

УДК 519.714.2

Р.Ш. Валиев – кандидат технических наук (НИЛ КСА)

ПОСТРОЕНИЕ ВЫХОДНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ САМОДВОЙСТВЕННЫХ УСТРОЙСТВ С ПАМЯТЬЮ

Одна из важнейших характеристик самопроверяемого устройства, определяющая в итоге его эффективность, является сложность. Анализ схемных реализаций самодвойственных самопроверяемых структур с памятью показал, что сложность блока выходного преобразователя (*ВП*) составляет большую часть сложности всего устройства. Этот факт определил необходимость оптимизации именно этой части.

Выходные функции самодвойственных устройств с памятью определяются по кодированной таблице переходов (ТП) по следующей формуле [1]:

$$z = \left(\bigvee_{j \in R_3} b_j \right) \vee \left(\bigvee_{j \in R \setminus R_3} b_j \left(\bigvee_{k \in N_{gj}} \tilde{y}_{i_1} \tilde{y}_{i_2} \dots \tilde{y}_{i_p} \right) \right), \quad (1)$$

где R_3 – множество индексов столбцов ТП, содержащих только одно устойчивое состояние, которому соответствует значение выхода $z = 1$;

N_{gj} – множество индексов строк, на пересечении которых со столбцом b_j расположено устойчивое состояние, которому соответствует значение выхода $z = 1$.

Таким образом, формулой (1) описываются все устойчивые состояния устройства, которым соответствует единичное значение выхода.

В таблице 1 – 2 представлены ТП самодвойственных *T*- и *JK*-триггеров соответственно. Очевидно, что для построения схемы выходного преобразователя самодвойственного *T*-триггера потребуется пять логических элементов простого базиса (без ввода ограничения на количество их входов), а функция выхода *JK*-триггера будет реализована на шестнадцати логических элементах. Таким образом, сложность схемной реализации блока *ВП* самодвойственных устройств с памятью значительно возрастает с увеличением числа входов.

В целях упрощения схемной реализации выходного преобразователя, выявим закономерность в поведении функции выхода.

Таблица 1

Коды строк	<i>s</i>	<i>aT</i>			
		00	01	10	11
$\tilde{y}_1 \dots \tilde{y}_j \dots \tilde{y}_k$	1.	(01), 0	11, 1	(01), 0	(01), 1
$\tilde{y}_1 \dots \tilde{y}_j \dots \tilde{y}_k$	2.	10, 1	(11), 1	(11), 0	(11), 1
$\tilde{y}_1 \dots \tilde{y}_j \dots \tilde{y}_k$	3.	(10), 1	00, 0	(10), 1	(10), 0
$\tilde{y}_1 \dots \tilde{y}_j \dots \tilde{y}_k$	4.	01, 0	(00), 0	(00), 1	(00), 0

Таблица 2

Коды строк	s	a J K							
		0 00	0 01	0 10	0 11	1 11	1 10	1 01	1 00
01 10 01	1.	(1), 0	2	5	4	(1), 0	(1), 0	(1), 0	(1), 1
10 01 01	2.	6	(2), 1	5	3	(2), 1	(2), 1	(2), 0	(2), 1
01 01 01	3.	1	2	5	(3), 0	(3), 1	(3), 0	(3), 0	(3), 0
10 10 10	4.	6	2	5	(4), 1	(4), 0	(4), 1	(4), 1	(4), 1
01 10 10	5.	1	2	(5), 0	4	(5), 0	(5), 1	(5), 0	(5), 0
10 01 10	6.	(6), 1	2	5	3	(6), 1	(6), 1	(6), 1	(6), 0

Для ТП самодвойственного устройства с памятью справедливо следующее утверждение.

В любой из строк ТП самопроверяемого самодвойственного автомата с памятью есть только одно устойчивое состояние, с отличным от всех значений функции выхода.

