

2. Ярмолик В.Н. Контроль и диагностика цифровых узлов ЭВМ, Мн.:Наука и техника, 1988, 240с.
3. Soma M., Fault Modeling and Test Generation for Sample-and-Hold Circuits //International Symposium on Circuits and Systems, 1991, pp. 2072-2075.
4. Анисимов Б.В., Голубкин В.Н., Петраков С.В. Аналоговые и гибридные ЭВМ, М.: Высшая школа, 1986.
5. Яковлев В.В., Федоров Р.Ф. Стохастические вычислительные машины, Л.: Машиностроение, 1974.

УДК 681.3

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО ТЕСТИРОВАНИЯ ОЗУ НА ОСНОВЕ АДАПТИВНОГО СИГНАТУРНОГО АНАЛИЗА

Климец Ю.В.

*Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники*

1. Введение

Рост возможностей технологии в последние годы привел к тому, что на рынке появилось огромное количество микросхем, объединяющих на одном кристалле логическую часть и массив запоминающих элементов. В силу сложности доступа к встроенной памяти извне для тестирования подобных устройств чаще всего используют аппаратуру встроенного самотестирования (built-in self testing - BIST). Классические подходы к тестированию, основанные на сохранении-тестировании-восстановлении блоков памяти не всегда эффективны из-за необходимости в дополнительной па-

мяти для хранения оригинальной информации и из-за временных затрат на сохранение-восстановление блока информации. Поэтому широкое распространение получили методы, основанные на неразрушающем (transparent) тестировании памяти [1]. Однако предложенная в [1] технология тестирования имеет ряд недостатков. Во-первых, перед тестированием необходимо выполнить процедуру вычисления эталонной сигнатуры, что увеличивает время тестирования примерно на 50% и значительно усложняет устройство управления. Во-вторых, из-за использования при сравнении сигнатур вместо реального содержимого памяти не всегда удастся обеспечить 100% покрытие даже для однократных неисправностей заданного класса. Поэтому в данной работе предлагается новый подход к построению средств неразрушающего самотестирования памяти на основе адаптивного сигнатурного анализа [2].

2. Используемые обозначения

0 (1) используется для обозначения содержимого ячейки памяти; \updownarrow - запись значения \bar{a} в ячейку, содержащую значение a , $a \in \{0,1\}$; $\bar{\cdot}$ обозначает операцию чтения значения a , $a \in \{0,1\}$ из ячейки памяти и сжатие его в регистре сигнатуры; $\bar{\cdot}$ - обозначает операцию чтения значения a , $a \in \{0,1\}$ из ячейки памяти и сжатие значения \bar{a} в регистре сигнатуры; \uparrow - направление изменения адресов от младших к старшим; \downarrow - направление изменения адресов от старших к младшим; \updownarrow - произвольное изменение адресов.

3. Модели неисправностей ОЗУ

В данной работе рассматриваются следующие модели неисправностей [3]:

- 1) константная неисправность (stuck-at fault - SAF);
- 2) переходная неисправность (transition fault - TF);

- 3) инверсная неисправность взаимного влияния (inversion coupling fault - CFin);
- 4) неинверсная неисправность взаимного влияния (idempotent coupling fault - CFid).

4. Основные принципы адаптивного сигнатурного анализа (АСА)

Принципы адаптивного сигнатурного анализа представлены в [2]. Здесь необходимо отметить лишь тот факт, что для вычисления сигнатуры с помощью адаптивного сигнатурного анализа для бит-ориентированной памяти можно применять простую процедуру побитного сложения по модулю 2 адресов всех тех ячеек памяти, в которых записано значение 1.

Адаптивный сигнатурный анализ имеет несколько особенностей, а именно:

- сигнатуры для произвольного состояния памяти и для обратного ему состояния равны между собой. Действительно, сигнатура для памяти, все ячейки которой содержат единичные значения, равна 000...0 (по сути дела, это сумма по модулю 2 всех двоичных чисел от 0 до $2^m - 1$, где m - разрядность адреса памяти).
- конечное значение сигнатуры не зависит от направления движения по памяти при вычислении сигнатуры.

Эти две особенности позволяют существенно сократить время, необходимое для проведения тестирования, и значительно повысить покрывающую способность. Рассмотрим в качестве примера работу схемы BIST, использующей для тестирования неразрушающую версию маршевого теста March C- : $\uparrow(r, \downarrow); \uparrow(r, \downarrow); \downarrow(r, \downarrow); \downarrow(r, \downarrow); \downarrow(r)$.

