

УДК 519.17

В.В. АНДРЕЕВА*, К.А. СОРУДЕЙКИН**,***

СОКРАЩЕНИЕ ДЛИНЫ ПРОВЕРЯЮЩЕГО ТЕСТА НА ОСНОВЕ ДЕРЕВА ДЕКОМПОЗИЦИИ¹

Предлагается метод сокращения проверяющего теста на основе различных вариантов раскрытия вершин в дереве декомпозиции и последующего формирования по дереву совместимых подмножеств, каждое из которых порождает тестовый вектор сокращенного проверяющего теста.

Ключевые слова: сокращение проверяющего теста, совместимые подмножества, дерево декомпозиции.

Введение

Рассматривается проверяющий тест $T = \{t_1, \dots, t_s\}$, представленный множеством троичных векторов, в котором отсутствуют поглощающие векторы. Пусть u_i – булев вектор, полученный произвольным доопределением неопределенных компонент вектора t_i , который обнаруживает константную неисправность f_i из множества константных неисправностей $F = \{f_1, \dots, f_s\}$ комбинационной схемы. Для построения проверяющего теста можно использовать один из методов, предложенных в работах [1–6]. Требуется, если это возможно, сократить длину проверяющего теста для того же множества F неисправностей.

Сокращение длины проверяющего теста будем выполнять за счет операции пересечения троичных векторов. Троичные векторы, пересечение которых не пусто, будем называть *совместимыми*. Совместимое множество троичных векторов T_i (пересечение всех векторов не пусто) будем называть максимально совместимым относительно некоторого заданного множества векторов T , если в него нельзя добавить ни одного вектора из T .

Переменную будем называть *монотонной*, если в векторах множества T она принимает одно из значений на множестве $\{1, X\}$ или $\{0, X\}$.

Правила пересечения для двух совместимых троичных векторов опишем на примере: $t_i = 1x10x$, $t_j = 10x0x$, результат пересечения представляется вектором $1010x$.

Построение дерева декомпозиции

Основная идея сокращения тестовой последовательности заключается в выделении максимально совместимых подмножеств T'_i из T на основе построения дерева декомпозиции. В работах [5–7] предлагаются различные подходы к раскрытию вершины этого дерева.

Пусть матрица M представляет множество троичных векторов. Столбцы матрицы сопоставляются переменным. В работах [5, 6], процедура раскрытия вершины в дереве декомпозиции выполняется по немонотонной переменной, которой соответствует столбец матрицы M с минимальным числом неопределенных компонент. В этом случае из раскрываемой вершины исходят две дуги. Вершинам, в которые эти дуги заходят, сопоставляются множества троичных векторов, принимающих значения $\{1, X\}$ или $\{0, X\}$ по переменной разложения. Такое разделение векторов на два подмножества приводит к дублированию троичных векторов, принимающих значение X по переменной разложения. Раскрытие вершин продолжается до тех пор, пока очередной вершине не будет сопоставлено совместимое подмножество векторов. Из совместимых подмножеств выделяют максимальные подмножества, и ими покрывают векторы множества T .

В работе [7] предлагается модификация дерева декомпозиции, которая позволяет, во-первых, избавиться от дублирования троичных векторов в совместимых подмножествах, что значительно сокращает дерево декомпозиции, а, во-вторых, избежать решения задачи покрытия при сокращении длины проверяющего теста T . Исключая задачу покрытия мы можем потерять лучшие решения, зато существенно сокращаем объем вычислений, связанных с решением задачи покрытия, и тем самым получаем возможность сокращать тестовые последовательности большей длины. Предлагаемая модификация дерева разложения заключается в следующем. Для вершины v дерева, соответствующей выбранной по указанным выше правилам переменной, строятся три дуги – по

¹ Работа выполнена при частичной поддержке гранта Министерства образования и науки РФ ТЕМПЛАН № 8.4055.2011.

