

ЗАСТОСУВАННЯ К-ЗНАЧНИХ АЛФАВІТІВ ПРИ РОЗРОБЦІ МНОГОЗНАЧНИХ ТЕСТІВ

*д-р техн. наук, проф. С.Ю. Леонов, магістр Л.В. Науменко,
Національний технічний університет "Харківський політехнічний
інститут", м. Харків*

Складність сучасних цифрових систем вимагає автоматизації проектування всіх етапів, включаючи моделювання і тестування, на логічному і функціональному рівні. Однією з головних проблем при створенні схем є перевірка їх правильної працездатності – знаходження несправностей або тестування. Актуальність цієї проблеми потребує детальнішого вивчення цього питання.

У теперішній час є багато методів та способів тестування цифрових систем. В основі всіх багатозначних алфавітів лежить класичний бінарний алфавіт $\{0,1\}$, який утворює разом з базисними логічними функціями булеву алгебру B_2 (далі, для простоти, двійковий алфавіт і булеву алгебру будемо позначати як B_2). В даному алфавіті досить добре моделюється статичну поведінку логічних схем для сталих значень сигналів. Він використовується в методах моделювання і генерації тестів, заснованих на використанні кінцевих автоматів, деяких ранніх методах побудови тестів, заснованих на побудові розрізняє функції і т.п. Однак виконавчі моделі не враховують перехідні процеси, що виникають при зміні значень вхідних сигналів і обумовлені тимчасовими характеристиками елементів. Крім того, їх використання змушує розглядати окремо справну і несправну схеми. В силу цього набули поширення алфавіти більшою значності, деякі з яких будуть розглянуті в цій статті. На даний момент існує декілька різних і, як правило, не мають між собою взаємозв'язку логік. В основі розробки більшості з них лежить евристичний підхід. Тобто, алфавіт будується на основі відображення процесів, що відбуваються в схемі. Наприклад, символи алфавіту вводяться для відображення невизначених значень, змін сигналів при перехідних процесах, умов поширення несправностей і т.п. У термінах побудованого алфавіту визначають табличним способом основні логічні функції. Такий підхід є неефективним, так як для кожного нового методу проектувальник змушений будувати свою систему багатозначних моделей. Крім того, це стримує розробку багатозначних моделей для ДУ досить високої складності, реалізованих на БІС і НВІС. Моделювання в різних багатозначних алфавітах вимагає розробки різних багатозначних моделей логічних елементів. Тобто для кожного алфавіту (і навіть способу його кодування) треба мати свої моделі логічних елементів. Якщо ми хочемо в системі мати програми моделювання в різних алфавітах, то при такому підході ми повинні розробити для кожного алфавіту свої моделі всіх логічних елементів. Це створює серйозні проблеми при розробці

систем моделювання і генерації тестів. Тому бажано побудувати єдину систему багатозначних моделей, яка дозволяла б проводити моделювання та генерацію тестів в основних багатозначних алфавітах (табл. 1).

Таблиця 1. Елементи 16-значного алфавіту

Елемент	Підмножина B_4	Кодування			
		x^0	$x^{D'}$	x^D	x^1
$\emptyset$	$\{\emptyset\}$	0	0	0	0
1	$\{1\}$	0	0	0	1
D	$\{D\}$	0	0	1	0
G1	$\{D \cup 1\}$	0	0	1	1
D'	$\{D'\}$	0	1	0	0
F1	$\{D' \cup 1\}$	0	1	0	1
D*	$\{D' \cup D\}$	0	1	1	0
D1	$\{D' \cup D \cup 1\}$	0	1	1	1
0	$\{0\}$	1	0	0	0
C	$\{0 \cup 1\}$	1	0	0	1
F0	$\{0 \cup D\}$	1	0	1	0
H	$\{0 \cup D \cup 1\}$	1	0	1	1
G0	$\{0 \cup D'\}$	1	1	0	0
E	$\{0 \cup D' \cup 1\}$	1	1	0	1
D0	$\{0 \cup D' \cup D\}$	1	1	1	0
u	$\{0 \cup D' \cup D \cup 1\}$	1	1	1	1

У табл. 1 показано універсальний 16-значний алфавіт B_{16} . В докладі використана більш досконала єдина система багатозначних алфавітів і функцій, заснована на універсальній 16-значній логіці B_{16} . На основі синтезу систематичного підходу до побудови багатозначних логік і 16-значної логічної системи, розроблений єдиний підхід, що дозволяє на базі довічного алфавіту $B_2 = \{0,1\}$ отримати основні багатозначні логіки, застосовувані в методах побудови тестів і моделювання. Нехай $A = \{a_1, a_2, \dots, a_k\}$ – довільний K -значний алфавіт; $F = (f_1, f_2, \dots, f_m)$ – множина K -значних функцій n змінних, де f_i є відображенням $f_i: A^n \rightarrow A$ для $i = 1, 2, \dots, m$. Сукупність A і F утворює K -значну логіку. Запропоновано два способи отримання нової багатозначної логіки шляхом розширення деякої вихідної логіки (A, F) до більш потужної по значності логіки. При першому способі новий алфавіт A виходить як підмножина деякого декартового вихідного алфавіту $A : A \sim \subseteq A \times A \times \dots \times A$. Наприклад, таким чином 4-значний алфавіт B_4 отриманий із двійкового алфавіту B_2 : $B_4 = B_2 \times B_2 =$

