

УДК 681.513

М.К. АЛЬ МАДИ, В.А. АНДРИЕНКО, В.Г. РЯБЦЕВ

Черкаський державний технологічний університет, Україна

МЕТОД ВЫБОРА ПАРЕТО-ОПТИМАЛЬНЫХ ТЕСТОВ ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЗАПОМИНАЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Предложен метод выбора парето-оптимальных тестов, основанный на нечетких априорных данных, что позволяет учитывать опыт квалифицированных специалистов в области диагностирования полупроводниковых запоминающих устройств.

діагностування, запомінаючі пристрої, критерії якості, парето-оптимальні тести

Введение

Для диагностирования запоминающих устройств, которые являются основными компонентами вычислительных систем, применяется большое многообразие тестов. Большинство из них хорошо выявляют дефекты только определенного типа и не обнаруживают неисправности других видов [1 – 3]. Тесты, обладающие высокими диагностическими свойствами, имеют большую продолжительность и их применение невозможно из-за производственных ограничений, которые возникают при изготовлении и диагностировании вычислительных систем, содержащих запоминающие устройства большой емкости.

Отсутствие достаточного объема экспериментальных сведений о диагностических свойствах тестов не позволяет сформулировать объективные критерии при выборе эффективного набора тестов.

Целью данной работы является создание метода выбора оптимизированного набора тестов при отсутствии весовых коэффициентов, оценивающих важность выбранных критериев качества тестов. Под критерием качества будем понимать способность теста выявлять неисправимость данного типа.

Основной материал

Можно объединять одним критерием способность теста выявлять отказы двух, трех и т.д. видов.

Таким образом, формируется матрица $C = (c_{ij})_{pg}$,

где $i = \overline{1, p}$ – число строк, соответствующее количеству исследуемых тестов, $j = \overline{1, q}$ – число столбцов, которое определяется количеством выбранных критериев. На основании знаний экспертов по технической диагностике сформулированы вербальные оценки свойств тестов: l – низкая, lm – ниже средней, m – средняя, hm – выше средней и h – высокая [4]. Можно предложить соответствие различных шкал оценок свойств тестов, приведенное в табл. 1.

Таблица 1

Соответствие различных шкал оценок свойств тестов

Тип шкалы	Значения оценок				
	l	lm	m	hm	h
Вербальная					
Количественная	0	0,25	0,5	0,75	1,0

Для сравнения диагностических свойств тестов ν и μ введем вектор сравнения, значение которого определяется следующим образом:

$$S_i^{\nu\mu} = \begin{cases} 1, & \text{если } L_\nu > L_\mu \text{ по критерию } K_i; \\ 0, & \text{если } L_\nu \approx L_\mu \text{ по критерию } K_i; \\ -1, & \text{если } L_\nu < L_\mu \text{ по критерию } K_i, \end{cases}$$

где L_ν, L_μ – оценки свойств тестов ν и μ соответственно.

Значения критерия K_i^ν определяются по следующей формуле:

$$K_i^v = \begin{cases} 1, \text{если } v\text{-й тест обнаружил неисправность} \\ i\text{-го типа;} \\ 0\text{ – в противном случае.} \end{cases}$$

Для p тестов и q критериев можно построить матрицу критериев $K = \|k_{ij}\|_{pq}$. Например, для тестов запись-считывание, шахматный, адресное дополнение, марш и крест по оценкам экспертов получаем оценки для пяти критериев, приведенные в табл. 2.

Таблица 2
Априорные оценки свойств тестов

Название теста	Оценки для критериев				
	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5
1. Запись-считывание	0	0	0,25	0	0
2. Шахматный	0,25	0,25	0,25	0	0,25
3. Адресное дополнение	0,75	0,5	0,25	0,25	0,25
4. Марш-С	0,75	0,5	0,5	0,25	0,5
5. Крест	0,75	0,25	0,5	0,25	1,0

Оценкам, приведенным в табл. 2, соответствуют возможности обнаруживать отказы следующих видов:

- K_1 – отказы ячеек памяти;
- K_2 – отказы дешифраторов адреса;
- K_3 – несоответствие времени выборки адреса;
- K_4 – превышение времени восстановления усилителей нормативного значения;
- K_5 – отказы, вызванные взаимным влиянием смежных ячеек памяти.

Сформируем матрицы C^k , $k = \overline{1,5}$ попарного сравнения тестов по выбранным критериям. В каждой матрице элемент C_{ij}^k принимает значение +1, если по критерию K_k i -й тест предпочтительнее j -го теста и значение -1, если i -й тест уступает j -му тесту. Тогда для приведенного примера получаем следующие пять матриц.

