

УДК 519.714.2

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

## МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ САМОПРОВЕРЯЕМЫХ САМОДВОЙСТВЕННЫХ СТРУКТУР

Основным требованием, предъявляемым к функциональным элементам самодвойственных структур, является обеспечение самопроверяемости схемной реализации и контроля свойства самодвойственности входного сигнала, поскольку по его форме можно судить о исправности внутренней структуры всей системы, к которой они подключены [1].

Один из способов контроля состоит в преобразовании временного парафазного (самодвойственного) сигнала в пространственный парафазный. Для его рассмотрения проанализируем форму самодвойственного сигнала на выходе исправной схемы, а также в случае появления ошибки.

Период самодвойственного сигнала  $z_a$  содержит два такта (рисунок 1). В информационном такте 1 (3, 5, 7, 9, 13) значение  $z_a$  равно логическому значению сигнала  $z$ , а в контрольном такте 2 (4, 6, 8, 10, 14) – инверсно ему. Подадим  $z_a$  на элемент задержки, величина которой равна одному такту (половине периода) импульсной последовательности  $a$  и проанализируем соотношение исходного сигнала  $z_a$  и сигнала с выхода элемента задержки  $z_{a,лз}$ . Фактически произведём сравнение значений  $z_a$  в информационном и контрольном тактах.

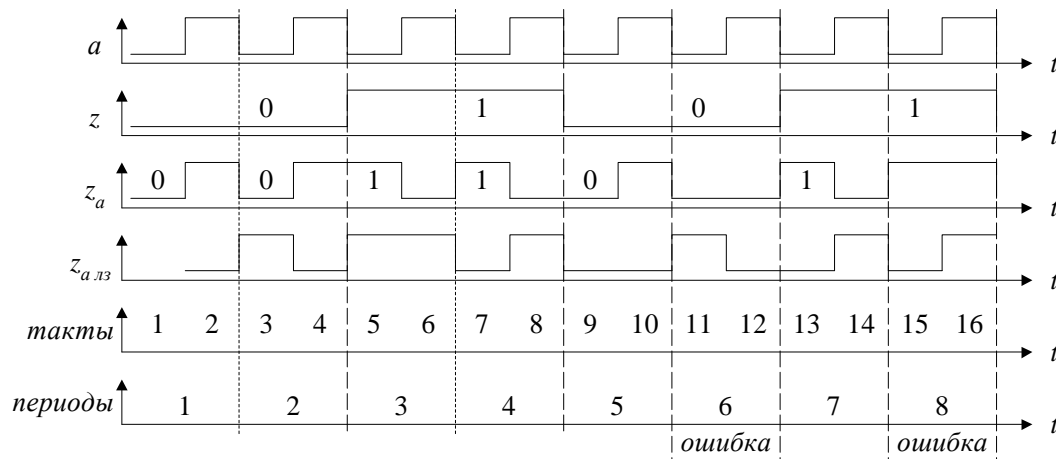


Рисунок 1

В моменты информационных тактов (см. такты 3, 5, 7 и 9 на рисунке 1) работы устройства сигналы  $z_a$  и  $z_{a,лз}$  принимают как разные, так и одинаковые значения. Но это не означает искажения самодвойственного сигнала. Причина в том, что  $z_a$  и  $z_{a,лз}$  соответствуют информационному такту сигнала одного периода и контрольному предыдущего соответственно. Например, в тактах 3 и 7  $z_a$  и  $z_{a,лз}$  принимают противополо-

ложные значения, поскольку в периодах 2 и 4 не происходит смены логического значения сигнала, а в тактах 5 и 9  $z_a$  и  $z_{a.лз}$  равны, потому что входная последовательность изменила логическое значение.

Рассмотрим такты 2, 4, 6, 8, 10 и 14. Из временной диаграммы видно, что в эти моменты сигналы  $z_a$  и  $z_{a.лз}$  всегда различны. В этом случае они соответствуют контрольному и информационному тактам одного периода.

