

Результати наведені у таблиці.

Таблиця 1

Похибка визначення геометричних розмірів для різних еталонних зображень

Похибка	Зразок рис. 3 а	Зразок Рис. 3 в	Зразок Рис. 3 д	Зразок Рис. 3 д	Зразок рис. 3 е	Зразок рис. 3 е
Середнє значення	11,1 %	8,9 %	15,9 %	11,1 %	16,5 %	15,6 %

Таким чином, з наведених даних видно, що похибка визначення геометричних розмірів об'єктів УЗД-зображення становить в середньому від 9 % до 36 %, залежно від розміру об'єкту, рівня зашумленості та особливостей зорової системи конкретного оператора.

Висновки

Отримано результати, що показують, що похибка визначення розмірів медичних об'єктів може складати понад 30 %, залежно від розміру досліджуваного об'єкту, рівня зашумленості, розмитості та індивідуальних особливостей зору. Як показано у роботі [6] похибка визначення розмірів об'єктів існуючих методів сегментації зображень може складати 5 %. Таким чином можна зробити висновок про доцільність використання методів постобробки зображень для автоматизації процесу параметризації УЗД-зображень та зменшення величини загальної похибки визначення геометричних параметрів за рахунок виключення суб'єктивної складової похибки інтерпретації зображення оператором.

Література

1. Красильников Н. Н. Функциональная модель зрения / Н. Н. Красильников, Ю. Е. Шелепин // Оптический журнал. 1997. Т. 64. № 2. С. 72–82.
2. Красильников Н. Н. Частотно-контрастная характеристика зрительной системы при наличии помех / Н. Н. Красильников, Ю. Е. Шелепин // Физиология человека. 1996. – Т. 22. – № 4. С. 33–38.
3. Муравьева С. В. Контрастная чувствительность зрительной системы человека / С. В. Муравьева, С. В. Пронин, Ю. Е. Шелепин // Экспериментальная психология, 2010, том 3, № 3, с. 5–20
4. Трифонов М. И. Исследование частотно-контрастной характеристики зрительной системы в условиях помех / М. И. Трифонов, В. Г. Шаревич, Ю. Е. Шелепин // Физиология человека. 1990. – Т. 16. – № 2. – С. 41–45.
5. Білінський Й. Й. Наукові праці ВНТУ [Електронний ресурс]. Проблеми і перспективи застосування методів візуального діагностування патології кульшового суглоба дітей / Й. Й. Білінський, А. О. Мельничук, О. В. Мельничук // 2009 р. 4 випуск – 4 с. – Режим доступу : <http://www.nbu.gov.ua/e-journals/VNTU/2009-4/2009-4.htm>.
6. Білінський Й. Й. Метод сегментації ультразвукових зображень на основі аналізу локальної статистики гістограм / Й. Й. Білінський, А. О. Мельничук, О. А. Чумак // Вісник вінницького політехнічного інституту, 2010. – № 6. – С. 102–107.

Надійшла 17.8.2011 р.

УДК 519.713

К.В. КОЛЕСНИКОВ, БУХАРІ РУДАКІ, Д.М. ПЕРЕЯСЛОВЕЦЬ
Черкаський державний технологічний університет

МОДЕЛЮВАННЯ ТА СИНТЕЗ ТЕСТІВ ДЛЯ ЦИФРОВИХ ПРОЄКТІВ НА ПЛІС

Рассмотрена стратегия тестирования сложных проектов цифровых систем, базирующаяся на технологии граничного сканирования сходящихся разветвлений (СР). Предложена процедура обратной суперпозиции для древовидных структур, повышающая скорость моделирования неисправностей для цифровых проектов на порядок. Проведен анализ структурных коллизий, связанных с обработкой СР, и обратных связей для верификации цифровых систем, реализованных в программируемой логике. Затраты времени на генерацию тестов и анализ их качества значительно сокращены.

Strategy of testing difficult projects of digital systems which are based on technology of boundary scanning of converging branchings are considered. Proposed inverse superposition procedure for tree structures, which increases the speed of fault simulation for complex digital projects on the order. The analysis of structural conflicts associated with the processing of verification difficult digital systems, which realized in programming logic. Expenses of time for generation the determined tests and the analysis of their quality it is reduced at least to the order.

