

## ИССЛЕДОВАНИЕ СМЕШАННОГО КОДИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЙ ДЛЯ АВТОМАТА МУРА

Баркалов А.А., Саломатин В.А., Красичков А.А., Цололо С.А.  
Донецкий национальный технический университет  
Zelena Gora University

*Запропоновано метод синтезу автомату Мура на FPGA зі змішаним кодуванням станів. Даний метод дозволяє зменшити кількість логічних блоків FPGA у зрівнянні з відомими методами синтезу. Приведено приклад використання запропонованого методу.*

### ***Введение***

подавляющее большинство современных ЦСУ реализуются на базе программируемых пользователем вентильных матриц (Field Programmable Gate Arrays, FPGA) [1]. Именно технология FPGA постепенно получает все большее распространение благодаря гибкости своей архитектуры. В основе FPGA лежит конфигурируемый логический блок (КЛБ), который может быть запрограммирован на реализацию произвольной булевой функции (БФ). Одной из проблем проектирования микропрограммных автоматов (МПА) с использованием архитектуры FPGA является ограниченное число входов КЛБ, которое в большинстве случаев оказывается меньшим, чем число аргументов реализуемых БФ [2,3].

В данной статье описывается метод синтеза МПА Мура на FPGA, основанный на использовании нестандартного способа кодирования состояний МПА.

### ***Постановка задачи исследования***

Пусть МПА Мура задан граф-схемой алгоритма. На ее основе строится прямая структурная таблица (ПСТ) [4].

Структура МПА Мура, которая используется для реализации на FPGA, изображена на рис. 1.

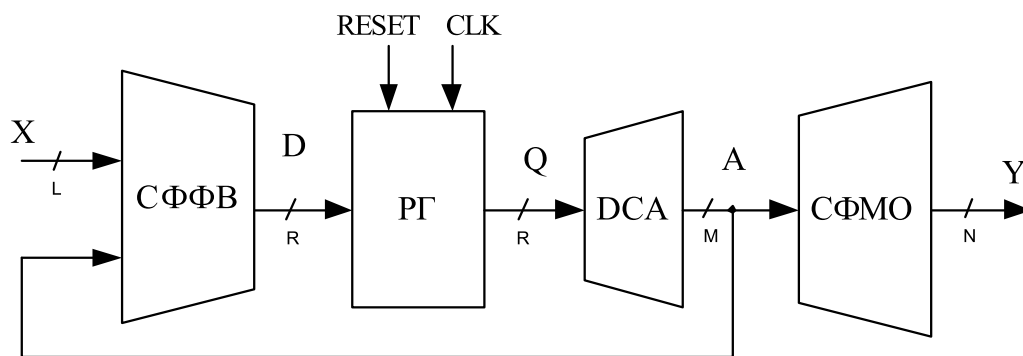


Рисунок 1. – Структура МПА Мура

Здесь

СФФВ – схема формирования функций возбуждения  $D_h \subseteq D$ ,

РГ – регистр кода состояния  $Q$ ,

СФМО – схема формирования микроопераций  $Y_h \subseteq Y$ ,

ДСА – дешифратор состояний.

Схемы СФФВ и СФМО строятся по системам функций (1) и (2) соответственно [4].

$$D_i = \bigvee_{h=1}^H \left( \bigwedge_{r=1}^R Q_r^{l_{mr}} \right) \& \bigwedge_{l=1}^L x_l^{E_{lh}}, \quad (1)$$

$$y_n = \bigvee_{h=1}^H \left( \bigwedge_{r=1}^R Q_r^{l_{mr}} \right) \& C_{nh}, \quad (2)$$

где

$$l_{mr} \in \{0, 1, *\},$$

$$Q_r^0 = \overline{Q_r}, Q_r^1 = Q_r, Q_r^* = 1,$$

$$E_{lh} \in \{0, 1, *\},$$

$$x_l^0 = \overline{x_l}, x_l^1 = x_l, x_l^* = 1,$$

$C_{nh}$  – булева переменная, равная единице, если и только если в  $h$ -й строке ПСТ записана переменная  $Y_h = (y_n)$ .

БФ в FPGA реализуются на КЛБ, которые имеют  $N$  входов. В зависимости от модели FPGA  $N = \overline{2,5}$ , тогда как число аргументов БФ проектируемых систем на порядок выше.

При проектировании МПА Мура формулы, описывающие СФФВ содержат наибольшее число аргументов, а именно – конъюнкция сигналов множества состояний МПА  $A = \{a_1, \dots, a_m\}$  и множества логических условий  $X = \{x_1, \dots, x_L\}$ .