Используем матрицы C^k и таблицу истинности логических функций в трехзначной логике Лукаевича для поиска парето-оптимальных тестов [5]. Такие тесты можно получить при помощи матрицы R_π , которая формируется следующим образом:

$$R_\pi = R_\pi^1 \wedge R_\pi^2 = \bigwedge_{r=1}^5 (C^r)^* \wedge \bigvee_{r=1}^5 C^r,$$

где $\bigwedge_{r=1}^5 (C^r)^*$ – логическое произведение матриц $(C^r)^*$.

Матрицы $(C^r)^*$ образуются из матриц C^r , в которых нулевые элементы заменены единицами, матрица R_π^1 имеет единицы только в том случае, если для данной пары i -й тест ни по одному из критериев не уступает j -му:

$$R_\pi^1 = \begin{bmatrix} 1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 & 1 \end{bmatrix}; \quad R_\pi^2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & -1 & -1 \\ 1 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix};$$

$$C^1 = \begin{bmatrix} 0 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & 0 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}; \quad C^2 = \begin{bmatrix} 0 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & 0 & -1 & -1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & -1 & -1 & 0 \end{bmatrix};$$

$$C^3 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}; \quad C^4 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}; \quad C^5 = \begin{bmatrix} 0 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & 0 & 0 & -1 & -1 \\ 1 & 0 & 0 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}.$$

Из матрицы R_{π}^1 следует, что для пар тестов (x_2, x_1) , (x_3, x_1) , (x_3, x_2) , (x_4, x_1) , (x_4, x_2) , (x_4, x_3) , (x_5, x_1) , (x_5, x_2) , (x_5, x_3) первый тест пары не уступает второму ни по одному из критериев.

Дизъюнкция матриц $\bigvee_{r=1}^5 C_{ij}^r$ означает, что в сформированной матрице R_{π}^2 имеются единицы, когда i -й тест хотя бы по одному критерию превосходит j -й тест. В результате анализа элементов матрицы R_{π}^2 образуются следующие пары тестов: (x_2, x_1) , (x_3, x_1) , (x_3, x_2) , (x_3, x_5) , (x_4, x_1) , (x_4, x_2) , (x_4, x_3) , (x_4, x_5) , (x_5, x_1) , (x_5, x_2) , (x_5, x_3) , (x_5, x_4) , в которых первый тест доминирует над вторым хотя бы по одному из критериев. В результате конъюнкции матриц R_{π}^1 и R_{π}^2 образуется матрица R_{π} :

$$R_{\pi} = \begin{bmatrix} 0 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & 0 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & 0 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 & 0 \end{bmatrix}.$$

Содержащие единицы элементы матрицы R_{π} определяют парето-оптимальное множество пар тестов (x_2, x_1) , (x_3, x_1) , (x_3, x_2) , (x_4, x_1) , (x_4, x_2) , (x_4, x_3) , (x_4, x_5) , (x_5, x_1) , (x_5, x_2) , (x_5, x_3) , которые можно представить в виде графа, приведенного на рис. 1.

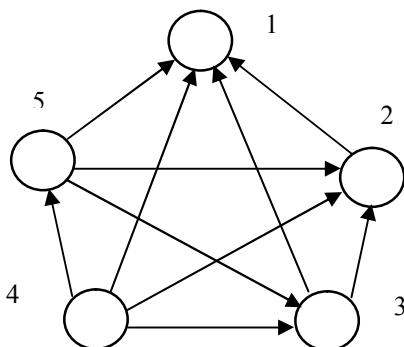


Рис. 1. Граф парето-оптимальных тестов

В результате анализа данного графа можно сделать заключение, что тест запись/считывание является неперспективным, т.к. он уступает по всем кри-

териям остальным рассматриваемым тестам. Шахматный тест доминирует только над первым тестом. Тест адресное дополнение доминирует над первым и вторым тестами, но уступает по диагностическим свойствам остальным тестам. Только тест марш-С доминирует над всеми тестами рассматриваемого множества.

Для прогнозирования вероятности выявления отказов микросхем памяти при нечетких априорных данных на языке программирования "Delphi 5.0" реализована система "Прогноз", главное меню которой приведено на рис. 2.

После запуска системы "Прогноз" появляется экранная форма, в которой необходимо указать:

- емкость микросхемы памяти, которая диагностируется;
- время цикла;
- максимальное время, которое можно выделить для выполнения диагностирования;
- вероятности возникновения возможных видов отказов (по умолчанию они имеют равномерное распределение).

