УДК 531.38

КРАТНАЯ СТРАТЕГИЯ НАБЛЮДЕНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОМЕНТОВ ВРЕМЕНИ НАБЛЮДЕНИЯ ВЫХОДНЫХ СИГНАЛОВ В ЗАДАЧЕ ПОСТРОЕНИЯ ТЕСТОВ

Скобцов В.Ю.

MULPTIPLE OBSERVATION TIME STRATEGY AND DEFINING CLOCKS SET IN THE TEST GENERATION PROBLEM

Skovtsov V.Yu.

В работе исследована проблема выбора множества моментов времени наблюдения выходных сигналов в процессе тестирования цифровых устройств с памятью на построенной тестовой последовательности.. Применяется концепция стратегии кратного наблюдения выходных сигналов последовательностных схем и соответствующие определения обнаружимости неисправностей. Рассмотрено два подхода: подход на основе задачи о покрытии, позволяющий решить данную проблему на базе классического генетического алгоритма с соответствующими генетическими операторами, и аналитический подход на основе понятия различающей функции для последовательностной схемы с учетом применения кратной стратегии наблюдения выходных сигналов. Первый метод является более привлекательным для устройств большей размерности в силу применения недетерминированного эволюционного подхода. Второй подход является более точным аналитическим методом, но тоже применим на практике для схем меньшей размерности.

Ключевые слова: *последовательностные цифровые схемы, построение проверяющих тестов, кратная стратегия наблюдения, множество моментов времени наблюдения, задача о покрытии, генетический алгоритм, различающая функция*

Введение. Несмотря на многочисленные попытки создать автоматические системы генерации проверяющих тестов для последовательностных цифровых схем (ЦС), эта проблема далека от окончательного решения вследствие необходимости в общем случае учитывать произвольные начальные состояния исправной и неисправной схем. Известно, что стандартные методы моделирования неисправных цифровых схем, основанные на логическом моделировании в троичном алфавите с применением одиночной (обычной) стратегии наблюдения выходных сигналов, не позволяют точно оценить полноту проверяющих тестов [1-3].

Альтернативой здесь могут быть методы моделирования и генерации тестов, использующие более точные стратегии наблюдения выходных сигналов, а именно, кратную стратегию наблюдения выходов на всех тактах проверяющей тестовой последовательности [1,2,4,5].

Другой путь повышения точности методов моделирования и построения тестов ЦС – это использование многозначных алфавитов и логик. Универсальным алфавитом и логикой, включающим в себе как подмножества, используемые на сегодняшний день в области тестирования и моделирования ЦС многозначные алфавиты, является 16-значный алфавит B_{16} [1-3].

Третий путь повышения скорости и эффективности построения тестов последовательностных ЦС, особенно для схем средней и большой размерности, - применение методов поиска искусственного интеллекта. Так, в настоящее время при построении тестов цифровых устройств, а также при их проектировании, широко применяются методы эволюционных вычислений, в частности, последовательные и параллельные генетические алгоритмы (ГА), которые позволяют существенно повысить их качество и быстродействие [1,2,6].

В работе [7] автором был предложен эффективный метод построения тестов для последовательностных цифровых схем на структурном уровне представления, основанный на применении 16-значного моделирования, кратной стратегии наблюдения выходных сигналов цифровых схем и генетических алгоритмов.

Для построенной тестовой последовательности важной задачей является собственно процесс проверки цифровой схемы. В связи с этим **целью данной работы является** исследование задачи определения множества моментов времени наблюдения выходных сигналов в процессе тестовой диагностики.

Постановка задачи. Постановка задачи построения проверяющего теста для заданной неисправности в последовательностной схеме существенно зависит от используемой стратегии наблюдения неисправностей [1,2,4,5].. Пусть исправная последовательностная схема реализует конечный автомат $A = (Y, X, Z, \delta, \lambda)$, где Y, X, Z - конечные множества состояний, входных и выходных сигналов соответственно; $\delta : Y \times X \to Y$ - функция переходов, определяющая следующее состояние автомата; $\lambda : Y \times X \to Z$ - функция выхода, определяющая выходной сигнал. Функции δ и λ реализуются комбинационными схемами, где :

$$Y = (y_1,..., y_k),\ где\ y_i \in \{0,1\}\ для\ i = \overline{1,k}\ ; \quad (1)$$

$$X = (x_1,..., x_n),\ где\ x_j \in \{0,1\}\ для\ j = \overline{1,n}\ ; \quad (2)$$

$$Z = (z_1,..., z_m),\ где\ z_j \in \{0,1\}\ для\ j = \overline{1,m}\ . \quad (3)$$