Ключові слова: моделювання, тестування цифрових схем.

Постановка задачі

Методи моделювання пошкоджень в цифрових схемах із програмованою логікою існують не один рік. У зв'язку з безперервним зростанням ступеня інтеграції елементів на одному чипі, виникає потреба в

створенні таких методів і засобів синтезу тестів, які б будували вхідні послідовності та стовідсотково перевіряли поодинокі константні пошкодження.

Наразі розрізняють два основних методи побудови тестів: детермінований та псевдовипадковий.

Детермінований є недоцільним для обробки систем, що мають 10^6 - 10^7 вентилів, адже часові витрати на реалізацію цього методу становлять 10-100 годин процесорного часу.

Дієвість програмної реалізації псевдовипадкового методу на 80-90 % залежить від часу моделювання пошкоджень з метою визначення якості генерованих тестів.

Отже, проблема розробки швидкодіючих методів та алгоритмів моделювання поодиноких константних пошкоджень для визначення якості тестів проєктованих цифрових систем, котрі реалізовані в програмованій логіці (ПЛІС), є надзвичайно актуальною.

Предметом дослідження є цифрова система, яка реалізована в кристалах програмованої логіки, представлена у вигляді булевих рівнянь на мові опису апаратури VHDL, імплементована в кристали ПЛІС.

Мета поточного дослідження – розробка алгоритмів моделювання пошкоджень та детермінованого синтезу тестів, що спрямовані на мінімізацію часових затрат процедури верифікації складних цифрових систем.

Для верифікації вхідних послідовностей майже всі методи синтезу тестів для цифрових пристроїв і систем використовують засоби моделювання пошкоджень. Вони дозволяють оцінити якість покриття пошкоджень зазначеного класу шляхом генерації тестових наборів. Якщо об'єкт тестування містить сотні тисяч вентилів, то таке оцінювання вимагає значних часових затрат, інколи неприпустимих. Формули граничної оцінки обчислювальної складності паралельного, дедуктивного й сумісного алгоритмів аналізу пошкоджень підтверджують сказане [5]:

$$C_p = (b^2 / W) \times G^3;$$

$$C_d = b^2 \times q \times G^3;$$

$$C_s = a_0 n M \times b n a y K,$$

де b – число нееквівалентних пошкоджень; W – довжина комп'ютерного слова; G – кількість еквівалентних вентилів; q – середнє число вентилів, входи яких активізовані пошкодженнями на модельованому тест-наборі; a_0 – фактор активності n модулів схеми, які змінили свої значення на входах при подачі чергового тест-вектора, загальна кількість яких дорівнює M ; b – середнє число пошкоджень у модулі; a – фактор активності для загального числа дефектів bn ; y – фактор топології, який визначає кількість задіяних модулів при виконанні імплікації дефекту від місця виникнення до виходів пристрою; K – загальне число тестових наборів.

Отже, з наведених оцінок видно, що дедуктивний алгоритм менш ефективний, якщо значення q порівнянне з G . Цінність сумісного алгоритму визначена двома складниками: обробкою справної схеми й пошкодженої, що і формує два доданки вищезгаданої оцінки. Тому для лінійних схем обчислювальна складність сумісного моделювання рівна n^2 , а для квадратної топології об'єкта – $n^{3/2}$. Таким чином, позитивна якість виконання сумісного алгоритму передусім залежить від топології схеми, а точніше від кількості ліній розгалужень, що сходяться.

Виділимо найсуттєвіші фактори – структурні колізії, що негативно впливають на швидкодію методів моделювання пошкоджень, а тому на ефективність процедур синтезу тестів: а) наявність у схемі розгалужень, що сходяться; б) глобальні обернені зв'язки; в) схемна надлишковість.

Щоб підвищити швидкодію методів тестування, усі зусилля дослідників, як правило, були спрямовані на пошук нових методів ефективної обробки згаданих структурних колізій.

