

УДК 004.054

М.О. ГУМЕНЮК, В.В. МАРМОЛЮК, В.М. ЧЕШУН
Хмельницький національний університет**МОДЕЛЬ ТА ОЦІНОЧНІ ФУНКЦІЇ ПІДГОТОВКИ ДАНИХ ДЛЯ АДАПТИВНОГО ДИНАМІЧНОГО СИНТЕЗУ ДИСКРЕТНИХ ТЕСТІВ ЦИФРОВИХ ПРИСТРОЇВ**

В роботі представлено елементи математичної моделі і систему оціночних функцій, що використовуються для апріорної перевірки вхідних даних при розробці умовних алгоритмів діагностування, орієнтованих на реалізацію адаптивного динамічного синтезу дискретних тестів апаратними засобами мікропрограмних генераторів тестових послідовностей для діагностування цифрових пристроїв.

Ключові слова: тестова діагностика, синтез тестів, математична модель, цифрові пристрої.

M.O. GUMENYUK, V.V. MARMOLYUK, V.M. CHESHUN
Khmelnytskyi National University, Ukraine**MODEL AND DATA-READINESS FUNCTIONS FOR ADAPTIVE DYNAMIC SYNTHESIS OF DISCRETE TEST FOR DIGITAL DEVICES**

Abstract - The work deals with the preparation of data for the development of diagnostics algorithms with control of conditions, which are focused on the implementation of the automatic adaptive test generation process for digital devices. In the work considered the problems that may arise during the organization process of testing digital devices using fixed of input data. is selected elements of the mathematical model and the system of data-readiness functions, that are designed to verify input data for development of discrete test for digital devices. The results are the basis for the development of algorithmic synthesis of discrete systems provide test hardware and can be used in problems of test-optimization.

Keywords: diagnostics test, test generation, mathematical model, digital devices.

Вступ

Дослідження сучасних цифрових пристроїв (ЦП) як об'єктів діагностування (ОД) показує, що поточний етап розвитку цифрової техніки характеризується широкомасштабним використанням надвеликих інтегральних схем (НВІС), що зумовлює потребу у використанні для діагностування зазначених компонентів надзвичайно великих тестових послідовностей. Великі розмірності тестових послідовностей призводять до збільшення тривалості процесу діагностування і зменшення продуктивності технічних засобів діагностування.

Проведений аналіз показав, що довжина тестових послідовностей, які використовуються для діагностування ЦП з НВІС, може бути значним чином зменшена за рахунок поступового їх формування в процесі діагностування з урахуванням результатів попередніх перевірок. Такий підхід є характерним для умовних (адаптивних) алгоритмів діагностування, які базуються не на використанні однозначно заданої тестової послідовності, а передбачають її формування на підставі аналізу отримуваних в процесі діагностування відповідних реакцій ОД згідно із умовами, які перевіряються на фіксованих етапах процесу тестування [1].

Інша проблема зумовлена стрімким зростанням робочих частот цифрових пристроїв, що призводить до збільшення питомої ваги несправностей динамічного типу, локалізація яких є можливою лише при проведенні тестових перевірок на максимальних робочих частотах ОД. Оскільки програмна обробка відповідних реакцій не може бути реалізована з необхідною швидкістю, постає задача їх повної апаратної реалізації. На сьогоднішній день існують окремі рішення цієї задачі [1, 2], але вони характеризуються досить великою складністю.

Проведені дослідження показують, що існує принципова можливість забезпечити необхідну для реалізації умовних алгоритмів діагностування продуктивність і функціональну гнучкість генераторів тестів за умови застосування при їх розробці принципів дії мікропрограмних автоматів.

Модель діагностичного процесу

За основу для математичної моделі взято математичний апарат, описаний в [3].