Обозначим X(1), X(2),…, X(p) – входную последовательность длины p. Тогда Y_0, $Y(Y_0,1)$,…, $Y(Y_0,p)$ – последовательность состояний автомата, которую он проходит из начального состояния $Y_0 \in Y$ под воздействием входной последовательности X(1), X(2),…, X(p). Пусть $Z(Y_0,1)$,…, $Z(Y_0,p)$ – обозначает выходную последовательность, производимую автоматом из начального состояния Y_0 при подаче входной последовательности X(1), X(2),…, X(p). Обозначим через $z_j(Y_0,k)$ для $j = \overline{1,m}$ значение j-го выхода на k-м шаге моделирования. Используя эти обозначения, следующее состояние определяется следующим образом:

$$Y(y_0,t) = \begin{cases} Y_0\ для\ t = 0 \\ \delta(X(t),Y(Y_0,t-1))\ для\ t \neq 0 \end{cases}. \quad (4)$$

Выход $Z(Y_0,k)$ определяется функцией λ .

$$Y(y_0,t) = \lambda(X(t),Y(Y_0,t-1))\ для\ t > 0\ . \quad (5)$$

Неисправность f преобразует автомат A в $A = (Y, X, Z, \delta^f, \lambda^f)$, где функции δ^f, λ^f состояния Y^f и Z^f определяются таким же образом.

Определение 1. Неисправность f называется обнаружимой в последовательностной схеме входной последовательностью X(1), X(2),…, X(p) относительно стратегии одиночного наблюдения выходов (SOT), если

$$\exists t \le p, \exists j \le m, \exists b \in \{ 0,1 \}, такое, что$$
$$\forall (Y_0, Y_0^f) : (z_j(Y_0,t) = b \wedge z_j^f (Y_0^f ,t) = \overline{b}) ,$$

где Y_0 – начальное состояние исправной схемы и Y_0^f – начальное состояние неисправной схемы. Это определение говорит, что при данной стратеги неисправность считается обнаружимой, если найдется (по крайней мере один) момент времени (такт) t такой, что для любой пары состояний (Y_0, Y_0^f) исправной и неисправной схем некоторый j-й выход z_j имеет различные значения в исправной и неисправной схеме. Ключевым моментом является то, что любая пара состояний исправной и неисправной схемы должна выдать различные выходные реакции в один и тот же такт времени.

Определение 2. Неисправность f называется проверяемой в последовательностной схеме входной последовательностью X(1), X(2),…, X(p) относительно стратегии кратного наблюдения выходов (MOT), если и только если:

$$\forall (Y_0, Y_0^f) \exists t \le p, \exists j \le m, \exists b \in \{ 0,1 \}\ такое, что$$
$$(z_j(Y_0,t) = b \wedge z_j^f (Y_0^f ,t) = \overline{b})$$

Термин «кратная стратегия наблюдения выходных сигналов» формально была введен в работе [5], хотя фактически этот подход был предложен Ю.А.Скобцовым задолго до этой публикации, например, в [4].

Принципиальное отличие между этими стратегиями состоит в следующем. Согласно первой стратегии для тестируемости неисправности необходимо и достаточно, чтобы все пары начальных состояний исправной и неисправной схемы различались в один и тот же момент времени. Согласно второй стратегии, кратной, для каждой пары состояний исправной и неисправной схемы может существовать свой момент времени, в который они различаются.

В качестве примера, рассмотрим схему, представленную на рис.1 с одиночной константной неисправностью $f_2 \equiv 0$.В табл.1 и табл.2 приведены автоматы, реализуемые схемой рис.1, исправной и содержащей неисправность $f_2 \equiv 0$ соответственно. Соответственно таблицы 3 и 4 показывают, что входная последовательность X=(1,1,1,1) проверяет неисправность $f_2 \equiv 0$ относительно кратной стратегии, поскольку для каждой пары состояний исправной и неисправной схемы существует момент времени, для которого выходные реакции различны.

