

УДК 004.052.32

ПРОБЛЕМЫ МИНИМИЗАЦИИ КОЛИЧЕСТВА ПЕРЕСТАНОВОК ЗОНДА В ПРОЦЕССЕ ПОИСКА НЕИСПРАВНОСТЕЙ ПО МЕТОДОЛОГИИ «ВЕДОМОГО ЗОНДА»

Деменко А.Г., Ханаев В.В., Зинченко Ю. Е., Зинченко Т.А.

Донецкий национальный технический университет

кафедра компьютерной инженерии

E-mail: andrew_oxide@mail.ru

Аннотация

Деменко А.Г., Ханаев В.В., Зинченко Ю. Е., Зинченко Т.А. Проблемы минимизации количества перестановок зонда в процессе поиска неисправностей по методологии «ведомого зонда». Рассмотрены различные типы систем диагностирования и поиска неисправностей с их помощью. Выполнен обзор основных проблем зондовой диагностики и подходов к их решению. Описан базовый алгоритм поиска неисправностей по методологии «ведомого зонда» и присущие ему недостатки.

Общая постановка проблемы

Сегодня на территории стран СНГ, в том числе Украины, используется большое количество устаревшей вычислительной техники. Её полная замена новой техникой является дорогостоящей, поэтому возникает необходимость в ее диагностировании и ремонте. Для столь масштабного применения диагностики необходим оптимальный алгоритм поиска неисправностей, однако анализ отечественных и зарубежных литературных источников показывает практическое отсутствие таковых. Это объясняется трудоемкостью и сложностью разработки таких алгоритмов. В области систем зондовой диагностики (ЗД) остается неразрешенным ряд проблем, среди которых в первую очередь следует выделить проблемы минимизации перестановок зонда (времени диагностики), локализации неисправности с точностью до съемной компоненты и проблему минимизации внешней памяти системы ЗД. Актуальным является поиск решений этих проблем с целью получения достаточно универсального алгоритма поиска неисправностей. Особое внимание уделяется зондовому поиску неисправностей как процессу и непосредственно алгоритму «ведомого зонда». Также делается акцент на оптимизационных задачах, решаемых в зондовой диагностике по различным критериям, в основном по уменьшению числа перестановок зонда.

Специалисты в области диагностики уже долгое время ведут исследования в этом направлении. Целью данной работы будет анализ проблем зондовой диагностики и поиск подходов к их решению.

Поиск неисправностей и системы диагностики

Техническое диагностирование вычислительных устройств (ВУ) решает следующие основные задачи:

- проверка исправности - обнаружение факта неисправности ВУ на уровне годен/негоден;
- поиск неисправности.

В зависимости от степени автоматизации решения задачи, системы второго типа диагностирования ВУ подразделяются на два основных класса:

- системы с автоматическим поиском неисправностей;
- системы с зондовым поиском неисправностей [1].

Автоматические системы осуществляют поиск неисправностей посредством идентификации неисправного состояния объекта диагностики (ОД) через его внешние (краевые) выходы и сопоставления этого состояния с построенным заранее так называемым диагностическим словарем неисправностей. Диагностический словарь каждому неисправному состоянию ОД ставит в соответствие тестовую реакцию, которая получается путем моделирования этого состояния на заданном тесте ОД.

Исключая вмешательство человека, автоматические системы призваны полностью автоматизировать процесс поиска неисправностей. Однако эта идеальная цель оказалась в принципе неосуществимой. Принципиальная невозможность автоматического поиска неисправности ВУ объясняется тем, что, как показали исследования, определение источника неисправности цифрового устройства с точностью до отдельной съемной компоненты является задачей неразрешимой сложности [2]. Отсюда следует низкая диагностическая способность (разрешающая способность) автоматических систем, так как каждой возможной тестовой реакции диагностический словарь ставит в соответствие, как правило, не одну, а целый список неисправностей ВУ.