5. Функционирование BIST

В классическом варианте работа BIST выглядит следующим образом:

1. На первом этапе вычисляется значение эталонной сигнатуры содержимого памяти. Для этого выполняется модифицированная версия маршевого теста March C-, в которой отсутствуют операции записи: $\uparrow(r); \uparrow(r-); \downarrow(r); \downarrow(r-); \downarrow(r)$.
2. На втором этапе выполняется сам тест памяти $\uparrow(r, \updownarrow); \uparrow(r, \updownarrow); \downarrow(r, \updownarrow); \downarrow(r, \updownarrow); \downarrow(r)$. Все считываемые данные сжимаются в регистре рабочей сигнатуры.
3. После выполнения теста памяти значения рабочей и эталонной сигнатур сравниваются. Несовпадение сигнатур означает наличие в памяти неисправности.

Теперь рассмотрим порядок функционирования BIST на основе адаптивного сигнатурного анализа.

1. В силу указанных выше особенностей адаптивного сигнатурного анализа при вычислении эталонной сигнатуры нам достаточно выполнить процедуру, состоящую из одной операции чтения: $\uparrow(r)$.
2. После этого происходит выполнение теста. При этом перед началом каждой фазы происходит сброс в 0 регистра рабочей сигнатуры, а после окончания выполнения фазы - сравнение рабочей и эталонной сигнатур. В силу того, что значение сигнатуры не зависит от направления движения фазы по памяти и сигнатуры для нормального и инверсного состояния памяти равны между собой, в отличие от классического неразрушающего тестирования можно использовать одну эталонную сигнатуру для всех фаз теста.

За счет сокращения длины сжимаемой последовательности происходит увеличение покрывающей способности. В следующей таблице приведены сравнительные значения покрывающей способности для классического неразрушающего тестирования и тестирования на основе адаптивного сигнатурного анализа, полученные при моделировании работы памяти размером 32 Кбит при условии, что длина сигнатурного анализатора составляет 15 бит.

5. Диагностика вычислительной техники

Тип неисправности	SAF			TF		
	1	2	3	1	2	3
Кратность						
Классический BIST, %	99.1	99.2	99.2	99.3	99.2	99.1
BIST на основе АСА, %	100	100	99.8	100	100	99.7

Тип неисправности	Cfin			Cfid		
	1	2	3	1	2	3
Кратность						
Классический BIST, %	99.8	99.3	99.1	99.6	99.2	99.1
BIST на основе АСА, %	100	100	99.9	100	100	99.9

6. Заключение

Таким образом, представленная в данной работе методика встроенного неразрушающего самотестирования памяти, основанная на адаптивном сигнатурном анализе, имеет значительно более высокую покрывающую способность по сравнению с классической методикой неразрушающего тестирования памяти. Кроме того, предложенная методика в большинстве случаев уменьшает в среднем на 50% время, необходимое для проведения тестирования.

Литература

1. M. Nicolaidis, "Transparent BIST for RAMs" // Proc. Int. Test Conf. - Sept., 1992 - pp.598-607.
2. V. Yarmolik, H.-J. Wunderlich, S. Hellebrand, "Self-Adjusting Output Data Compression: An Efficient BIST Technique for RAMs", submitted to DATE'98.
3. J. van de Goor . Testing Semiconductor Memories. Theory and Practice. Wiley, Chichester, 1991.

УДК 681.3

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ДОСТОВЕРНОСТИ АДАПТИВНОГО СИГНАТУРНОГО АНАЛИЗА

Иванюк А.А.

*Белорусский государственный университет
информатики радиоэлектроники.*

При современном прогрессе мировой радиоэлектронной промышленности остро стоит проблема тестирования цифровых устройств высокой степени интеграции, особенно устройств с регулярной структурой, таких как запоминающие устройства (ЗУ). В последнее время появляется большое количество полупроводниковых микросхем с интегрированными ЗУ большой емкости, что затрудняет производить его тестирование традиционными методами. Данные устройства требуют наличия встроенных средств самотестирования, которые обладали бы такими характеристиками как малые аппаратные затраты и высокой обнаруживающей способностью и возможностью производить тестирование без потери хранимой информации. Один из современных подходов решения данной проблемы был предложен в [1], который заключается в применении сигнатурного анализа и