Однако, не существует одного момента времени, когда различались бы все пары состояний исправного и неисправного устройств. Т.е. данная неисправность не проверяется этой входной последовательностью относительно одиночной стратегии наблюдения выходных сигналов.

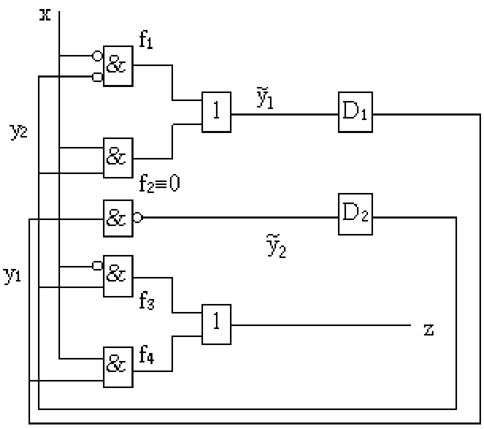

Рис. 1 Пример последовательностной цифровой схемы

Таблица 1

Исправный автомат

S	$S_{сл}$, z x=0	$S_{сл}$, z x=1
A	B,0	C,0
B	C,0	B,0
C	D,1	A,1
D	A,1	D,0

Таблица 2

Неисправный автомат

$S(y_1y_2)$	$S_{сл}$, z x=0	$S_{сл}$, z x=1
a	b,0	c,0
b	b,0	b,0
c	a,1	a,1
d	a,1	d,0

Таблица 3

Реакции исправной схемы

$S(y_1y_2)$	x_1=1	x_2=1	x_3=1	x_4=1
A(00)	0	0	1	1
B(01)	0	1	1	0
C(10)	1	0	0	1
D(11)	1	1	0	0

Таблица 4

Реакции неисправной схемы

$S(y_1y_2)$	x_1=1	x_2=1	x_3=1	x_4=1
a(00)	0	0	0	0
b(01)	0	0	0	0
c(10)	1	0	0	0
d(11)	1	0	0	0

Материалы и результаты исследований. После того, как тестовая входная последовательность для данной неисправности построена (различает все пары состояний исправной и неисправной схем), необходимо определить множество моментов времени наблюдения выходных сигналов в процессе тестовой диагностики. Кроме этого, необходимо для этих моментов времени определить соответствующе множество выходных реакций исправной схемы (для последующего сравнения с выходными сигналами тестируемой схемы).

Очевидно, что для уменьшения затрат на хранение эталонных сигналов и времени сравнения реальных сигналов с этими эталонами в процессе тестирования желательно минимизировать число тактов наблюдения выходных сигналов. Можно показать, что эта задача сводится к классической задаче о покрытии.

Рассмотрим ее на примере схемы рис.1 с неисправностью f_2=0. Как говорилось выше, для этой неисправности, входной тестовой последовательностью является последовательность X=(1,1,1,1), которая различает каждую пару состояний исправной и неисправной схемы.

В табл.5 показано, в какие моменты (такты) времени различаются все пары состояний исправной и неисправной схемы. При этом каждая строка соответствует паре состояний исправной и неисправной схемы, а столбец - моменту наблюдения выходных сигналов. Знаком ‘+’ отмечены те моменты (такты) времени, на которых пары состояний различаются (дают различные выходные сигналы). Таким образом, выбор минимального числа наблюдений сводится к классической задаче о покрытии.

Таблица 5

Моменты времени различения пар состояний схемы на рисунке 1

Пары Состояний	Моменты (такты) времени наблюдения выходных сигналов			
	t=1	t=2	t=3	t=4
(A,a)			+	+
(A,b)			+	+
(A,c)	+		+	+
(A,d)	+		+	+
(B,a)		+	+	
(B,b)		+	+	
(B,c)	+	+	+	
(B,d)	+	+	+	
(C,a)	+	+		
(C,b)	+	+		
(C,c)		+		
(C,d)		+		
(D,a)	+			+
(D,b)	+			+
(D,c)				+
(D,d)				+

Если формулировать более формально, то есть множество элементов пар состояний исправного и неисправного устройств S (множество строк таблицы), которые различаются в различные моменты времени t_i (столбцы таблицы). Каждому моменту времени t_i соответствует свое подмножество множества пар состояний S_{t_i}. Необходимо найти минимальное число столбцов t_i и соответствующие им подмножества S_{t_i} так, чтобы объединение подмножеств покрывало множество S всех пар состояний минимальным образом. То есть, чтобы каждая пара состояний исправной и неисправной схемы имела '+' в выбранном множестве столбцов, а количество столбцов было минимальным.