одной на каждое значение переменной из множества $\{0,1,X\}$. Каждой дуге, точнее концевой вершине, в которую эта дуга заходит, сопоставляется соответствующее подмножество троичных векторов. Далее каждая из полученных вершин раскрывается аналогичным образом и т.д., вплоть до получения листьев дерева, которым сопоставляются совместимые подмножества. В результате такого разложения строится дерево G . Таким образом, из внутренней вершины дерева, помеченной переменной, по которой выполняется разложение, может исходить либо 2, либо 3 дуги. Каждой внутренней вершине дерева G сопоставляется несовместимое подмножество троичных векторов из T , а каждой концевой вершине – совместимое подмножество векторов из T , которое не обязательно является максимальным.

Если в некоторую внутреннюю вершину дерева G заходит дуга, помеченная символом X , то поддерево с корнем в этой вершине, назовем **DC** (Don't Care) поддеревом. Если во внутреннюю вершину заходит дуга, помеченная символом $0(1)$, то назовем это поддерево $0(1)$ -поддеревом. Векторы из совместимых подмножеств **DC** поддерева могут совмещаться с векторами совместимых подмножеств $1(0)$ поддеревьев, сопоставляемых одной и той же внутренней вершине дерева G . В работе [7] предложен алгоритм **совмещения** векторов **DC** поддеревьев с векторами $0(1)$ -поддеревьев. Результатом совмещения, согласно этому алгоритму, является покрытие множества T совместимыми подмножествами. Далее по этому покрытию получается сокращенный тест для множества F неисправностей.

В данной работе предлагается более общий подход к раскрытию вершины v в дереве декомпозиции, а именно, допускается разложение по нескольким переменным. Разложение по нескольким переменным выполняется в том случае, если в сопоставляемой вершине подмножестве троичных векторов выделяется подмножество столбцов с одинаковым минимальным числом неопределенных символов. Среди этих столбцов находится максимальное число переменных, которые в выделенных столбцах принимают определенные значения. Именно с учетом этих переменных выполняется раскрытие вершины v . Из нее исходит $(q + 1)$ ребер. Здесь q – число комбинаций значений по выделенным переменным разложения рассматриваемой вершины. Назовем эти комбинации *масками*. Каждой маске сопоставляется соответствующее подмножество векторов для вершины, в которую заходит дуга, помеченная маской. Концевой вершине дуги, не помеченной ни одной из масок, сопоставляются оставшиеся троичные векторы вершины v . Эту дугу будем отмечать вектором, состоящим только из символов X . Дерево, корнем которого является вершина, в которую заходит эта дуга, назовем также **DC**-деревом. Построив с учетом предлагаемого правила раскрытия дерево G , будем выполнять алгоритм совмещения подмножеств, изложенный в [7]. Предлагаемая процедура раскрытия вершины дерева дает возможность еще на этапе построения дерева выделить заведомо несовместимые подмножества. Их число тем больше, чем больше дуг исходит из раскрываемой вершины. Выделение несовместимых подмножеств позволяет сократить перебор при поиске покрытия множества T по дереву G . Проиллюстрируем предлагаемый подход на примере.

В приведенной ниже матрице M два последних столбца являются максимально определенными (содержат наименьшее число неопределенных компонент). Разложение будем в этом случае выполнять одновременно по двум переменным, строя при этом множество масок $\{m_i\}$, так что все остальные переменные принимают значение X . Например, маска для $t_3 = \text{xxxxx11}$. В нашем случае начальное множество масок будет принимать следующие значения: $\{\text{xxxxx11}, \text{xxxxx00}, \text{xxxxx10}, \text{xxxxx01}, \text{xxxxxxx}\}$.

t_1	x	x	1	x	x	0	1	x
t_2	x	x	1	x	x	x	0	x
t_3	0	0	0	0	0	x	1	1
t_4	0	x	0	x	0	x	0	0
t_5	1	x	0	x	x	0	x	1
t_6	1	1	0	0	1	x	x	0
t_7	0	0	x	x	0	1	1	x
t_8	x	x	x	x	0	x	1	0
t_9	x	x	x	1	1	x	1	0
t_{10}	1	0	x	x	x	1	x	1
t_{11}	0	0	0	1	x	0	0	1