Таким образом, сигналы  $z_a$  и  $z_{a.лз}$  являются пространственными парафазными только во время контрольных тактов работы самодвойственной системы.

Временная диаграмма показывает, что сигналы  $z_a$  и  $z_{a.лз}$  в контрольных тактах периодов проявления ошибок (такты 12 и 16 на рисунке 1) равны. Таким образом, при нарушении временной парафазности сигналы  $z_a$  и  $z_{a.лз}$  в контрольных тактах будут равны.

На основании приведенных выше рассуждений построена схема преобразователя самодвойственного сигнала в пространственный парафазный (рисунок 2), на выходе которого при сохранении временной парафазности входного сигнала и исправности внутренней структуры присутствует пространственный парафазный сигнал  $z^1 \neq z^0$ . В случае нарушения самодвойственности входного сигнала хотя бы в одном периоде или при возникновении одиночной константной неисправности в схеме преобразователя на его парафазном выходе устанавливаются одинаковые значения  $z^1 = z^0$ .

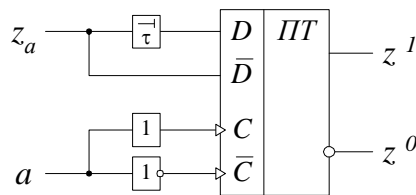


Рисунок 2

Используя преобразование парафазных сигналов и типовые схемы самопроверяемых устройств, работающих в пространственной парафазной логике [2, 3], могут быть получены следующие схемы функциональных элементов самодвойственных структур: фиксатор самодвойственного сигнала, схема сравнения самодвойственных сигналов, устройства включения исполнительных реле.

Основным недостатком рассмотренного метода является большая сложность синтезированных схем.

Самодвойственный сигнал обладает ещё одним свойством, полезным для осуществления его контроля: изменять в каждом периоде работы своё значение. Поэтому, фиксируя перепады сигнала в моменты перехода от информационного такта к контрольному и только тогда, можно обнаружить нарушение временной парафазности. Структура устройства контроля, реализующая предложенный принцип, представлена на рисунке 3.

Формирователь контрольных импульсов (ФКИ) осуществляет преобразование перепадов сигнала вида  $0 \rightarrow 1$ , либо  $1 \rightarrow 0$ , возникающих по мере его поступления, в короткие импульсы (рисунок 4). На выходе формирователя тактовых контрольных импульсов (ФТКИ) в моменты изменений вида  $0 \rightarrow 1$  тактового сигнала  $a$  присутствуют управляющие импульсы.

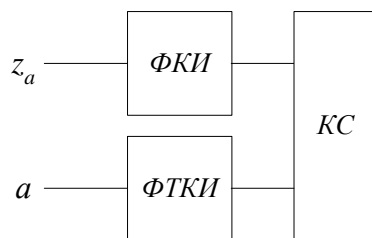


Рисунок 3

Функции, выполняемые в конечном итоге синтезируемым устройством, определяют структуру контрольной схемы (КС). Если необходимо получить фиксатор самодвойственного сигнала, КС должна проверять наличие короткого импульса, поступающего с выхода ФКИ в моменты перехода схемы от работы в информационном такте к такту контрольному в каждом периоде работы самодвойственной системы (см. рисунок 4). Схема совпадения и накопления служит выходным элементом в структуре устройства сопряжения с объектами. При этом осуществляется не только контроль наличия перепадов сигнала в каждом периоде работы, но и его вид, по которому определяется логическое значение управляющего сигнала.