Потенциальное решение можно представить двоичным вектором $X = (x_1, x_2, ..., x_n)$, где

$$x_i = \begin{cases} 1, \text{ если } t_i - \text{й столбец входит в покрытие} \\ 0, \text{ иначе} \end{cases}.$$

При этом нам необходимо найти:

$$\bigcup_{i=1}^{p} x_i S_{t_i} \text{ такое, что}$$

$$\sum_{i=1}^{p} x_i \text{ - минимально.}$$

Известно, что в общем случая задача о покрытии является NP-трудной, то есть для поиска оптимального решения в худшем случае требуется перебор всех вариантов решения. Но в настоящее время разработано множество эвристических алгоритмов, которые дают субоптимальное решение. Поскольку решение задачи представляется двоичным вектором, то при его поиске можно использовать простой генетический алгоритм (ГА) со стандартными операторами кроссинговера и мутации [1,2,8]. Блок-схема классического ГА и классические генетические операторы кроссинговера и мутации приведены соответственно на рисунках 2-4.

ГА берет множество параметров оптимизационной проблемы и кодирует их последовательностями конечной длины в некотором конечном алфавите – в нашем случае – это двоичный алфавит «0» и «1».

Предварительно простой ГА случайны м образом генерирует начальную популяцию строк (хромосом). Затем алгоритм генерирует следующее поколение (популяцию), с помощью трех основных генетических операторов:

- Оператор репродукции (ОР);
- Оператор скрещивания (кроссинговера, ОК);
- Оператор мутации (ОМ).

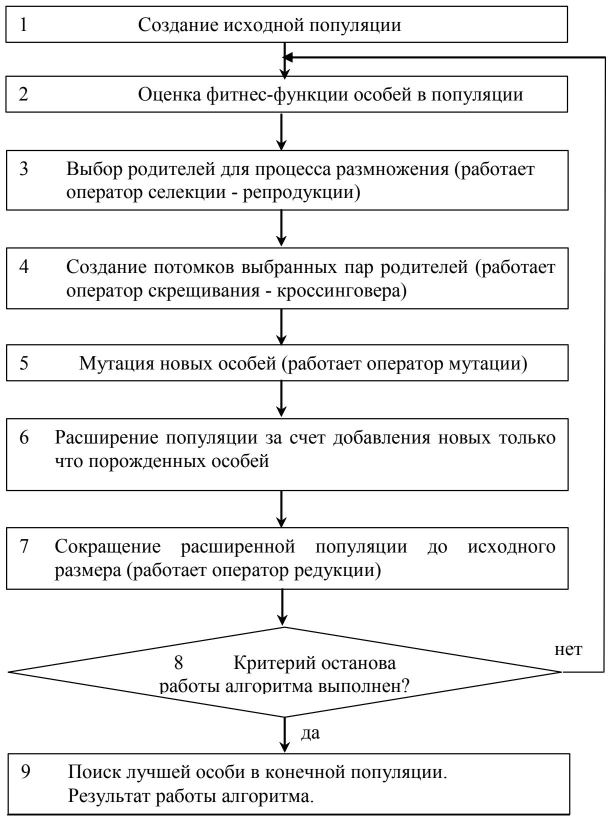

Рис. 2. Простой генетический алгоритм

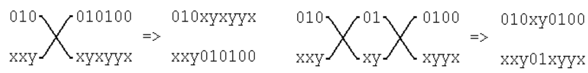

Рис. 3. Одно- и двух-точечный операторы кроссинговера

$$0100\mathbf{1}011 \rightarrow 0100\mathbf{0}011$$

Рис. 4. Классическая мутация бинарной строки

Генетические операторы являются математической формализацией трех основополагающих принципов естественной эволюции и отбора Дарвина, Менделя и де Вре.