У процес синтезу й імплементації з метою істотної модифікації та реконфігурації цифрової системи сучасні технології автоматизованого проєктування допускають засоби тестопридатності [1-3, 5]. Це означає, що можна розробляти та імплементувати засоби реконфігурування проєктованих цифрових систем і їхніх моделей з метою зменшення впливу структурних колізій, їхньої кількості у виробі, що розробляються, а, можливо, і цілковита ліквідація їх з проєктів. У межах розв'язання згаданої проблеми пропонується розробити нові технології:

- 1) структурного аналізу цифрових проєктів з метою визначення структурних колізій;
- 2) реконфігурування проєктованих виробів і їх моделей до й під час обробки;
- 3) розробки дедуктивно-паралельних методів оберненого моделювання константних пошкоджень і синтезу тестів;
- 4) верифікації розроблених технологій на прикладах структурного, функціонального й об'ємного різноманіття проєктованих цифрових систем підвищеної складності.

Процедура зворотної суперпозиції

Особливо доцільно враховувати негативний вплив розгалужень, що сходяться, на адекватність моделювання пошкоджень. У цьому випадку йдеться про можливість розгляду одномірних шляхів активізації пошкоджень у схемі. Така можливість дає підвищення швидкодії моделювання в десятки разів при відсутності розгалужень, що сходяться (РС). Ця закономірність пов'язана з тим, що операції над списками дефектів, що транспортуються, і мають обчислювальну складність $b^2 \cdot q \cdot G^2$, модифікуються. Натомість на одномірних шляхах активізації пошкоджень ліній деревоподібних підграфів приходиться

процедура зворотної суперпозиції, обчислювальна складність якої – $q \cdot G^2$:

5) з метою визначення вхідних дефектів, що перевіряються, на виході на тестовому наборі, виконується моделювання власних пошкоджень примітивів. Кінцевим результатом такого аналізу є вектор дефектів елемента, що перевіряється

$$L_i = (L_{i1}, L_{i2}, \mathbf{K}, L_{ij}, \mathbf{K}, L_{in_i}, L_i),$$

вхідні й вихідні координати котрого визначені в алфавіті $A=\{0,1,X, \emptyset\}$. Завершивши обробку примітивів, формується впорядкований за номерами виходів список векторів.

$$L = (L_1, L_2, \mathbf{K}, L_i, \mathbf{K}, L_n),$$

б) виконується процедура суперпозиції, починаючи з останнього елемента. Суть її полягає в послідовному об'єднанні векторів зі списку L з узагальненим вектором дефектів схеми L^* , що перевіряються, потужність якого дорівнює числу ліній у схемі n . Значення всіх його координат устанавлюються апріорі в стани, визначені виразом:

$$\forall_{j=1}^n L_j^* = \emptyset.$$

Далі здійснюється об'єднання всіх векторів примітивів, що мають зовнішні виходи на конектор:

$$L = L \cup L_i^Y$$

Наступний кандидат зі списку L повинен бути:

- а) попередником для вектора вже обробленого примітива;
- б) перетинання кандидата по його вихідній координаті з вектором L^* повинно бути непусте:

$$L^* = L^* \cup L_i \leftarrow L_j \mathbf{I} \quad L_{ij}^Y \neq \emptyset.$$

Приводячи процедуру до паралельних булевих операцій виконаємо кодування символів алфавіту двома розрядами $(A)=\{0=01, 1=10, X=11, \emptyset=00\}$. Тоді, при врахуванні ізоморфізму алгебри логіки й множин, згадана формула зворотної суперпозиції приймає вигляд:

$$L^* = L^* \vee L_i \leftarrow L_j \wedge L_{ij}^Y \neq \emptyset.$$

Аналіз структурних колізій

Перешкодою для використання процедури зворотної суперпозиції або зворотного простежування є неможливість виконання одномірної активізації. Проілюструємо це двома варіантами некоректності в наступному прикладі.

Приклад 1. З метою визначення множини дефектів, що перевіряються, на заданих тест-векторах за допомогою процедури зворотної суперпозиції, виконати аналіз схем (рис. 1)

Активізація пошкоджень для цих схем на лініях c і d дає некоректні результати їхньої перевірки.