После нажатия кнопки "Начать прогноз" появится таблица, в которой тесты будут отсортированы по уменьшению вероятностей выявления отказов. В строках таблицы указываются: номера и названия тестов, эффективности тестов при выявлении различных видов отказов и продолжительности диагностирования при помощи исследуемых тестов. В последних столбцах таблицы содержатся значения комплексных критериев качества тестов для всех видов отказов. После выполнения анализа появится таблица, в первой строке которой приводятся вероятности выявления всех отказов выбранной последовательностью тестов, а во второй – время, которое потребуется для выполнения диагностирования. Столбцы таблицы формируются по возрастанию количества выбранных тестов. Внизу на экране появится диаграмма, на которой в графическом виде будет отображена зависимость вероятности выявления отказов от времени.

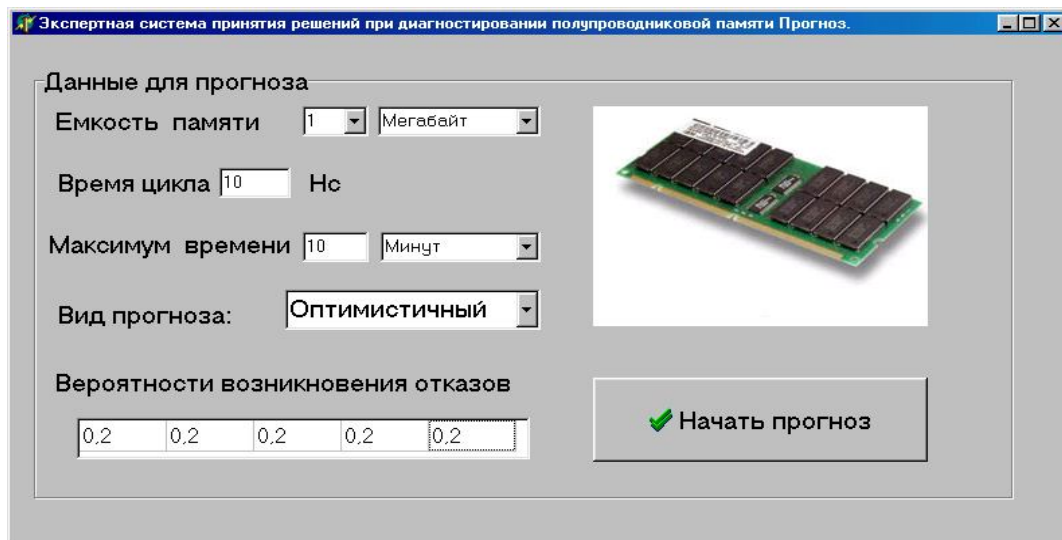


Рис. 2. Главное меню системы “Прогноз”

Для редактирования и добавления новых тестов и отказов существуют отдельные пункты меню. Система “Прогноз” предназначена для использования менеджерами производственно-технических отделов фирм, которые изготавливают микросхемы и модули полупроводниковой памяти. Ее применение позволяет снизить затраты времени менеджеров при подборе эффективной последовательности тестов, что уменьшит времени тестового диагностирования и предотвратит применение избыточных тестов.

Выводы

Предлагаемый метод выбора парето-оптимальных тестов основан на нечетких априорных данных и позволяет учитывать опыт квалифицированных специалистов в области диагностирования полупроводниковых запоминающих устройств.

Данный метод полностью формализован и реализован в системе поддержки принятия решений, в которой учитываются как точные числовые параметры, так и информация, представления в лингвистической форме, которая легко воспринимается.

Литература

1. Мельников А.В., Рябцев В.Г. Контроль модулей памяти компьютеров. – К.: Корнійчук, 2001. – 172 с.
2. Проектирование и диагностика компьютерных систем и сетей / М.Ф. Бондаренко, Г.Ф. Кривуля, В.Г. Рябцев, С.А. Фрадков, В.И. Хаханов. – К.: НМЦВО, 2000. – 306 с.
3. Ryabtsev V.G., Andrienko V.A., Kolpakov I.A. A lot of the version for diagnosing microcircuits memory devices of critical computer control systems // Proceedings of IEEE East-West Design & Test Work Shop. Odessa. – 2005. – P. 115-118.
4. Кириленко Н.Л., Рябцев В.Г. Метод принятия решений при разработке программ испытаний памяти // Проблемы программирования. – 2000. – № 1-2. – С. 507-512.
5. Романов В.П. Интеллектуальные информационные системы в экономике: Учебное пособие / Под ред. Н.П. Тихомирова. – М.: Экзамен, 2003. – 496 с.

Поступила в редакцию 3.02.2006

Рецензент: д-р техн. наук, проф. А.А. Златкин, Черкасский государственный технологический университет, Черкассы.