ГА работает до тех пор, пока не будет выполнено заданное количество поколений (итераций) процесса эволюции или на некоторой генерации не будет получено заданное качество. В каждом поколении множество искусственных особей создается с использованием старых и добавлением новых с хорошими свойствами. Генетические алгоритмы - не просто случайный поиск, они эффективно используют информацию накопленную в процессе эволюции.

Для нашего примера, очевидно оптимальным решением является выбор для наблюдения двух моментов времени t=2 и t=4, поскольку, как видно из таблиц 3, 4 и 5, в эти такты различаются все пары состояний исправной и неисправной схемы. Конкретно в момент t=2 различаются следующие пары состояний: (B,a), (B,b), (B,c), (B,d), (C,a), (C,b), (C,c), (C,d). Аналогично в момент t=4 различаются: (A,a), (A,b), (A,c), (A,d), (D,a), (D,b), (D,c), (D,d).

Элегантным методом решения данной задачи выбора моментов времени является использование математического аппарата различающих функций, который обобщает понятие различающей функции (для комбинационных схем на схемы с памятью [1,2].

Определение 3. Определим различающую функцию $D^{MOT}_{f,X} : B^k \times B^k \to B$ для стратегии кратного наблюдения согласно [1,2,4] и определению 2 следующим образом:

$$D^{MOT}_{f,X} = \mathop{\vee}_{t=1}^{p} \mathop{\vee}_{j=1}^{m} [z_j(Y,t) \oplus z_j^f(Y^f,t)] \qquad (4)$$

для каждой неисправности f и входной последовательности X(1), X(2),…, X(p).

При этом необходимо найти минимально число различающих функций $D_{i1}, D_{i2}, ..., D_{ip}$ (каждая из которых соответствует своему моменту времени наблюдения**)**, дизъюнкция которых дает тавтологию $D_{i1} \vee D_{i2} \vee ... \vee D_{ip} \equiv 1$ **.** Для примера, представленного рис.1 для последовательности X=(1,1,1,1) мы получаем:
для первого такта имеем

$$\tilde{D}_f = D_f(t=1) = z(t=1) \oplus z_f(t=1) = y_1 \oplus y_{1н} = y_1 \overline{y_{1н}} \vee \overline{y_1} y_{1н}.$$

Для второго такта имеем

$$D_f(t=2) = z(t=1) \oplus z_f(t=1) = y_2 \oplus 0 = y_2,$$

что дает

$$D_f^{MOT} = D_f^{MOT}(t=1) \vee D_f^{MOT}(t=2) = y_1 \overline{y_{1н}} \vee \overline{y_1} y_{1н} \vee y_2$$

Для третьего такта получаем

$$D_f(t=3) = z(t=3) \oplus z_f(t=1) = y_1 \oplus 0 = y_1,$$

откуда следует

$$D_f^{MOT} = D_f^{MOT}(t=1) \vee D_f^{MOT}(t=2) \vee D_f^{MOT}(t=3) = y_1 \overline{y_{1н}} \vee \overline{y_1} y_{1н} \vee y_2 \vee y_1 = y_{1н} \vee y_2 \vee y_1.$$

Наконец для 4-го такта получаем

$$D_f(t=4) = z(t=4) \oplus z_f(t=4) = \overline{y}_2 \oplus 0 = \overline{y}_2$$

что ведет к

$$D_f^{MOT} = D_f^{MOT}(t=1) \vee D_f^{MOT}(t=2) \vee D_f^{MOT}(t=3) \vee \vee D_f^{MOT}(t=4) == y_{1н} \vee y_2 \vee y_1 \vee \overline{y}_2 = 1$$

При выборе моментов наблюдения $t=2$ и $t=4$ получаем тавтологию $\tilde{D}_{2,4} = D_2 \vee D_4 = y_2 \vee \overline{y}_2 \equiv 1$**.**

Таким образом, получаем минимальное множество моментов времени наблюдения.