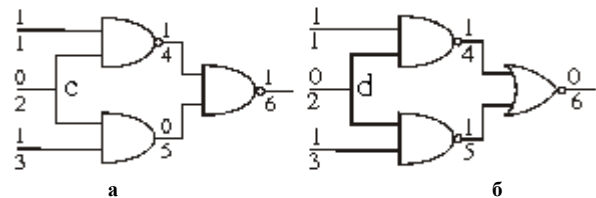


Рис. 1. Помилкова перевірка і перевірка дефектів

У схемі на рис. 1.а, використовуючи процедуру зворотного простежування, константне пошкодження 2^1 "перевіряється" на одномірному шляху 2-5-6. Слід зауважити, що при цьому не враховується те явище, що цей дефект змінює стан лінії 4 з 1 на 0, і це створює обставини заборони транспортування пошкодження на вихід схеми. Отже, пошкодження на лінії $c - 2^1$ є неправильно перевіреном на наборі (101) при розгляді його транспортування по одномірному шляху активізації.

Прикладом альтернативної ситуації є схема на рис. 1.б – до виходу 6 немає одномірного шляху транспортування дефектів із зовнішніх входів і зокрема від лінії d . Незважаючи на це, пошкодження на згаданій лінії $d - 2^1$ перевіряється, оскільки його присутність створює "кратний" дефект на лініях 4 і 5, який змінює стан вихідної лінії схеми.

У цих двох випадках є суттєва некоректність, яка не дозволяє використовувати тільки ідею одномірності при відстеженні шляху транспортування пошкоджень від виходів до входів схеми.

Однак, враховуючи те, що не коректність пов'язана винятково з розгалуженнями, що сходяться, потрібно виключити їх із моделі схеми, перетворивши її на деревоподібну. Оскільки таку видозміну зробити неможливо, не порушивши функціональні властивості проєктованого пристрою, то доцільно розділити аналіз цифрового пристрою на дві процедури. Перша спрямована тільки на обробку розгалужень, які сходяться. Слід зазначити, що кількість їх значно менша, ніж інших ліній. Друга – на моделювання пошкоджень ліній деревоподібних підграфів. Незначне й фіксоване число (близько 20 %) розгалужень, що сходяться, стає підґрунтям для їхнього моделювання дедуктивно-паралельним методом. Пріоритетне використання його по відношенню до інших методів пов'язане з фіксованою кількістю РС для конкретної схеми, яка укладається в ціле число форматів машинного слова, спрямованого на технологічні регістрові операції булевої алгебри. Крім того, паралелізм можна використовувати й для побудови апаратних акселераторів моделювання пошкоджень, де число розрядів регістрів для паралельних операцій можна

збільшити до декількох тисяч. Завдяки цьому можливе підвищення швидкодії моделювання в десятки й сотні разів.

Другий тип структурної колізії пов'язаний із виникненням генераторного режиму аналізу пошкоджень на лініях, що належать контурові зворотного зв'язку. Для справного моделювання визначаються стани всіх ліній стійкими й двійковими. Наступна ситуація є типовим прикладом виникнення такої колізії.

Приклад 2. Для схеми (рис. 2.а) виконати моделювання пошкоджень.

Попередній тест-вектор дорівнює 1, вхідний набір – 0. У форматі змінних (1,2,3) вектор справного моделювання схеми визначається у вигляді (100).

Для даного вектора дедуктивно-паралельна схема реконфігурується до структури, поданої на рис. 2.б.

Представимо результат моделювання пошкоджень для набору 100 у вигляді ітеративної матриці обчислення списків дефектів:

L_j	I_1	I_2	I_3	I_4
$L_2 = L_1 - L_3 + 2^1$	$1^0 2^1$	2^1	$1^0 2^1$	2^1
$L_3 = L_1 - L_2 + 3^1$	$1^0 3^1$	3^1	$1^0 3^1$	3^1

де $I_j (j = \overline{1,4})$ – стовпчики ітерацій, у кожному з яких містяться списки константних пошкоджень, що перевіряються, по виходах 2 і 3, котрі обчислюються по формулах, заданих у стовпчику L_j .

