системе) величина  $t$  становится равной  $10^{11}$  с, что составляет 3200 лет и также является неприемлемым.

Рассмотренные в докладе аналитические выражения и проведенные с их использованием расчеты позволяют сделать вывод о практической невозможности решения задачи синтеза МПА с ОАП методом полного перебора. При этом не исключена возможность решения данной задачи методом частичного перебора вариантов, требующая разработки специальных методов синтеза.

### *Литература*

1. Бабаков Р.М. Алгебраическая интерпретация микропрограммного автомата с операционным автоматом переходов / А.А. Баркалов, Р.М. Бабаков // Кибернетика и системный анализ. – 2016. – №2. – С. 22-29.
2. Бабаков Р.М. Промежуточная алгебра переходов в микропрограммном автомате // Радиотехника, информатика, управление. –2016. – №1. – С. 64-73.
3. Баранов С.И. Синтез микропрограммных автоматов / С.И. Баранов. – Л.: Энергия, 1979. –232 с.