

УДК 004.942:621.3.061

ДИАГНОСТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ БОРТОВОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Л.С. Ломакина

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева
Россия, 603950, Нижний Новгород, ГСП-41, Минина ул., 24
E-mail: llomakina@list.ru

Н.В. Сильянов

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева
Россия, 603950, Нижний Новгород, ГСП-41, Минина ул., 24
E-mail: nick.silyanov@gmail.com

Ключевые слова: диагностическое обеспечение, бортовые вычислительные системы, список соединений, граничное сканирование, отказоустойчивость, реконфигурация

Аннотация: На этапе разработки бортовых вычислительных систем все более актуальной становится задача увеличения глубины поиска структурных дефектов (коротких замыканий, обрывов или перепутывания цепей). Для этого этапа целесообразна разработка диагностического обеспечения на основе списков соединений с применением технологии граничного сканирования. На этапе эксплуатации важно обеспечить отказоустойчивость системы в условиях воздействия неблагоприятных факторов за счет внедрения избыточности, а также средств самодиагностики и реконфигурации. Для этого этапа целесообразна разработка диагностического обеспечения с формированием таблиц реконфигурации на основе алгебраических структур.

1. Введение

При проектировании и эксплуатации многофункциональных бортовых вычислительных систем (МБВС) необходимо решение различных задач технической диагностики: проверки исправности, работоспособности, правильности функционирования, поиска места неисправности [1].

В процессе регулировки и отладки составных частей (электронных модулей, печатных плат) большое значение приобретает проверка их исправности с высокой полнотой контроля и большой глубиной поиска структурных неисправностей (дефектов), таких как короткое замыкание, обрыв или перепутывание цепи, неправильная установка или пропуск компонента. В связи с этим при проектировании устройств и приборов необходимо обеспечение их приспособленности к диагностированию (контролепригодности).

При эксплуатации бортовые вычислительные системы могут подвергаться воздействию различных неблагоприятных факторов. Сбои или отказы по этим причинам могут привести к тяжелым и непоправимым последствиям. Для минимизации этих рисков необходимо обеспечение отказоустойчивости, например, за счет применения избыточности, проверки правильности функционирования (самодиагностики) и реконфигура-

ции в случае обнаружения сбоя. На этом этапе подтверждение полной исправности или большая глубина поиска неисправности становятся не существенными.

Согласно ГОСТ 20911-89, комплекс взаимосвязанных правил, методов, алгоритмов и средств, необходимых для осуществления диагностирования на всех этапах жизненного цикла объекта называется диагностическим обеспечением.

Значительный вклад в развитие технической диагностики внесли В.В. Карибский, П.П. Пархоменко, Е.С. Согомонян, М.Ф. Каравай, И.А. Биргер, В.П. Чипулис, Л.А. Мироновский, Я.Я. Осис, R.G. Bennets, А.В. Мозгалевский, Ш. Граф, М Гессель, В.Н. Дианов, А.М. Сафарбаков, Ю.В. Малышенко, Ю.А. Скобцов, Д.В. Сперанский, В.В. Сапожников, В.Т. Еременко и другие.

Несмотря на накопленный опыт, формализация задач технической диагностики может оказаться затрудненной для перспективных бортовых вычислительных систем в связи с увеличением функциональности и усложнением структуры современных электронных компонентов, а также печатных плат и электронных модулей на их основе. Возможным выходом из данной ситуации является построение и анализ графовых моделей, ориентированных на решение задач конкретного этапа жизненного цикла прибора.

2. Диагностическое обеспечение МБВС на этапе разработки

Для каждого электронного модуля разрабатывается индивидуальная схема электрическая принципиальная, по которой с помощью системы автоматизированного проектирования генерируется список соединений или список цепей (netlist). Список соединений однозначно характеризует электронный модуль и содержит в упорядоченном виде информацию об электрических цепях и соединяемых ими контактных площадках микросхем и других (активных или пассивных) элементов модуля.

Фактически, этот список в текстовом формате описывает структуру электронного модуля и представляет собой базовую модель с точностью до контактной площадки. Согласно [2], базовая модель является результатом изучения системы и отображает ее поведение в различных состояниях.

Изучив структуру в форме списка соединений, можно отметить, что этот список устанавливает соответствие U между двумя множествами: множеством цепей N в схеме и множеством контактных площадок P электронных компонентов схемы.

Тогда эту модель условно можно изобразить в виде двудольного графа $G = (N, P, U)$, как показано на рис. 1. Вершины слева соответствуют элементам множества цепей электронного модуля $n_i \in N$, $i = \overline{1, |N|}$, вершины справа – элементам множества контактных площадок $p_j \in P$, $j = \overline{1, |P|}$. Ребра графа $u_k \in U$, $k = \overline{1, |U|}$ отображают соответствие цепей контактным площадкам согласно схеме электрической принципиальной.