На прикладі чотирьох ітерацій зафіксований генераторний режим для дефекту 1^0 на виходах 2 і 3, який полягає в тому, що він регулярно з'являється, але на виході його вплив зникає.

Ця ситуація вимагає корегування списків пошкоджень, що перевіряються, за наступним **правилом**: пошкодження, яке один раз зникло на деякій ітерації моделювання, повинно бути виключене з ітерацій, що перевіряються на заданому тесті.

Застосовуючи правило до розглянутого прикладу, варто виключити вже на другій ітерації з розгляду дефект 1^0 . Тоді виконання ітерації I_3 формує остаточний список пошкоджень, які перевіряються, на тест-векторі 100:

$$L = \{2^1, 3^1\}.$$

Суть генераторного режиму на фізичному рівні полягає у відсутності вихідних умов перевірки 1^0 , оскільки стани виходів 2 і 3 при відсутності й наявності даного пошкодження не відрізняються:

$$[(T = 100) \Rightarrow (Y_2 = 0) \& (Y_3 = 0)] \cap [(T(1^0) = 0XX) \Rightarrow (Y_2 = X) \& (Y_3 = X)] \neq \emptyset$$

Приклад 3. На вхідному наборі 01 для тригерної схеми (рис. 3) виконати дедуктивно-паралельне моделювання дефектів.

Шляхом реконфігурування тригерної структури (рис. 3) на тест-векторі 0111 отримана дедуктивно-паралельна схема (рис. 4). На даному наборі також виникає генераторний режим при наявності дефекту 1^1 :

L_j	I_1	I_2	I_3	I_4
$L_3 = L_1 - L_4$	$1^1 3^0$	3^0	$1^1 3^0$	3^0
$L_4 = L_3 + L_2$	$1^1 2^0 3^0 4^0$	$2^0 3^0 4^0$	$1^1 2^0 3^0 4^0$	$2^0 3^0 4^0$

Остаточний список дефектів, які перевіряються на тест-векторі 0111, з урахуванням корегування має вигляд $L_4 = \{2^0, 3^0, 4^0\}$.

У цьому випадку вже фізична причина виключення 1^1 полягає в ініціюванні збереження стану на лініях 3 і 4 при виникненні згаданого дефекту, що означає нерозрізненість прояву пошкодження на зовнішніх виходах схеми. Дійсно, вектор справного поведіння дорівнює 0111, а наявність дефекту приводить до стану ліній схеми у вигляді 1111. Інакше кажучи, при відсутності або наявності дефекту на лініях 3 й 4 пошкодження не проявляються у формі різних сигналів.

Отже, існують дві структурні колізії, що проявляються у вигляді генераторного режиму списків пошкоджень на двох сусідніх ітераціях, у контурах зворотних зв'язків, які є наслідком наявності пошкодження. Це пошкодження повинно бути виключене зі списку виявлених на розглянутому тест-векторі тому, що:

- при відсутності й наявності даного пошкодження стани виходів, за якими спостерігають, не відрізняються;
- виникає генераторний режим справного поведіння, що призводить до невизначеного

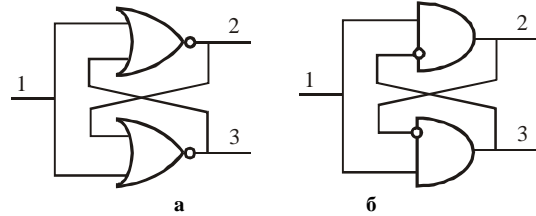


Рис. 2. Схема тригера і його дедуктивна модель

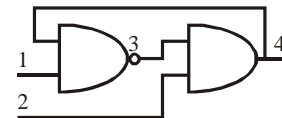


Рис. 3. Тригерна схема

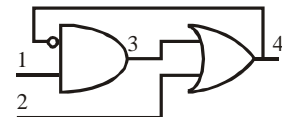


Рис. 4. Дедуктивно-паралельна схема

статичного стану виходів, за якими спостерігають.