После выбора моментов наблюдения необходимо определить выходные реакции в эти моменты времени для исправной и неисправной схемы, что решается с помощью многозначного моделирования схемы на полученной тестовой последовательности [1,2]. Для нашего примера выходные реакции на входную тестовую последовательность X=(1,1,1,1) для моментов наблюдения t=2 и t=4 при каждом возможном начальном состоянии исправной и неисправной схемы представлены в таблицах 6 и 7.

Таблица 6

Реакции в t=2 и t=4 исправной схемы

$S(y_1y_2)$	Z - выходные реакции t=2 и t=4
A(00)	01
B(01)	10
C(10)	10
D(11)	01

Таблица 7

Реакции в t=2 и t=4 неисправной схемы

$S(y_1y_2)$	$Z_н$ - выходные реакции t=2 и t=4
a(00)	00
b(01)	00
c(10)	00
d(11)	00

Из представленных таблиц видно, что в моменты времени исправная схема на входную тестовую последовательность X=(1,1,1,1) в моменты времени t=2 и t=4 может давать выходные реакции Z=(01,10). Эти выходные реакции необходимо хранить в качестве эталонных и сравнивать их при тестировании с выходными реакциями диагностируемой схемы в моменты времени t=2 и t=4. Необходимость хранить (и сравнивать в процессе тестирования) несколько эталонных выходных реакций, конечно, повышает требования к тестовой аппаратуре, но позволяет поднять полноту покрытия неисправностей при тестировании последовательностных схем.

Выводы. Для последовательностных схем число неисправностей, непроверяемых относительно одиночной классической стратегии наблюдения выходных сигналов, может быть достаточно большим. Так, например, для схем каталога ISCAS89 даже для одиночных константных неисправностей число таких неисправностей по некоторым данным [1,2] в среднем достигает 38%. В работе исходя из концепции стратегии кратного наблюдения выходных сигналов, исследована проблема выбора множества моментов времени наблюдения выходных сигналов в процессе

тестирования цифровых устройств с памятью. При этом рассмотрено два подхода:
- подход на основе задачи о покрытии, позволяющий решить задачу применением классического генетического алгоритма и соответствующих генетических операторов;
- подход на основе понятия различающей функции для последовательностных схем с учетом применения кратной стратегии наблюдения.

Можно сказать, что первый подход является более привлекательным для устройств большей размерности в силу применения эволюционного подхода.

Второй подход является более точным аналитическим методом, но тоже применим на практике для схем меньшей размерности.

Литература

1. Скобцов Ю. А. Моделирование, тестирование и диагностика цифровых устройств / Ю. А.Скобцов, Д. В.Сперанский, В. Ю.Скобцов. – Москва:Национальный открытый университет «ИНТУИТ», 2012. – 439с.
2. Скобцов Ю. А. Логическое моделирование и тестирование цифровых устройств / Ю. А.Скобцов, В. Ю. Скобцов..-Донецк:ИПММ НАНУ, ДонНТУ, 2005. –436с.
3. Mourad S., Zorian Y. Principles of testing electronic systems. – John Wiley&Sons,2000. – 420p.
4. Скобцов Ю. А. Структурно-аналитический подход в задачах диагностики синхронных последовательностных схем / Ю. А.Скобцов, Д. В.Сперанский // Электронное моделирование. – 1980. – №4. – С. 32 – 38.
5. Pomeranz I. The multiple observation time strategy / I.Pomeranz, S.M.Reddy // IEEE Transactions on Computers. – 1992. – Vol. 41, No.5. - P.627 – 637.
6. Y.A.Skobtsov, V.Y.Skobtsov Evolutionary test generation methods for digital devices // In Design of Digital Systems and Devices (Eds. Marian Adamski, Alexander Barkalov, and MarekWegrzyn). - Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2011. – Lecture Notes in Electrical Engineering. - Volume 79, 2011. - P.331-361.
7. Скобцов Ю. А. Двухуровневый алгоритм генерации проверяющих тестов для схем с памятью / Ю.А.Скобцов, В.Ю.Скобцов, Ш. Н.Хинди // Радіоелектронні і комп'ютернісистеми.-ХАІ:2009. – № 7. – с. 136 – 140.
8. Скобцов Ю. А. Основы эволюционных вычислений / Ю.А.Скобцов. Учебное пособие. – Донецк: ДонНТУ, 2008. – 326с.