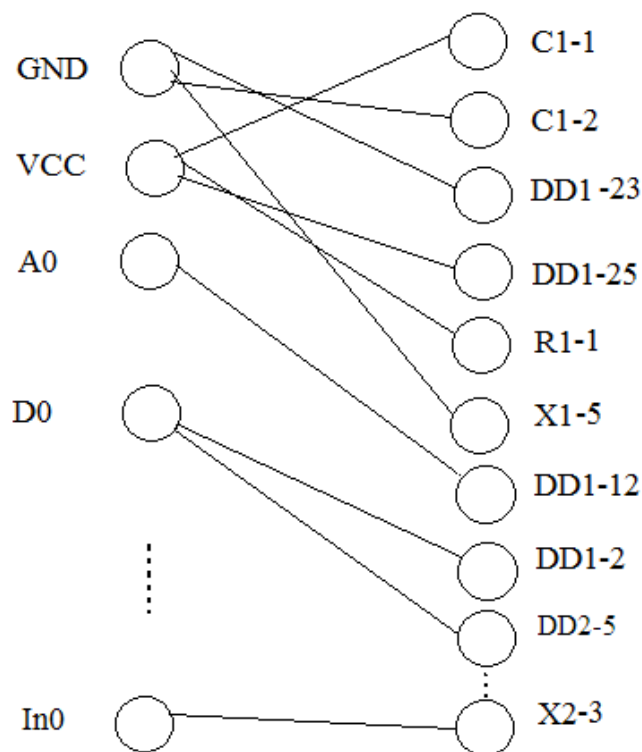


Рис. 1. Представление списка соединений в виде двудольного графа.

При использовании в схеме электрической принципиальной микросхем с поддерживаемой технологией граничного сканирования по стандарту IEEE 1149.1 определенная часть контактных площадок становится управляемой и наблюдаемой для получения диагностической информации о структуре модуля. Сравнение этой информации с эталонными данными из списка соединений позволяет судить о наличии в структуре дефектов в виде обрывов или коротких замыканий цепей.

Для реализации диагностического эксперимента с технологией граничного сканирования можно использовать готовые инструменты или разработать собственные аппаратные и программные средства [3].

3. Диагностическое обеспечение МБВС на этапе эксплуатации

Исходная (без избыточности) структурная схема бортовой вычислительной системы состоит из модуля обработки и управления, модуля специализированного ОЗУ, модуля интерфейсного и модуля коммутатора-маршрутизатора.

Модуль коммутатора-маршрутизатора имеет резервные порты, которые целесообразно использовать для реализации структурной избыточности. Предполагается, что наименее надежными элементами являются входящие в состав модулей обработки микросхемы микропроцессоров и оперативных запоминающих устройств.

Также предполагается минимальная избыточность, а именно позволяющая сохранить работоспособность при отказе только одного модуля. При этом в структурной схеме к основным модулям обработки добавляется только один резервный, как показано на рис. 2. Считается, что коммутационная сеть отказам не подвержена, т.е. при отказе модуля обработки можно осуществить реконфигурацию системы.

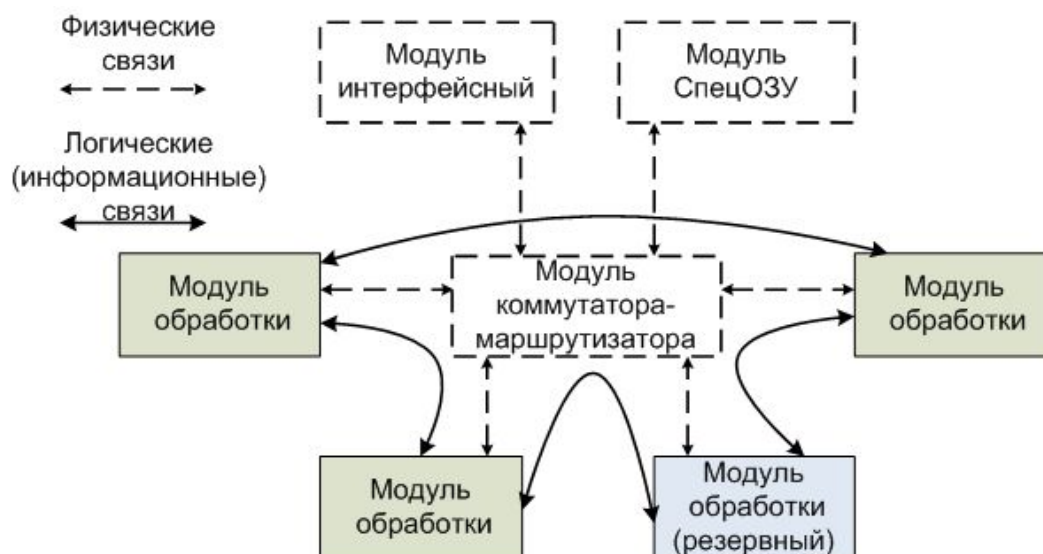


Рис. 2. Многомашинная структура с резервным модулем.