Практически неосуществимой оказалась также и сама идея использования словаря неисправностей, так как, во-первых, модель константных неисправностей, относительно которой определяется словарь, сослужив хорошую службу для вентильных схем, является неадекватной для современных сложных ВУ. Во-вторых, длина теста современного ВУ достигает миллиона векторов и более, что ставит под сомнение возможность моделирования неисправностей на таком тесте. Поэтому автоматические системы диагностики находят применение для комбинационных и простейших последовательностных ВУ.

Зондовая диагностика и метод «ведомого зонда»

Несостоятельность автоматических систем привела к необходимости построения автоматизированных, то есть допускающих вмешательство в диагностический процесс человека, систем поиска неисправностей. Вмешательство человека, предусмотренное в таких системах, сводится к активному либо пассивному воздействию (зондированию) на внутренние контрольные точки ОД, поэтому системы называются зондовыми, а процесс поиска неисправности с использованием такой системы - зондовым поиском или зондовой диагностикой (ЗД).

Зондовая диагностика ВУ базируется на двух основных подходах:

- поэлементное зондирование (не будет рассматриваться);
- метод «ведомого зонда».

Поиск неисправностей по методу «ведомого зонда» основан на «прослеживании» пути проявления неисправности по топологической схеме ОД. Прослеживание проводится зондированием внутренних контрольных точек пути от контакта выходного разъема, на котором неисправность проявилась, до узла, где находится ее источник, и сравнении реальных тестовых реакций с эталонными значениями. Эталонная тестовая реакция вычисляется путем моделирования объекта в исправном состоянии, либо снимается заранее с заведомо исправного (эталонного) образца ОД. Для зондирования применяются одноконтактный (щуп) или групповой (зажим, клипсы) зонды.

Анализ тестовых реакций в системах, реализующих метод «ведомого зонда», может быть логическим или компактным. В первом случае сравнение тестовых реакций

проверяемого и эталонного ВУ производится в каждом такте работы устройства, во втором случае сравниваются сжатые характеристики (сигнатуры) реакций. Сжатие осуществляется методами счета единиц (нулей), перепадов, деления на характеристический полином (сигнатурный анализ) и так далее.

Алгоритм ведомого зонда прослеживает путь, по которому проявляется неисправность в схеме. Путь начинается на выходе схемы, на котором была впервые зафиксирована неисправность. Сначала по порядку проверяются входы компонента, который непосредственно подключен к выходу схемы. Если на каком-либо входе наблюдается неисправность, то делается переход к компоненту, выход которого непосредственно подключен к данному входу, и проверяются его входы. Таким образом выполняется продвижение по схеме, пока не будет найден компонент у которого на входах не проявляется неисправность. Так как линии связи могут быть тоже неисправными, то необходимо прозондировать также выход компонента, из которого поступили сигналы. Если на выходе реакция правильная, то неисправной является линия связи, иначе - сам компонент.

Итак, описан классический алгоритм «ведомого зонда». Достоинством алгоритма является его простота и высокое быстродействие. Его основным недостатком является большое число перестановок зонда, которое необходимо для реализации алгоритма, так как выбор контрольных точек для очередного зондирования выполняется без оптимизации. Это ведет к слишком большим затратам времени на тестирование. Другим недостатком алгоритма является отсутствие проработки для «реальных» ВУ, характеризующихся наличием различных типов цепей - двунаправленных, высокоимпедансных, нелогических, пассивных, а также другими технологическими особенностями.

Отсюда вытекает потребность, во-первых, в адаптации классического алгоритма к реальным ВУ, и, во-вторых, в минимизации перестановок зонда.