Процес тестових випробувань будь-якого цифрового вузла має за мету встановлення його технічного стану шляхом аналізу відповідних реакцій, що надходять з ОД при подачі на вхідні контрольні точки векторів тестових впливів. Тобто, для моделювання процесу тестування ОД необхідний інструментарій для опису станів ОД, використовуваних в процесі діагностування векторів тестових впливів та отримуваних векторів відповідних реакцій. Особливістю тестування ОД з елементами пам'яті, до числа яких на сьогоднішній день відносяться майже всі ЦП, є те, що майже будь-яка їх елементарна перевірка потребує застосування не окремого тест-вектора, а їх множини, тобто, блоку тест-векторів. Кожен блок характеризується фіксованою послідовністю розташування в ньому утворюючих тест-векторів. Аналогічно, в результаті подання на ОД послідовності тест-векторів очікуваним є отримання послідовності векторів відповідних реакцій (блоку векторів відповідних реакцій).

Отже, до математичної моделі включаємо суттєві для поставленої задачі елементи опису можливих станів ОД, блоків тестових векторів і еталонів відповідних реакцій, сформувавши їх на основі теорії множин.

$L: \{y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_n\}$ – множина можливих станів ОД, де y_i – стани ОД ($i=1, 2, \dots, n$), що визначаються наявністю або відсутністю в його структурі дефектів; $n = |L|$ – кількість досліджуваних станів.

$T: \{t_1, t_2, \dots, t_i, \dots, t_k\}$ – множина блоків тест-векторів, призначених для розробки алгоритму перевірки ОД, де t_i – i -й блок тест-векторів, що належить вказаній множині; k – кількість блоків тест-векторів, $k = |T|$.

$R^{em}: \{r_1^{em}, r_2^{em}, \dots, r_i^{em}, \dots, r_k^{em}\}$ – множина еталонних значень блоків векторів відповідних реакцій, що формуються для кожного блоку $t_i \in T$ моделюванням роботи ОД в справному стані (як правило, це $y_1 \in L$).

Метою кожного елементарного випробування ОД із застосуванням будь-якого блоку тест-векторів $t_i \in T$ є спростування гіпотези про можливість знаходження досліджуваного ОД в одному або декількох з станів $y_m \in L$. Спростування (або підтвердження) гіпотези про можливість знаходження досліджуваного ОД в стані $y_m \in L$ виконується за результатами порівняння отримуваних для блоку тест-векторів $t_i \in T$ відповідних реакцій ОД r_i із заздалегідь визначеними для $t_i \in T$ еталонами відповідних реакцій ОД $r_i^{em} \in R^{em}$.

Для автоматизації процесу синтезу алгоритмів діагностування і обробки отримуваних результатів введемо булеву ознаку ϕ_m^i , значення якої будемо визначати для $t_i \in T$ і $y_m \in L$ за правилом:

$$\begin{cases} \phi_m^i = 0, & \text{якщо } r_i = r_i^{em}; \\ \phi_m^i = 1, & \text{якщо } r_i \neq r_i^{em}. \end{cases} \quad (1)$$

Фактично, за результатами елементарного випробування із застосуванням блоку тест-векторів $t_i \in T$ множина допустимих на n -му етапі станів ОД L^n за ознакою ϕ_m^i може бути розділена на дві підмножини: $L_0^n(t_i)$ і $L_1^n(t_i)$ (нижній індекс відповідає значенню ϕ_m^i); $L_0^n(t_i) \cap L_1^n(t_i) = 0$, $L_0^n(t_i) \cup L_1^n(t_i) = L^n$. За таких умов, при отриманні у відповідь на $t_i \in T$ значення $r_i = r_i^{em}$ спростується гіпотеза про можливість знаходження ОД в будь-якому зі станів, що входять до множини $L_1^n(t_i)$, і навпаки, при отриманні у відповідь на $t_i \in T$ значення $r_i \neq r_i^{em}$ спростується гіпотеза про можливість знаходження ОД в будь-якому зі станів, що входять до множини $L_0^n(t_i)$. Якщо на певному етапі діагностичного експерименту отримується множина допустимих станів $|L_0^n|=1$ (або $|L_1^n|=1$), це свідчить про ідентифікацію стану ОД $y_m \in L$.