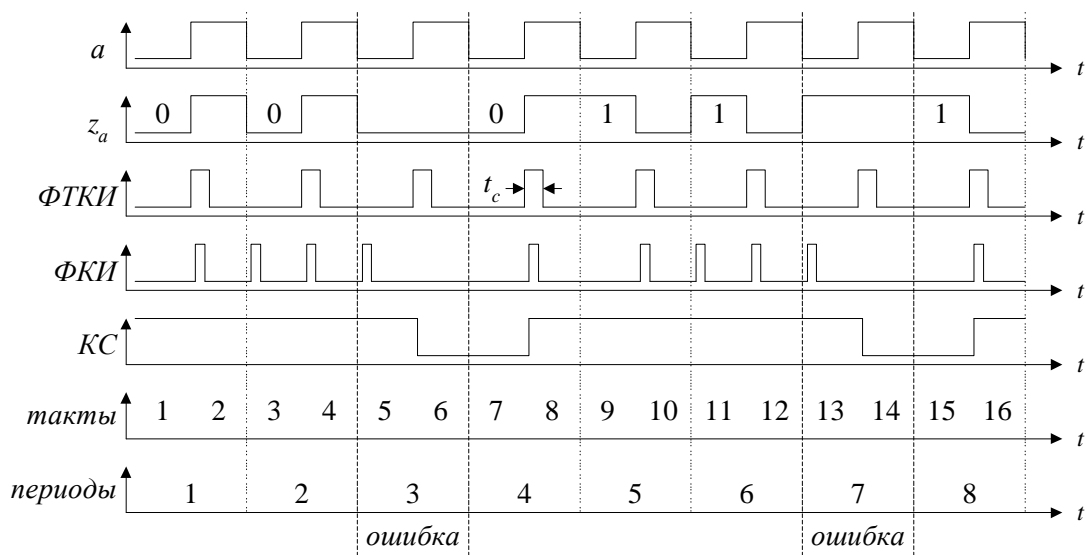


Рисунок 4

Самопроверяемость схем функциональных элементов, основанных на контроле перепадов сигнала, достигается схемотехническими решениями.

На примере схемы повторителя самодвойственного сигнала рассмотрим ещё один способ построения функциональных элементов самопроверяемых самодвойственных структур, а именно синтез их как конечного автомата, заданного временной диаграммой. При этом свойства и функциональность, которыми должен обладать синтезируемый элемент, учитываются на этапе построения временной диаграммы.

На рисунке 5 приведена временная диаграмма схемы повторителя. При поступлении на вход альтернативного сигнала  $z_a$ , выход  $v$  полностью его повторяет (периоды 1 – 6). В периоде 7 происходит нарушение самодвойственности сигнала  $z_a$  и схема переходит в защитное состояние и блокируется в нём (периоды 7 – 8). Восстановление самодвойственности сигнала  $z_a$  никак не влияет на работу устройства. Выход схемы из защитного состояния возможен только по цепи установки (период 9).