Минимизация перестановок зонда стала уже традиционной задачей в связи с прямой зависимостью от неё времени диагностирования ВУ. Специалистами в области диагностики неоднократно предпринимались попытки ее разрешения. Детальный анализ предложенных решений этой задачи позволяет выявить следующие их недостатки:

- не предложены способы минимизации для ВУ с глобальными обратными связями, то есть для сильнопоследовательностных ВУ;
- необходима адаптация алгоритмов к реальным ВУ;
- реализация предложенных алгоритмов приводит к большим временным потерям из-за их высокой сложности [3].

Выявленные недостатки попыток минимизации перестановок зонда обусловлены не только тем, что не найден «наилучший» алгоритм. Вряд ли следует ожидать, что будет найден алгоритм для реальных ВУ, обладающий минимальным числом перестановок зонда и одновременно являющийся настолько простым, что его реализация станет возможной в режиме «реального времени», и будет возможно массовое применение на ОД различных конструкций. Не оставляя попытку поиска оптимального алгоритма поиска неисправностей, этот подход все же целесообразнее разрабатывать таким образом, чтобы трудоемкая задача построения этого алгоритма решалась как синтез гипотез всевозможных неисправных состояний объекта ЗД и алгоритмов их идентификации до начала этапа собственно диагностики ВУ. Такой подход позволил бы пустить по параллельным направлениям две трудоемкие задачи - алгоритм поиска и собственно поиск неисправности, что в свою очередь упростит построение программного обеспечения системы зондовой диагностики, сделает возможным зондирование в режиме «реального времени», повысит гибкость и адаптируемость системы к различным стратегиям поиска неисправностей. Реализация описанной идеи возможна на базе графа поиска неисправностей, предварительно построенного для ОД [3].

Граф поиска неисправностей по методологии «ведомого зонда»

Метод поиска неисправности (МПИ), который реализует алгоритм поиска неисправности (АПИ), использует граф поиска неисправностей (ГПИ), что определяет последовательность зондирования ключевых точек (КТ), в зависимости от состояния схемы. Граф поиска неисправности строится по описанию схемы.

Диагностируемая схема состоит из четырех компонент (рис. 1). В алгоритме «ведомого зонда» используется описание только структуры схемы, а функциональность, реализуемая каждым компонентом, значения не имеет. Компоненты схемы и их выходы пронумерованы. Входные и выходные псевдокомпоненты обозначаются заглавными буквами.