В ряді діагностичних задач, зокрема, при перевірках ОД з урахуванням особливостей прояву несправностей динамічного типу, потрібно враховувати як здатність окремих блоків тест-векторів ініціювати прояв несправностей, так і відповідну здатність у перехідних процесів при зміні блоків тест-векторів [3]. Для відображення відповідної властивості у сукупності t_i-t_j послідовно подаваних блоків тест-векторів $t_i \in T$ і $t_j \in T$ введемо булеву ознаку ψ_m^{ij} , значення якої будемо визначати відносно стану ОД $y_m \in L$ за правилом:

$$\begin{cases} \psi_m^{ij} = 0, & \text{якщо при } \phi_m^i = 0 \quad r_j = r_j^{em}; \\ \psi_m^{ij} = 1, & \text{якщо при } \phi_m^i = 0 \quad r_j \neq r_j^{em}. \end{cases} \quad (2)$$

Ознаки ψ_m^{ij} набувають актуальності, якщо для процесу діагностування відносно певних елементів $y_m \in L$, $t_i \in T$ і $t_j \in T$ допустимі ситуації, коли $\phi_m^i \neq \psi_m^{ij}$.

За потреби наочного відображення особливостей розроблюваного алгоритму діагностування і контрольованих в ньому умов зручною у використанні є графічна модель у вигляді бінарного дерева рішень [4].

В якості прикладу проведемо синтез із множини блоків тест-векторів $T: \{t_1, t_2, t_3, t_4, t_5\}$ бінарного дерева рішень умовного алгоритму діагностування за наявності шести можливих станів ОД $L: \{y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, y_6\}$. Дані булевих ознак ϕ_m^i і ψ_m^{ij} щодо можливості розрізнення станів ОД наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Вихідні дані для розробки алгоритму діагностування

y_m	ϕ_m^1	ϕ_m^2	ϕ_m^3	ϕ_m^4	ϕ_m^5	ψ_m^{11}	ψ_m^{12}	ψ_m^{13}	ψ_m^{14}	ψ_m^{15}	ψ_m^{21}	ψ_m^{22}	ψ_m^{23}	ψ_m^{24}	ψ_m^{25}	ψ_m^{31}	ψ_m^{32}	ψ_m^{33}	ψ_m^{34}	ψ_m^{35}	ψ_m^{41}	ψ_m^{42}	ψ_m^{43}	ψ_m^{44}	ψ_m^{45}	ψ_m^{51}	ψ_m^{52}	ψ_m^{53}	ψ_m^{54}	ψ_m^{55}	
y_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
y_2	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
y_3	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
y_4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
y_5	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0
y_6	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Бінарне дерево рішень одного з можливих варіантів реалізації умовного алгоритму діагностування за наданими вхідними даними наведено на рис. 1.

Оціночні функції підготовки даних

З наведеного прикладу видно, що при побудові бінарного дерева рішень використано не всі елементи множини T , що свідчить про наявність надлишковості в наданих для розробки умовного алгоритму діагностування вихідних даних. З іншої сторони, можливими є ситуації, коли надані вихідні дані виявляються недостатніми для розробки умовного алгоритму діагностування із необхідними властивостями щодо можливості ідентифікації стану ОД із заданою точністю. Оскільки робота як з недостатнім, так і з надлишковим набором даних при розробці алгоритмів діагностування зумовлює зниження ефективності та збільшення вартості виконуваних робіт, виникає потреба проведення апіорної перевірки наявних даних, що може бути реалізовано із застосуванням введених в модель булевих ознак φ_m^i і ψ_m^{ij} . Нижче наведено функції, які дозволяють провести оцінку наданих для синтезу тестів даних на достатність та безнадлишковість.