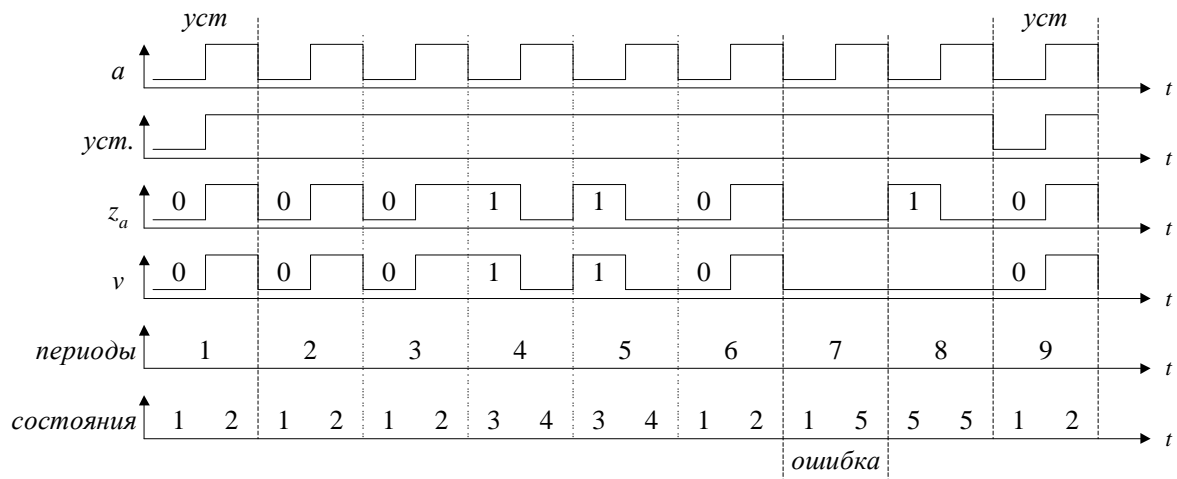


Рисунок 5

Таблица 1

$s$	$a z_a$			
	00	01	10	11
1.	(1), 0	~	5, 0	2, 1
2.	1, 0	3, 1	~	(2), 1
3.	~	(3), 1	4, 0	5, 0
4.	1, 0	3, 1	(4), 0	~
5.	(5), 0	(5), 0	(5), 0	(5), 0

Таблица 2

$y_1 y_2 y_3$	$a z_a$			
	00	01	10	11
110	(110), 0	101, 1	011, 0	(110), 1
101	110, 0	(101), 1	(101), 0	011, 0
011	(011), 0	(011), 0	(011), 0	(011), 0

Таким образом, схема повторителя обладает свойствами контроля и сохранения самодвойственности входного сигнала, самопроверяемости и блокировки в защитном состоянии.

По временной диаграмме построена первичная таблица переходов (таблица 1). При этом состояние под номером 5 является защитным, в котором схема блокируется при нарушении временной парафазности входного сигнала  $z_a$  или возникновении одиной константной неисправности логических элементов собственной внутренней структуры.

Полностью самопроверяемые схемы получают при использовании метода кодирования состояний по столбцам таблицы переходов [4] и кодировании строк кодом с постоянным весом (таблица 2).

Схема повторителя самодвойственного сигнала описывается следующей системой функций:

$$\begin{aligned}
 y_1 &= \bar{a} y_1 \vee a \bar{z}_a \bar{y}_2 \vee a z_a \bar{y}_3 \\
 y_2 &= a y_2 \vee \bar{a} \bar{z}_a y_1 \vee \bar{a} z_a \bar{y}_1 \vee a z_a y_3 \\
 y_3 &= a z_a y_3 \vee \bar{a} \bar{z}_a y_1 \vee \bar{a} \bar{y}_1 \vee a \bar{z}_a \\
 v &= \bar{a} z_a y_1 \vee a z_a \bar{y}_3.
 \end{aligned}$$

Метод построения самопроверяемых схем функциональных элементов самодвойственных структур по временной диаграмме отличается универсальностью и применимостью для решения любых задач, связанных с контролем и преобразованием самодвойственных сигналов. Однако, полученные схемы не всегда отличаются простотой схемной реализации.

### Литература

1. Сапожников В.В., Сапожников Вл.В., Гёссель М. Самодвойственные дискретные устройства. СПб.: Энергоатомиздат. Санкт-Петербургское отд-ие, 2001. 331 с.
2. Сапожников В.В., Сапожников Вл.В. Самопроверяемые дискретные устройства. СПб.: Энергоатомиздат, 1992. 224 с.
3. Сапожников В.В., Сапожников Вл.В., Христов Х.А., Гавзов Д.В. Методы построения безопасных микроэлектронных схем железнодорожной автоматики. М.: Транспорт, 1995. 272 с.
4. Сапожников В.В., Сапожников Вл.В. Синтез полностью самоконтролирующихся асинхронных автоматов // Автоматики и телемеханика, 1979. № 1. С. 154 – 166.

### Статья опубликована

Валиев Р.Ш. Методы построения функциональных элементов самопроверяемых самодвойственных структур // Железнодорожный транспорт: проблемы и решения: Межвузовский сб. трудов молодых ученых, аспирантов и докторантов. – СПб., 2003. – Вып. 6. С. 93–98.