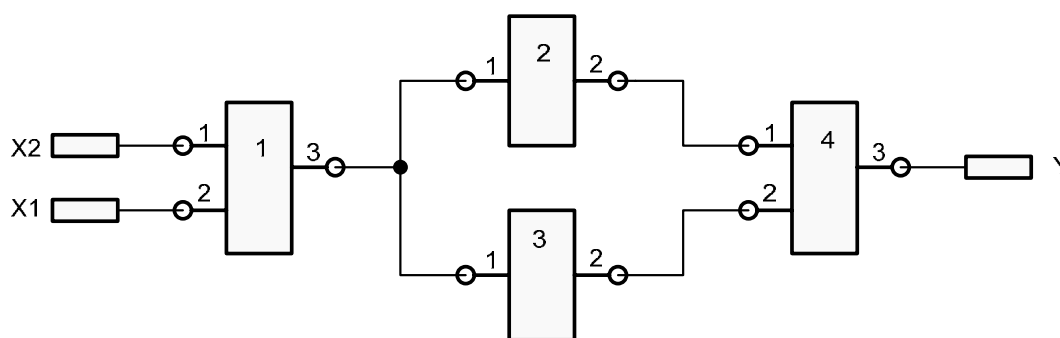


Рисунок 1 – Диагностируемая схема

ГПИ отражает порядок зондирования ключевых точек (КТ) схемы. Если на псевдокомпоненте Y была зафиксирована неисправность, то сначала проверяются входы компонента 4, который непосредственно подключен к Y. Если значения на двух входах правильные (переходы по Y-дугам), то проверяется выход компонента (вывод 4.3). Если на нем также верное значение, то делается заключение о неисправности линии связи, которая подключена к Y (переход по Y-дуге в конечную вершину). Если на входе компонента зафиксировано несовпадение с эталонной реакцией, то делается переход по N-дуге на контрольную вершину и повторяется процесс тестирования для компонента, который подключен к данной контрольной точке. Если на выходе зафиксировано несовпадение значения, то делается переход на контрольную вершину с соответствующей меткой, из которой по N-дуге выполняется переход в конечную вершину с сообщением о неисправности компонента. К ключевым точкам 1.1 и 1.2 подключены только входные псевдокомпоненты. Подразумевается, что с них неисправность прийти не может. Поэтому, если в этих КТ наблюдается неисправность, то неисправными считаются линии связи, которые соединяют КТ с входными псевдокомпонентами.

В ГПИ к каждой контрольной вершине (как и к начальной) через N-дугу подключена цепочка из промежуточных вершин и одной конечной вершины, которые соединены между собой Y-дугами. Такая цепочка вершин называется Y-цепочкой. Таким образом, ГПИ можно легко записать в текстовом виде. Каждой контрольной вершине отводится одна строка, в начале которой записывается метка данной вершины, а после нее перечисляются метки всех вершин из Y-цепочки. Такое текстовое представление ГПИ является однозначным, и по нему можно достаточно легко восстановить граф в памяти [1-2].

На рис. 2 приведено текстовое представление ГПИ для диагностируемой схемы. В нем метка контрольной вершины от Y-цепочки отделяется двоеточием.

У	:	4.1	4.2	4.3	"ЛУ"
4.1	:	2.1	2.2		"Л4.1"
4.2	:	3.1	3.2		"Л4.2"
4.3	:				"К4"
2.1	:	1.1	1.2	1.3	"Л2.1"
2.2	:				"К2"
3.1	:	1.1	1.2	1.3	"Л3.1"
3.2	:				"К3"
1.1	:				"Л1.1"
1.2	:				"Л1.2"
1.3	:				"К1"

Рисунок 2 - Текстовое представление ГПН диагностируемой схемы

В большинстве схем имеются компоненты с несколькими выходами. Такие компоненты можно рассматривать как несколько компонентов, по числу выходов, которые имеют одинаковое множество входов и один выход.

Подобный вариант представления ОД является наиболее приемлемым для дальнейших исследований в области минимизации числа перестановок зонда, адаптации АПН под конкретные конструкции ВУ, а также оптимизации АПН и МПН в целом.

Выводы

Проведенный анализ позволяет сделать следующие выводы:

1. В ряд основных проблем ЗД следует поставить проблемы минимизации перестановок зонда, локализации неисправности с точностью до съемной компоненты и проблему минимизации внешней памяти;
2. На данном этапе развития вычислительной техники до сих пор не предложен общедоступный и универсальный алгоритм;
3. Остаются актуальными задачи адаптации алгоритмов ЗД к реальным ВУ. Наиболее эффективно по комплексу параметров эти задачи могут быть решены при помощи графа поиска неисправностей.

Список литературы

1. Малышко, Ю. В., Чипулис, В. П., Шаршунов, С. Г. Автоматизация диагностирования электронных устройств [Текст] / Ю. В. Малышко, В. П. Чипулис, С. Г. Шаршунов. // Москва : Энергоатомиздат, 1986. – 216 с.
2. Горяшко, А. П. Синтез диагностируемых схем вычислительных устройств [Текст] / А. П. Горяшко // Москва : Наука, 1987. – 288 с.
3. Зинченко, Ю. Е., Козинец, А. М., Жилин, К. Н. Проблемы зондового поиска неисправностей и пути их разрешения [Текст] / Ю. Е. Зинченко, А. М. Козинец, К. Н. Жилин // Сборник трудов Донецкого государственного технического университета. Серия: Информатика, кибернетика и вычислительная техника, выпуск 6. - Донецк : ДонГТУ, 1999. - С. 212--217.