

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСШИРЕНИЯ ЯЗЫКА SF ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО КОДИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЙ ДИСКРЕТНОГО АВТОМАТА

Ю.В. Поттосин, С.Н. Кардаш

Объединённый институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси

Минск, Республика Беларусь

E-mail: gold@newman.bas-net.by

Рассматривается вопрос использования языка SF для решения задач реализации дискретных автоматов КМОП-схемами с памятью. Предлагается новый формат FSM, предназначенный для представления моделей абстрактных дискретных автоматов. Приводится пример использования программ конвертации FSM-описания и алгоритма энергосберегающего кодирования, позволивших получить SF-описание автомата в виде комбинационной части, представленной в матричном виде и регистра памяти на D-триггерах.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время язык SF [1] используется для решения широкого круга задач, возникающих при построении логических схем дискретных устройств. Однако в нем отсутствуют средства для представления конечных автоматов. В работе предлагается формат FSM для задания моделей абстрактных конечных автоматов и рассматривается пример работы алгоритма энергосберегающего кодирования состояний дискретного автомата. Рассмотренные средства предназначены для построения КМОП схем с памятью.

ИСПОЛЬЗУЕМЫЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ

Дискретный автомат описывается моделью, которая называется конечным автоматом и представляет собой совокупность следующих объектов [2]:

$A = \{ a_1, a_2, \dots, a_m \}$ – множество входных символов, или входной алфавит; $B = \{ b_1, b_2, \dots, b_n \}$ – множество выходных символов, или выходной алфавит; $Q = \{ q_1, q_2, \dots, q_k \}$ – множество состояний, или внутренний алфавит;

$\Psi : A \times Q \rightarrow Q$ – функция переходов;

$\Phi : A \times Q \rightarrow B$ – функция выходов.

В том виде, в каком эта модель здесь представлена, она носит название «автомат Мили». Поведение, описанное данной моделью, может быть по-разному реализовано в дискретном устройстве. Рассмотрена синхронная реализация, когда моменты времени, определяющие переходы из одного состояния в другое, а также выходной символ, зафиксированы. Технически это осуществляется введением генератора синхронизирующих сигналов, которые инициируют соответствующие действия. Период следования таких сигналов не должен быть меньше чем время, необходимое для завершения переходных процессов в устройстве. Реализованный таким образом конечный автомат называется синхронным автоматом. Для хранения зна-

чений внутренних состояний при аппаратной реализации автомата используются элементы задержки различных типов. В нашем случае используется простой D-триггер. Синхронизирующий сигнал, поступающий на триггеры обозначим clk. Исходная модель может быть оформлена в виде единственного текстового файла, большая часть элементов которого заимствована из стандарта языка SF. Основное отличие состоит в описании функций переходов и выходов, что легко увидеть на представленном ниже описании автомата Мили.

```
TITLE mealy
FORMAT SF
AUTHOR Kardash
DATE 01-11-2011
PROJECT mealy
DCL_PIN
EXT
INP
x1 x2 x3 x4
OUT
y1 y2 y3 y4 y5 y6
INTER
a1 a2 a3 a4 a5 a6
END_PIN
FUNCTION
LOG
4 6 10
a1 : a2 / 000101;
a2 : a3 = x1 * ^x2 * ^x3 + x1 * x2 / 000000;
a2 : a4 = x1 * ^x2 * x3 / 001000;
a2 : a5 = ^x1 / 000010;
a3 : a4 = / 001001;
a4 : a1 = ^x2 / 000000;
a4 : a6 = x2 / 010000;
a5 : a1 = ^x1 * x4 / 100000;
a5 : a4 = ^x4 + x1 * x4 / 001001;
a6 : a1 = / 100000;
END_FUNCTION
END_mealy
```

Строкам раздела FUNCTION этого описания соответствуют пары состояний, для которых при соответствующем условии осуществляется переход из одного состояния в другое, а также устанавливаются соответствующие значения выходных сигналов. Например, в седьмой строке показано, что при поступлении сигнала на вход x2 автомат переходит из состояния a4 в состояние ab, и этот переход сопровождается появлением на выходах сигнала 010000. Для того, чтобы реализовать автомат логической сети с использованием двоичных элементов памяти, необходимо от абстрактных символов, обозначающих состояния автомата, перейти к булевым векторам. В процессе такого кодирования состояний решается задача минимизации энергопотребления. Известно, что основная доля энергии, потребляемой элементами памяти, приходится на момент их переключения. Поэтому при оптимизации схемы по критерию энергопотребления следует выбирать такой вариант кодирования состояний, при котором минимизируется интенсивность переключений. В данной работе использовался алгоритм, описанный в статье [3]. Полученное в результате кодированное при использовании программы обратной конвертации модели автомата в SF-описание приводит к следующему результату.

```

TITLE mealy
FORMAT SF
AUTHOR Kardash
DATE 01-09-2014
PROJECT mealy
DCL_PIN
EXT
INP
x1 x2 x3 x4 clk
OUT
y1 y2 y3 y4 y5 y6
INTER
END_PIN
DCL_EL
TYPE DFF
r1 r2 r3 r4
INP
C D
OUT
Q NQ
TYPE Mat
ZZ
INP
x1 x2 x3 x4 x5 x6 x7 x8
OUT
y1 y2 y3 y4 y5 y6 y7 y8 y9 y10
END_EL
CONNECT
r1
D=ZZ.y7 C=clk
r2
D=ZZ.y8 C=clk
r3
D=ZZ.y9 C=clk

```

```

r4
D=ZZ.y10 C=clk
ZZ
x4=x4 x5=r1.Q x6=r2.Q x7=r3.Q x8=r4.Q
x1=x1 x2=x2 x3=x3
OUT
y5=ZZ.y5 y6=ZZ.y6 y1=ZZ.y1 y2=ZZ.y2
y3=ZZ.y3 y4=ZZ.y4
END_CONNECT
END_mealy
TITLE Mat
FORMAT SF
AUTHOR Kardash
DATE 01-09-2014
PROJECT ex1
DCL_PIN
EXT
INP
x1 x2 x3 x4 x5 x6 x7 x8
OUT
y1 y2 y3 y4 y5 y6 y7 y8 y9 y10
INTER
END_PIN
FUNCTION
SDF
8 10 12
--0000 0001010001
100-0001 0000000011
11-0001 0000000011
101-0001 0010000010
0-0001 0000100111
--0011 0010010010
-0-0010 0000000000
-1-0010 0100000100
0-10111 1000000000
--00111 0010010010
1-10111 0010010010
--0100 1000000000
END_SDF
END_FUNCTION
END_Mat

```

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенный подход частично реализован в системе синтеза КМОП-схем с пониженным энергопотреблением, разрабатываемой в лаборатории логического проектирования Объединенного института проблем информатики НАН Беларуси. Разработаны программы на языке C++ для прямой и обратной конвертации SF-описаний дискретных автоматов.

1. Бибило, П.Н. Кремниевая компиляция заказных СБИС. - Минск: Институт технической кибернетики АН Беларуси, 1996. - 268 с.
2. Закревский, А.Д. Логические основы проектирования дискретных устройств / А.Д. Закревский, Ю.В. Поттосин, Л.Д. Черемисинова. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2007. - 592 с.
3. Поттосин, Ю.В. Итеративный метод энергосберегающего кодирования состояний дискретного автомата / Ю.В. Поттосин // Информатика. - 2012. - № 4(36). - С. 93-99.