Каждому внутреннему состоянию самодвойственной схемы соответствует одна строка ТП. В пределах одного логического значения входного альтернативного сигнала функция выхода принимает два противоположных значения: одно соответствует работе устройства в информационном такте (z_i^u), а другое – в контрольном ($z_i^k = \bar{z}_i^u$). Остальные устойчивые состояния соответствуют случаям нарушения временной парафазности входного сигнала и имеют значение функции выхода, равное z_i^u . Таким образом, единственное отличное от всех состояний выхода соответствует случаю безошибочной работы самодвойственного устройства в контрольном такте под действием альтернативного входного сигнала.

В таблицах 1 – 2 выделены клетки, удовлетворяющие условию утверждения.

Из утверждения можно сформулировать следующее следствие.

Для того, чтобы записать функцию выхода самодвойственного устройства с памятью, необходимо и достаточно задать его работу в контрольных тактах при поступлении на вход правильного самодвойственного сигнала.

Однако значение z_i^k может быть как нулевым, так и единичным (таблицы 1 – 2). Поэтому возникает вопрос объединения конъюнктивной и дизъюнктивной форм представления функций в единое логическое выражение.

Значение функции выхода в любой из клеток ТП определяется зависимостью двух векторов: $X = (\tilde{x}_1 \dots \tilde{x}_l \dots \tilde{x}_n)$ (задающих входной набор) и $Y = (\tilde{y}_1 \dots \tilde{y}_j \dots \tilde{y}_m)$ (определяющий внутреннее состояние схемы).

Единичные значения z_i^k задаются конъюнкцией множества входных переменных $X = (\wedge, a, \tilde{x}_1 \dots \tilde{x}_l \dots \tilde{x}_n)$ и множества внутренних переменных $Y = (\wedge, \tilde{y}_1 \dots \tilde{y}_j \dots \tilde{y}_m)$ вида:

$$z_i^k = X \wedge Y = (\wedge, a, \tilde{x}_1 \dots \tilde{x}_l \dots \tilde{x}_n, \tilde{y}_1 \dots \tilde{y}_j \dots \tilde{y}_m). \quad (2)$$

Конъюнкция (2) равна единице лишь на одном входном наборе, а точнее, в случае нахождения схемы во внутреннем состоянии, определяемом вектором $Y = (\tilde{y}_1 \dots \tilde{y}_j \dots \tilde{y}_m)$ (таблица 3). Остальные соотношения векторов X и Y дают нулевое значение функции выхода.

Таблица 3

$Y(\wedge, \tilde{y}_1 \dots \tilde{y}_j \dots \tilde{y}_m)$	$X(\wedge, \tilde{x}_1 \dots \tilde{x}_j \dots \tilde{x}_n)$	z_i
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Таблица 4

$Y(\wedge, \tilde{y}_1 \dots \tilde{y}_j \dots \tilde{y}_m)$	$X(\wedge, \tilde{x}_1 \dots \tilde{x}_j \dots \tilde{x}_n)$	z_i
0	0	0
0	1	0
1	0	1
1	1	0

Рассмотрим таблицу истинности (ТИ), задающую зависимость значения функции выхода самодвойственного устройства от векторов X и Y , для случая $z_i^k = 0$ (таблица 4).

Внутреннее состояние, которому соответствует значение $z_i^k = 0$, определяется единичной конъюнкцией $Y = (\tilde{y}_1 \dots \tilde{y}_j \dots \tilde{y}_m)$. При этом поступление в контрольном такте самодвойственного входного набора, на котором $(\wedge, a, \tilde{x}_1 \dots \tilde{x}_j \dots \tilde{x}_n) = 1$, дает нулевое значение функции выхода. В этом же состоянии, на остальных входных наборах $(\wedge, \tilde{a}, \tilde{x}_1 \dots \tilde{x}_j \dots \tilde{x}_n) = 0$ функция выхода равна единице. Если схема находится в любом другом внутреннем состоянии $(\tilde{y}_1 \dots \tilde{y}_j \dots \tilde{y}_m) = 0$, функция $z_i = 0$. Таблица истинности (таблица 4) соответствует функции алгебры логики двух переменных: $f_2 = x_1 \Delta x_2 = x_1 \wedge \bar{x}_2$ [2]. Следовательно, функция выхода, равная нулю в контрольных тактах, равна:

$$z_i = (\wedge, \tilde{y}_1^j \dots \tilde{y}_i^j \dots \tilde{y}_m^j) \wedge \overline{(\wedge, \tilde{x}_1 \dots \tilde{x}_j \dots \tilde{x}_n)}, \quad (3)$$

