

УДК 519.714.2

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

О СВОЙСТВАХ ПАРАФАЗНЫХ СХЕМ

Логические элементы играют важную роль при синтезе безопасных дискретных систем. От их свойств и особенностей зависит концепция обеспечения безопасности [1, 2].

В самопроверяемых элементах используется троичное представление логических сигналов. В этом случае дополнительно к двум основным состояниям (логический "0" и логическая "1") вводится третье – защитное состояние \emptyset . Элемент строится таким образом, что при всех вероятных повреждениях происходит только трансформация сигналов $0 \rightarrow \emptyset$ или $1 \rightarrow \emptyset$. Наиболее просто это достигается при двухфазном (парафазном) кодировании. Сигнал X представляется с помощью единичной X и нулевой \bar{X} фаз ($X\bar{X}$). Сигнал 0 кодируется в этом случае как 01, сигнал 1 – как 10, сигнал \emptyset – как 00 или 11.

При наличии функционально полного набора самопроверяемых логических элементов с дополнительным защитным состоянием для реализации самопроверяемых схем не требуется применять избыточного кодирования [3].

Рассмотрим ПСП-элементы, работающие во временной парафазной логике [4].

Для построения схем, работающих во временном парафазном коде (ВПК), используется четырёхтактная система питания (рисунок 1). Сущность ВПК заключается в том, что для представления единицы информации (значения переменной X) используются два рабочих такта, между которыми должно быть, как минимум, по одному нерабочему. Значение информации определяется не величиной амплитуды импульса, а номером того такта, в котором этот импульс появился.

Активный сигнал кодируется единицей, то есть наличием импульса, в первом или во втором тактах, которые называются информационными. Наличие нуля, то есть отсутствие импульса в первом или втором тактах, соответствует пассивному сигналу. Третий и четвёртый такты называются сопутствующими и являются вспомогательными. Таким образом, импульсы тока передаются при обоих значениях двоичной переменной X .

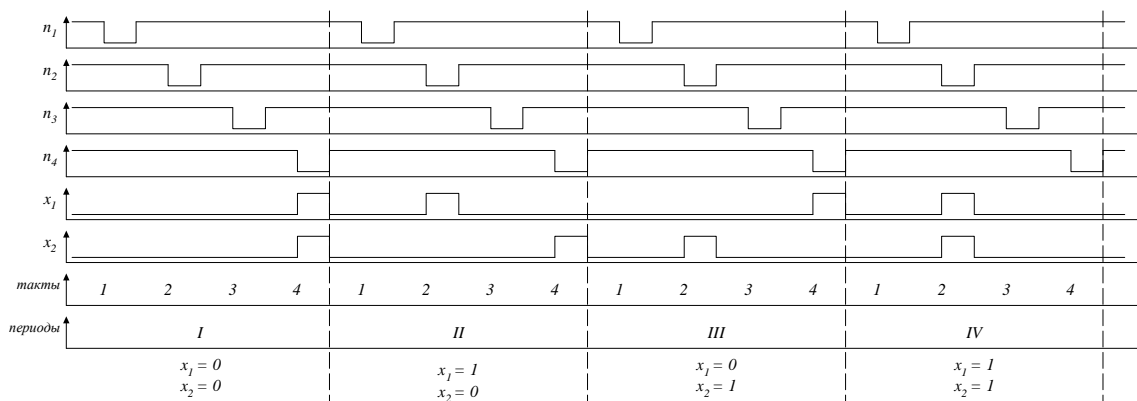


Рисунок 1

Все неисправности элемента, работающего в коде ВПК, приводят либо к прекращению импульсной работы его выхода, либо к постоянной генерации импульсов, то есть к защитным отказам.

Основным недостатком схем, использующих для контроля исправности временной парафазный код, является введение временной избыточности при представлении всех сигналов в импульсном парафазном виде, а, следовательно, снижение быстродействия.

В 60-е годы появились первые бесконтактные элементы – феррит-транзисторные модули (ФТМ), на которых была построена бесконтактная система электрической централизации [5 – 8].

В отличие от электрических реле для бесконтактных элементов характерно, что выходная цепь при включении цепи управления физически не разрывается, а происходит лишь значительное увеличение переходного сопротивления в цепи нагрузки [9]. В связи с этим всегда имеется значительная вероятность того, что при неблагоприятных условиях переходное сопротивление выходной цепи при отсутствии управляющего сигнала снизится до величины, при которой появится ложный выходной сигнал.

Возможность свести все постоянные отказы типа "обрыв" и "короткое замыкание" к защитным, позволило использовать временной парафазный код. Этим была гарантирована непрерывная импульсная работа всех элементов схемы и защищённость её от возникновения опасных отказов. Кроме того, режим непрерывного перемегничивания предотвращает накопление импульсных помех, обеспечивая синхронизацию работы и облегчая настройку логических схем.

В [10, 11] исследованы принципы самопроверяемой схмотехники, в которой используется пространственная парафазная логика.

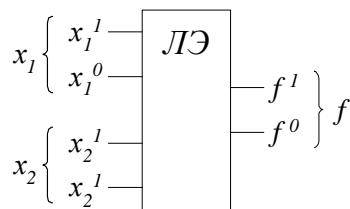


Рисунок 2

В пространственной парафазной логике для представления двоичной переменной x выделяются две фазы (две линии): единичная фаза x^1 и нулевая фаза x^0 . Тогда логическая единица кодируется как $x^1x^0 = 10$, а логический ноль – как $x^1x^0 = 01$. Коды 10 и 01 являются рабочими, а коды 00 и 11 – ошибочными (защитными). Единичная и нулевая фазы каждой переменной (рисунок 2) выполняются в виде самостоятельных токовых цепей.