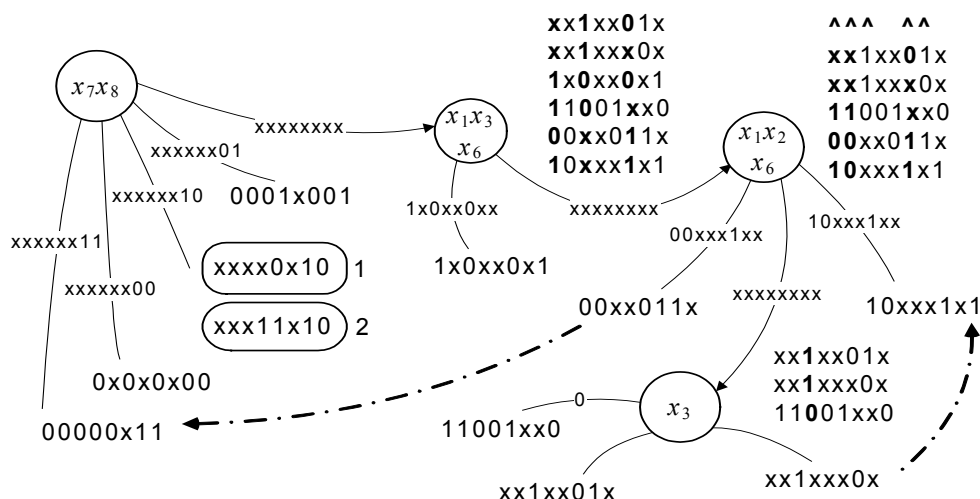


Рис. 1. Дерево декомпозиции G

В результате анализа дерева G по алгоритму, изложенному в [7], получаем сокращенный тест $T^* = \{00000111, 0x0x0x00, xxx0x10, xxx11x10, 0001x001, 1x0xx0x1, 11001xx0, xx1xx01x, 101xx101\}$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Матросова А.Ю., Останин С.А., Паршина Н.А. // Автоматика и телемеханика. – 1999. – № 2. – С. 129–137.
2. Матросова А.Ю., Николаева Е.А., Останин С.А., Сингх В. // Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. – 2012. – № 3. – С. 129–138.
3. Matrosova A., Andreeva V., and Ostanin S. // Proc. 6th International Workshop on Boolean Problems. Freiberg, Germany, 2004. – P. 237–244.
4. Andreeva V.V. and Matrosova A.Yu. // Vestnik TSU. – 2006. – No. 18. – P. 34–39.
5. Andreeva V. // Proc. 8th East-West Design&Test International Symposium. St. Petersburg, Russia, 2010. – P. 168–171.
6. Andreeva V. // Proc. 9th East-West Design&Test Intl Symposium. Sevastopol, Ukraine, Sept. 2011. – P. 251–254.
7. Andreeva V. and Sorudeykin K. // Proc. 10th IEEE East-West Design & Test Symposium. Kharkov, Ukraine, 2012. – P. 382–387.

*Национальный исследовательский Томский государственный университет,
г. Томск, Россия

Поступила в редакцию 15.07.13.

**Харьковский национальный университет радиоэлектроники, г. Харьков, Украина

***Relevance Research & Development Corporation, Tallinn, Estonia

E-mail: AVV.21@mail.ru, Kirill.Sorudeykin@relvecorp.com

Андреева Валентина Валерьевна, к.т.н., доцент;
Сорудейкин Кирилл Александрович, аспирант, директор Relvecorp.

V.V. ANDREEVA, K.A. SORUDEYKIN

A METHOD FOR MINIMIZING TEST SEQUENCES BASED ON DECOMPOSITION TREE

A method for minimizing test sequences when using a new kind of a decomposition tree is suggested. The method allows cutting test sequences by direct analysis of the tree.

Keywords: Test Sequences Decomposition Tree, Compatible sets.