В общем случае в [4] показано, что отказоустойчивость с минимально возможной избыточностью реализуема только в структурах, обладающих определенного рода математической симметрией. Замена отказавшего модуля на резервный в рамках применяемой модели означает переименование логических имен вершин графа таким образом, что избыточная вершина замещает отказавшую без изменения инцидентности между новыми логическими именами.

В качестве примера на рис. 3 показано, что заменить любой из основных модулей на резервный, не нарушив отношений инцидентности, можно лишь для случая на рис. 3д и 3ж. Формирование таблиц реконфигурации, используемых в эксплуатации модулем коммутатора-маршрутизатора подробно рассматривается в [5]. Генерация таблиц осуществляется на основе таких алгебраических структур, как группы симметрии.

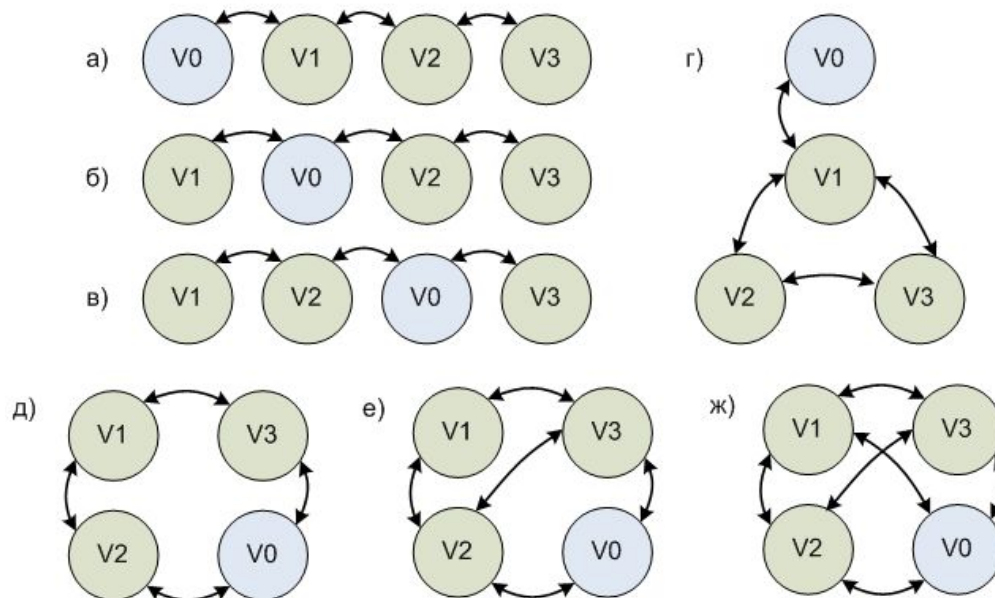


Рис. 3. Варианты реконфигурации структур с четырьмя модулями.

4. Заключение

Диагностическое обеспечение многофункциональных бортовых вычислительных систем целесообразно разрабатывать на основе графовых моделей, ориентированных на решение задач конкретного этапа жизненного цикла.

Для этапа проектирования (разработки и отладки) МБВС необходимо применять диагностическое обеспечение на основе технологии граничного сканирования с использованием информации из списков соединений, что позволит увеличить глубину поиска структурных дефектов.

На этапе эксплуатации (применения) МБВС целью диагностического обеспечения является повышение отказоустойчивости с минимальными структурными и временными затратами. В состав такого диагностического обеспечения необходимо включение алгоритмов и программ формирования таблиц реконфигурации системы на основе алгебраических структур (групп симметрии).

Список литературы

1. Основы технической диагностики. Кн. 1. Модели объектов, методы и алгоритмы диагноза / Под ред. П.П. Пархоменко. М.: Энергия, 1976. 464 с.
2. Ломакина Л.С. Математические модели и методы диагностики сложных систем // Научно-техническая информация. Серия 2. Информационные процессы и системы. 1995. № 8. С. 31-33.
3. Сильянов Н.В. Разработка программно-аппаратного комплекса для записи исполняемого файла в диагностируемый модуль через интерфейс IEEE Std 1149.1 // Системы управления и информационные технологии. 2016. № 4.1 (66). С. 179-184.
4. Каравай М.Ф. Применение теории симметрии к анализу и синтезу отказоустойчивых систем // Автоматика и телемеханика. 1996. № 6. С. 159 - 173.
5. Ломакина Л.С., Надежкин М.А., Сильянов Н.В. Проектирование отказоустойчивых бортовых вычислительных систем с применением групп симметрий как моделей // Датчики и системы. 2017. № 8-9. С. 33-39.