Оптимальным способом минимизации числа аргументов в терминах СФФВ является унитарное кодирование состояний. При

использовании данного способа кодирования разрядность  $R$  будет равна количеству состояний  $M$  и дешифратор состояний будет не нужен. Однако такой подход является нерациональным для МПА с большим числом состояний. Для минимизации числа разрядов  $R$  наибольший выигрыш дает способ позиционного кодирования. Однако при таком способе кодирования в структуре остается дешифратор ДСА. В связи с указанными недостатками и достоинствами обоих способов кодирования предлагается сочетать два эти метода.

Пусть необходимо закодировать множество состояний МПА  $A = \{a_1, \dots, a_m\}$  числом разрядов  $R$ . При этом положим, что код состояния автомата представляется в виде двух частей –  $i$  и  $j$ , как показано на рис. 2.

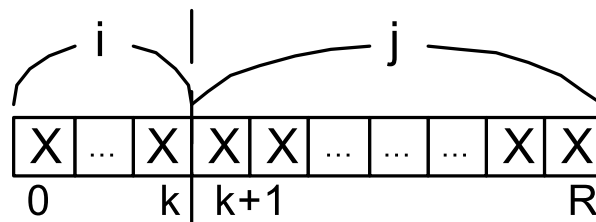


Рисунок 2. – Формат кода состояния

Группу  $i$  (с  $0$  по  $k$ ) разрядов предлагается кодировать при помощи позиционного кодирования, группу  $j$  (с  $k+1$  по  $R$ ) разрядов при помощи унитарного.

Применение такого способа кодирования позволяет закодировать не более чем  $2^i \cdot j$  состояний, при этом коде каждого состояния будет содержать не более  $i+1$  единиц.

Следует также отметить, что при данном способе смешанного кодирования варьирование значений  $i$  и  $j$  позволяет получить оптимальное соотношение между числом разрядов в терминах СФФВ и сложностью дешифратора непосредственно для схемы каждого проектируемого МПА.

При этом данный способ кодирования позволяет упростить реализацию дешифратора ДС, формирующего состояния  $A$ . В этом случае для первых  $i$  разрядов используется полный дешифратор, каждый выход которого при умножении на соответствующий  $j$ -й разряд формирует один из сигналов состояния множества  $A$  (рис. 3).

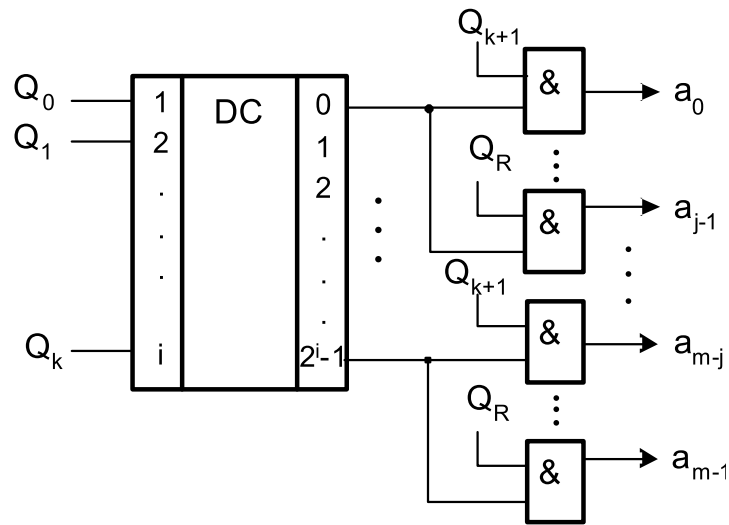


Рисунок 3. – Общий вид дешифратора состояний

### ***Выводы***

Исследования показали, что применение предложенного способа кодирования состояний МПА Мура приводит к более эффективной реализации схемы МПА на КЛБ. Предлагаемый способ может успешно применяться при проектировании цифровых автоматов с большим числом состояний и логических условий, с последующей реализацией на FPGA.

### ***Список литературы***

1. Баркалов А. А. Синтез устройств управления на программ-мируемых логических устройствах. – Донецк: ДонНТУ, 2002 – 262 с.
2. Грушвицкий Р.И., Мурсаев А.Х., Угрюмов Е.П. Проектирование систем на микросхемах программируемой логики. – СПб.: БХВ-Петербург, 2002. – 608 с.
3. Баркалов А.А., Красичков А.А. Методы декомпозиции булевых функций.//Научные труды ДонНТУ. Серия: ИКВТ-2002, выпуск 39. – Донецк: ДонНТУ, 2002.
4. Баркалов А.А., Палагин А.В. Синтез микропрограммных устройств управления. - Киев: ИК НАН Украины, 1997 – 135 с.