а функция выхода для всего самодвойственного устройства с памятью:

$$z = \vee \left[\left(\bigvee_{z_i=1} z_i^k \right) \left(\bigvee_{z_i=0} z_i^k \right) \right]. \quad (4)$$

Каждое значение выхода самодвойственного устройства для $z_i^k = 0$ реализуется на четырех элементах простого базиса.

В общем случае сложность N_1 [3] схемы выходного преобразователя самодвойственного устройства с памятью равна:

$$N_1 = n_{z_i^k=1} + 4 \cdot n_{z_i^k=0} + 1, \quad (5)$$

где $n_{z_i^k=1}$ – число клеток ТП, в которых функция выхода в контрольных тактах при поступлении самодвойственного сигнала равна 1;

$n_{z_i^k=0}$ – число клеток ТП, в которых функция выхода в контрольных тактах при поступлении самодвойственного сигнала равна 0.

Запишем функцию выхода самодвойственного T -триггера по кодированной ТП (таблица 5). Для этого рассмотрим клетки, удовлетворяющие условию утверждения. Их число равно числу строк ТП. В контрольных тактах функция выхода принимает единичные значения на входных наборах (11) и (10), если внутренние переменные принимают значения (1010) и (1001) соответственно. На выходе триггера появится нулевое значение на тех же входных наборах, но в состоянии (0101) и (1001) соответственно. Таким образом, функция выхода самодвойственного T -триггера может быть записана в следующем виде:

$$z^T = aT y_1 y_3 \vee a\bar{T} y_1 y_4 \vee \overline{a\bar{T}} y_2 y_3 \vee \overline{a\bar{T}} y_2 y_4.$$

По кодированной ТП самодвойственного JK -триггера (таблица 2) запишем функцию его выхода:

$$z^{JK} = aJK y_2 y_3 y_6 \vee a\bar{J}\bar{K} y_2 y_4 y_6 \vee a\bar{J}K y_2 y_3 y_5 \vee \overline{a\bar{J}\bar{K}} y_1 y_4 y_6 \vee \overline{a\bar{J}\bar{K}} y_1 y_3 y_5 \vee \overline{a\bar{J}\bar{K}} y_1 y_4 y_5$$

Таблица 5

Коды строк	s	aT			
		$b_1 = 00$	$b_2 = 01$	$b_3 = 10$	$b_4 = 11$
10 10	1.	(1010), 0	0110	(1010), 0	(1010), 1
01 10	2.	0101	(0110), 1	(0110), 0	(0110), 1
01 01	3.	(0101), 1	1001	(0101), 1	(0101), 0
10 01	4.	1010	(1001), 0	(1001), 1	(1001), 0

Функция выхода самодвойственного T -триггера будет реализована на восьми логических элементах, а JK -триггера – на одиннадцати. В общем случае использование рассмотренного принципа позволяет значительно уменьшить сложность выходного преобразователя при количестве входов самодвойственного автомата с памятью не менее трех.

Литература

1. Сапожников В.В., Сапожников Вл.В. Методы синтеза надежных автоматов. Л.: Энергия. Ленингр. отд-ние, 1980. – 96 с.
2. В.В. Сапожников, Ю.А. Кравцов, Вл.В. Сапожников. Дискретные устройства железнодорожной автоматики, телемеханики и связи: Учебник для вузов ж.д. трансп. – М.: Транспорт, 1988. – 255 с.
3. Сапожников В.В., Сапожников Вл.В. Самопроверяемые дискретные устройства. – СПб.: Энергоатомиздат, 1992. – 224 с.

Статья опубликована

Валиев Р.Ш. Построение выходного преобразователя самодвойственных устройств с памятью // Молодые ученые транспорту: Труды IV науч.-техн. конф. – Екатеринбург: УрГУПС, 2003. С. 127 – 131.