Парафазные схемы обладают двумя важными свойствами:

- любая комбинация однонаправленных отказов приводит к нарушению парафазности на выходе хотя бы на одном наборе проверяющего теста;
- нарушение парафазности на входе приводит к нарушению парафазности на выходе хотя бы на одном наборе проверяющего теста.

Следовательно, неизбыточная парафазная комбинационная схема является полностью самопроверяемой при условии поступления на её входы проверяющего теста. Это свойство позволило построить элементарную ячейку памяти – самопроверяемый асинхронный T -триггер, обладающий свойствами контроля входного вектора, самопроверки и блокировки.

Таким образом, в пространственной парафазной логике имеется функционально полный набор самопроверяемых логических элементов с дополнительным защитным состоянием, что позволяет без дополнительных мероприятий строить безопасные дискретные системы.

В [12] разработаны схемы типовых полностью самопроверяемых цифровых устройств: триггеров различных типов, двоичных счётчиков и регистров, распределителей, дешифраторов, генераторов и др.

При практической реализации самопроверяемых схем, построенных с применением пространственной парафазной логики приходится преодолевать следующие трудности.

Необходимо учитывать критические состязания возникающие на выходах $f^1 f^0$ при изменении значений от 01 к 10 и наоборот. В процессе правильного функционирования ДУ при переходах от 01 к 10 и наоборот на выходах $f^1 f^0$ непременно будут возникать значения 00 или 11. Поэтому должны быть предприняты специальные меры для исключения ложных кратковременных сигналов о неисправности схемы.

Многокаскадные схемы сжатия имеют большую задержку сигналов на выходах. Для систем высокого быстродействия и производительности это может оказаться недопустимым ограничением.

Успешно решая задачу обнаружения всех одиночных константных неисправностей, самопроверяемые парафазные схемы не обнаруживают всех своих двойных неисправностей (не обнаруживается, например, следующая двойная константная неисправность $x^1 \equiv 0$ и $x^0 \equiv 1$ или $x^1 \equiv 1$ и $x^0 \equiv 0$).

При реализации самопроверяемых схем, функционирующих в пространственной парафазной логике, увеличивается число сигналов, которые приходится обрабатывать. Так, при использовании n двухвыходных самопроверяемых схем необходимо обрабатывать $2n$ сигналов, а при n одновыходных – $n+1$ сигналов.

Применение свойств временной парафазности при построении самопроверяемых логических схем для устройств железнодорожной автоматики, более предпочтительно по сравнению с пространственной парафазностью. Практические реализации имеют меньшее число межблочных (межэлементных) соединений, схемы не критичны к состязаниям входных сигналов. Недостаток временной избыточности представления информации в структурах ВПК не оказывает влияния на оперативность работы устройств ЖАТ, поскольку их нельзя отнести к системам высокого быстродействия.

Литература

1. ОСТ 32. 17 – 92. Безопасность железнодорожной автоматики и телемеханики. Основные понятия. Термины и определения. – СПб.: ПИИТ, 1992. 34 с.
2. РТМ 32 ЦШ 1115842. 01 – 94. Безопасность железнодорожной автоматики и телемеханики. Методы и принципы обеспечения безопасности микроэлектронных СЖАТ. – СПб.: ПГУ ПС, 1994. 120 с.
3. В.В. Сапожников, Вл.В. Сапожников, Х.А. Христов, Д.В. Гавзов. Методы построения безопасных микроэлектронных систем железнодорожной автоматики. – М.: Транспорт, 1995. 272 с.
4. Бобров А.Е. Синтез схем на феррит-транзисторных ячейках // Автоматика и вычислительная техника. 1968. №1.
5. А.С. Переборов, В.В. Сапожников, Вл.В. Сапожников, А.Л. Лопуха, А.А. Прокофьев. Принципы построения схем электрической централизации на феррит-транзисторных модулях // Автоматика, телемеханика и связь, 1976. №5. С. 5 – 8.

6. А.С. Переборов, В.В. Сапожников, Вл.В. Сапожников, А.Л. Лопуха. О построении схем электрической централизации по плану станции // Труды ЛИИЖТа. 1973. Вып. 353. С. 44 – 51.
7. А.С. Переборов, В.П. Яковлев. О разработке бесконтактной системы электрической централизации // Автоматика, телемеханика и связь 1966. №1. С. 4 – 7.
8. А.С. Переборов, В.В. Сапожников, Вл.В. Сапожников, А.Л. Лопуха. Применение феррит-транзисторных элементов для построения схем электронной централизации // Труды ЛИИЖТа. 1970. Вып. 312. С. 76 – 91.
9. В.В. Сапожников, Ю.А. Кравцов, Вл.В. Сапожников. Теоретические основы железнодорожной автоматики и телемеханики: Учебник для вузов / Под ред. В.В. Сапожникова. – М. : Транспорт, 1995. 320 с.
10. Сапожников В.В., Сапожников Вл.В. Методы синтеза надёжных автоматов. – Л.: Энергия. Ленингр. отд-ие. 1980. 96 с.
11. Сапожников В.В., Сапожников Вл.В. Дискретные автоматы с обнаружением отказов. – Л.: Энергоатомиздат, 1984. 112 с.
12. Сапожников В.В., Сапожников Вл.В. Самопроверяемые дискретные устройства. – СПб.: Энергоатомиздат, 1992. 224 с.

Статья опубликована

Валиев Р.Ш. О свойствах парафазных схем // Теория и практика железнодорожных и промышленных систем и приборов автоматики, информатики и связи: Межвузовский сб. науч. трудов. – Екатеринбург, 2003. – Вып. 23 (105). С. 18 – 22.