References

1. Skobcov Ju. A. Modelirovanie, testirovanie i diagnostika cifrovyh ustrojstv / Ju. A.Skobcov, D. V.Speranskij, V. Ju.Skobcov. – Moskva:Nacional'nyj otkrytyj universitet «INTUIT», 2012. – 439s.
2. Skobcov Ju. A. Logicheskoe modelirovanie i testirovanie cifrovyh ustrojstv / Ju. A.Skobcov, V. Ju. Skobcov..-Doneck:IPMM NANU, DonNTU, 2005. –436s.
3. Mourad S., Zorian Y. Principles of testing electronic systems. – John Wiley&Sons,2000. – 420p.
4. Skobcov Ju. A. Strukturno-analiticheskij podhod v zadachah diagnostiki sinhronnyh posledovatel'nostnyh shem / Ju. A.Skobcov, D. V.Speranskij // Jelektronnoe modelirovanie. – 1980. – №4. – S. 32 – 38.
5. Pomeranz I. The multiple observation time strategy / I.Pomeranz, S.M.Reddy // IEEE Transactions on Computers. – 1992. – Vol. 41, No.5. - P.627 – 637.
6. Y.A.Skobtsov, V.Y.Skobtsov Evolutionary test generation methods for digital devices // In Design of Digital Systems and Devices (Eds. Marian Adamski, Alexander Barkalov, and MarekWegrzyn). - Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2011. – Lecture Notes in Electrical Engineering. - Volume 79, 2011. - P.331-361.
7. Skobcov Ju. A. Dvuhurovnevyj algoritm generacii proverjajushhih testov dlja shem s pamjat'ju / Ju.A.Skobcov, V.Ju.Skobcov, Sh. N.Hindi // Radioelektronni i komp'juternisistemi.-HAI:2009. – № 7. – s. 136 – 140.
8. Skobcov Ju. A. Osnovy jevoljucionnyh vychislenij / Ju.A.Skobcov. Uchebnoe posobie. – Doneck: DonNTU, 2008. – 326s.

Скобцов В. Ю. Кратна стратегія спостереження та визначення моментів часу спостереження вхідних сигналів в задачі генерації тестів

В роботі досліджена проблема вибору множини моментів часу спостереження вихідних сигналів у процесі тестування цифрових пристроїв з пам'яттю на побудованій тестової послідовності.. Застосовується концепція стратегії кратного спостереження вихідних сигналів послідовністних схем та відповідні визначення тестовновсті несправностей. Розглянуто два підходи: підхід на основі задачі про покриття, що дозволяє розв'язати дану проблему застосуванням класичного генетичного алгоритму та відповідних генетичних операторів, а також аналітичний підхід на основі поняття розрізняючої функції для послідовністної схеми з урахуванням застосування кратною стратегії спостереження вихідних сигналів. Перший метод є більш привабливим для пристроїв більшої розмірності в силу застосування недетермінованого еволюційного підходу. Другий підхід є більш точним аналітичним методом, але також застосовується на практиці для схем меншої розмірності.

Ключові слова: *Послідовністні цифрові схеми, побудова перевіряючих тестів, кратна стратегія спостереження, множина моментів часу спостереження, задача про покриття, генетичний алгоритм, розрізняюча функція*

Skovtsov V.Yu. Mulptiple observation time strategy and defining clocks set in the test generation problem

This paper investigates the problem of defining observation time clocks set of the output signals in the process of testing digital devices with memory on the generated test sequence. The concept of the multiple observation time strategy of the output signals of sequential circuits and the associated definitions of fault testability are used. We consider two approaches: approach of covering problem, allowing to solve this problem by classical genetic algorithm and related genetic operators, and the analytic approach based on the concept of distinguishing functions for sequential circuits applying a multiple observation time strategy of the output signals. The first method is more attractive for devices larger *dimension, by application of non-deterministic evolution approach. The second approach is more accurate analytical method, but it is also applicable in practice for circuits of smaller dimension.*

Keywords: *Sequential digital circuits, test generation, multiple observation time strategy, observation time clocks set, covering problem, genetic algorithm, distinguishing function*

Рецензент: ***Рач В.А.,*** д.т.н., професор.

Статтю подано 16.04.14