Висновки

Показана стратегія тестування складних проектів цифрових систем, яка стоїть на засадах використання технології граничного сканування розгалужень, що сходяться, і вносять суттєві незручності в процес синтезу тестів та моделювання пошкоджень константного типу. Використання даної стратегії дозволяє значно зменшити часові витрати на генерацію детермінованих тестів і аналіз їх якості. Для підвищення швидкодії алгоритмів тестування запропоновані рішення, суттєві для автоматизації проектування тестового забезпечення:

1) процедура зворотної суперпозиції для деревоподібних структур, що дає можливість підвищити швидкодію моделювання пошкоджень для складних цифрових проектів в декілька разів;

2) аналіз структурних колізій, які пов'язані з опрацюванням РС, і зворотних зв'язків для можливості локалізації сфери їхнього негативного впливу на процес моделювання пошкоджень і синтезу тестів.

Література

1. Хаханов В. И. Моделирование и синтез тестов для цифровых схем с граничным сканированием /В. И.Хаханов, К. В. Колесников, А. Н. Парфентий, И. В.Хаханова // Радиоэлектроника и информатика. – 2003. – № 2. – С. 72–79.

2. Hahanov V.I. The Digital Circuit Models and Data Structure for High Performance Fault Simulation. – / V. Hahanov, O. Skvortsova, K. Kolesnikov, A. Parfenty // 10-th International Conference. Mixed Design of Integrated Circuits and Systems. – Poland. – Wroclaw. – 2003. – P. 334–339.

3. Колесников К. В. Методи синтезу тестів верифікації для цифрових ПЛІС-систем. / К. В. Колесников, М. В. Поліщук // Вісник Черкаського державного технологічного університету. – 2004. – № 3. – С. 59–66.

4. Kolesnikov K. V. ASFtest – testbench generator for extended finite state machines./ K. V. Kolesnikov, E. Kovalyov, O. Skvortsova, A. Babaev, Y. Mirosnichenko // Proceedings of IEEE East-West Design & Test Workshop (EWDWTW'05). Odessa, Ukraine, 15–19 September. Kharkov: KHNURE., ISBN 966-659-113-8. P. 280–281.

5. Колесніков К. В. Дедуктивні методи створення тестів верифікації систем на ПЛІС / К. В. Колесніков, С. Д. Петренко // Вісник Черкаського державного технологічного університету. – 2008. – № 3. – С. 107–112.

Надійшла 20.8.2011 р.

УДК 004.932

Д.Д. ПЕЛЕСЬКО, Н.О. КУСТРА, А.В. КЛЮВАК

Ну «Львівська Політехніка»

КОНЦЕПЦІЯ УСУНЕННЯ СПОТВОРЕНЬ ЗОБРАЖЕННЯ, ВИКЛИКАНИХ РУХОМ ОКРЕМИХ ОБ'ЄКТІВ

Дана робота присвячена змазам ділянок зображень від руху одиночних об'єктів. Цей тип спотворення зображення виникає при експонуванні об'єкта, що швидко рухається, на нерухомому фоні. Розглядається концепція усунення такого типу спотворень зображень. Основна думка полягає в тому, що деконволюція спотвореної ділянки зображення повинна проводитись на штучно затемненому фоні.

This work is devoted the blur areas of images from the movement of single object. This type of distortion occurs when exposure of the object that is moving rapidly on the stationary background. The basic idea is that deconvolution distorted image areas should be conducted on artificially darkened background.

Ключові слова: розмиття, деконволюція, уявна область, рухомі об'єкти.

Постановка задачі

В процесі експонування зображень з ними можуть відбуватися різноманітні спотворення: зашумлення, розфокусування, спотворення рухом. Але найчастіше комбінація цих видів спотворення. Спотворення від руху можуть виникати у трьох варіантах:

- Рух камери при нерухомій сцені
- Рух одного чи декількох об'єктів при нерухомій камері
- Рух одного чи декількох об'єктів при рухомій камері.

Метод усунення спотворень за другим варіантом є предметом дослідження в даній роботі.

Аналіз досліджень та публікацій

Усунення наслідків руху є об'єктом численних досліджень у всьому світі. Дуже непогані результати показують сучасні алгоритми деконволюції (усунення розмиття) зображень, спотворених рухом камери при