Функція для визначення можливості досягнення заданої глибини діагностування при контролі за принципом «справний–несправний»:

$$\prod_{m=1}^L \left(\sum_{i=1}^{|T|} \left(\varphi_m^i + \sum_{j=1}^{|T|} \psi_m^{ij} \right) \right) > 0 \quad (3)$$

Функція для визначення можливості досягнення заданої глибини діагностування при діагностуванні з ідентифікацією стану ОД:

$$\prod_{m=1}^L \prod_{l=m+1}^L \sum_{i=1}^{|T|} \left(\left(\varphi_m^i \oplus \varphi_l^i \right) + \sum_{j=1}^{|T|} \left(\psi_m^{ij} \oplus \psi_l^{ij} \right) \right) > 0 \quad (4)$$

Функція для визначення можливості розрізнення станів ОД $y_m \in L$ та $y_l \in L$ блоками тест-векторів $t_i \in T$:

$$\sum_{i=1}^{|T|} \left(\left(\varphi_m^i \oplus \varphi_l^i \right) + \sum_{j=1}^{|T|} \left(\psi_m^{ij} \oplus \psi_l^{ij} \right) \right) > 0 \quad (5)$$

Функція для виявлення надлишкових блоків тест-векторів, усунення яких не змінює досягнутої глибини діагностування:

$$(\forall j \neq i) \& (\forall k \neq i) : \sum_{m=1}^{|L|} (\varphi_m^j - 1) * \varphi_m^i + \sum_{k=1}^{|T|} \sum_{m=1}^{|L|} \left((\psi_m^{jk} - 1) * \psi_m^{ik} + (\psi_m^{kj} - 1) * \psi_m^{ki} \right) = 0 \quad (6)$$

Висновки

На основі елементів запропонованої математичної моделі процедура синтезу бінарних дерев рішень, що є графічним відображенням умовних алгоритмів діагностування, відрізняється простотою і зручністю для автоматизованої алгоритмічної реалізації. Функції 3-6 є основою алгоритмів підготовки даних для реалізації автоматичного адаптивного динамічного синтезу дискретних тестів апаратними засобами мікропрограмного генератора тестових послідовностей при перевірці цифрових пристроїв різної складності.

Література

1. Чешун В.М. Реалізація умовних алгоритмів комбінованого діагностування апаратними засобами / В.М. Чешун // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах : збірник матеріалів конференції. – Хмельницький : ТУ Поділля, 1997. – С. 64–65.
2. Чорненький В.І. Алгоритми діагностування цифрових пристроїв апаратними засобами на базі штучних нейронних мереж / В.І. Чорненький, В.М. Чешун // Зб. наук. праць Військового інституту Київського НУ ім. Тараса Шевченка. – К. : ВІКНУ, 2010. – Вип. 27. – С. 154–161.
3. Самусев К.В. Математична модель для систематизації даних тестопридатного синтезу цифрових вузлів / К.В. Самусев, В.М. Чешун // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2004. – № 4. – С. 171–174.
4. Кормен Т.Х. Алгоритмы: построение и анализ / Т.Х. Кормен, Ч.И. Лейзерсон. Р.Л. Ривест, К. Штайн. – М. : Изд. дом «Вильямс», 2005. – 1296 с.

Рецензія/Peer review : 18.11.2015 р. Надрукована/Printed : 5.12.2015 р.
Рецензент: доктор технічних наук, проф. Мясіщев О.А.

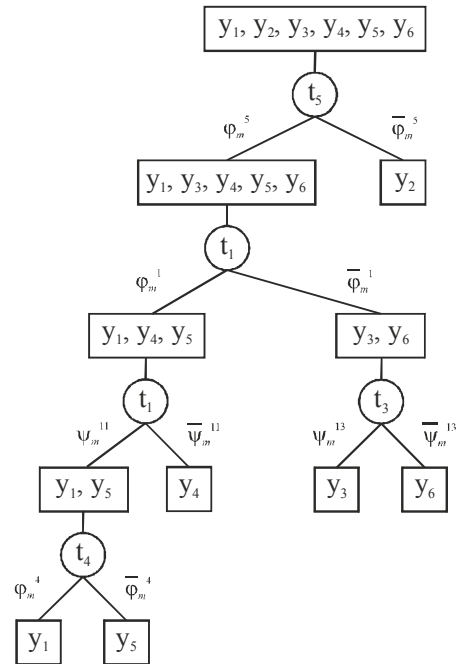


Рис.1. Бінарне дерево рішень умовного алгоритму діагностування