$\{00, 01, 10, 11\} = \{0, D', D, 1\}$. Другий спосіб полягає в тому, що новий алфавіт A є деякою підмножиною елементів вихідного алфавіту: $A \sim \subseteq 2A$. Довільний елемент a_i алфавіту A утворюється як неупорядковане підмножина елементів алфавіту A . Наприклад, таким способом 5-значний алфавіт $E5 = \{0, 1, E, H, u\}$ виходить з розглянутого вище 4-значного алфавіту $B4 = \{0, D', D, 1\}$. При цьому $0 = \{0\}$ – статичний нуль, $1 = \{1\}$ – статична одиниця, $E = \{0 \cup D' \cup 1\}$ – зміна сигналу з 0 в 1, $H = \{0 \cup D \cup 1\}$ – зміна сигналу з 1 в 0, $u = \{0 \cup D' \cup D \cup 1\}$ – невизначене значення сигналу. В якості базового алфавіту приймається 4-значний алфавіт $B4 = \{0, D', D, 1\}$. На його основі за допомогою описаних вище методів будуються інші багатозначні алфавіти (причому не тільки більшою значності). Елементи алфавіту $B4$ мають наступну інтерпретацію: $0 (1) = 00 (11)$ – значення сигналів рівні; $D' (D) = 01 (10)$ – значення сигналів в різних логічних станах ДУ або в різні моменти часу. Таким чином, на основі алфавіту $B4$ будувється другим способом 16-значний алфавіт $B16$. Даний алфавіт є підмножиною алфавіту $B4$: $B16 = 4 \cdot B4$. 16-значний алфавіт є базовим для задач побудови тестів і моделювання в логічних схемах, так як його елементи відображають всі основні можливі ситуації, що виникають на лініях схеми.

Розглянемо особливості виконання основних етапів генерації тестів в універсальному алфавіті $B16$. Спочатку доцільно зняти невизначеність, використовуючи тільки структурні властивості схеми і значення місцеположення несправності, тобто виконати так звану структурну імплікації. Алфавіт $B16$ представляє для цього великі можливості, ніж інші алфавіти. Розглянемо це на прикладі схеми, зображеної на рис. 1 для несправності $x_6 \equiv 0$.

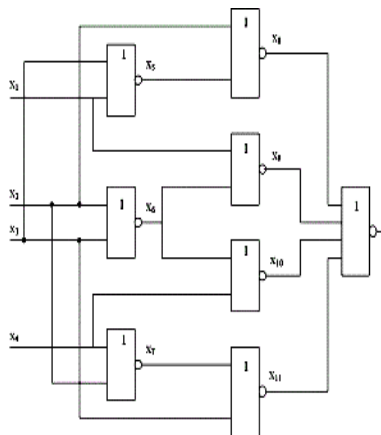


Рис. 1. Принципова схема для побудови тесту у 16-значному виді

Спочатку вважаємо $x_6 = D$. Схема має один вихід, тому вважаємо $f = D$. Однак, тут існує два шляхи від місця несправності до виходу схеми і заздалегідь невідомо, який з них буде активізований. Тому вважаємо $x_9 = u$, $x_{10} = u$. На всі інші елементи несправність не впливає і тому $x_1 = x_2 = x_3 = x_4 = x_5 = x_7 = x_8 = x_{11} = C$.

Після виконання імплікації, отримаємо $x_1 = x_2 = x_3 = x_4 = 0$, $x_5 = x_7 = 1$, $x_6 = D$, $x_9 = x_{10} = D$, $x_8 = x_{11} = 0$ і $f = D$. Таким чином, в даному випадку тест знаходиться однозначно, на відміну, наприклад, від D-алгоритму, де є потреба у перебір. Використання при генерації тестів алфавітів великий значності дозволяє більш точно описати можливі комбінації значень сигналів в справному та несправному пристрої і, отже, ефективніше проводити активізацію шляхів в схемі. Підвищення потужності алфавіту може також зменшити перебір варіантів при пошуку рішення. Наприклад, можливі ситуації, коли побудова тесту в алфавіті B6 відбувається з перебором, а в алфавітах більшою значності тест будується без перебору. Алфавіт B16 дає максимальний дозвіл.

Як вже зазначалося вище, багатозначні алфавіти не дозволяють природним чином моделювати перешкоди, викликані диференціальними зв'язками між компонентами дискретних пристроїв. На відміну від багатозначних алфавітів, K-значне диференціальне числення дозволяє це зробити без особливих проблем. Дослідження працездатності проєктованих цифрових пристроїв з обліків динаміки перехідних процесів в окремих блоках, а також з урахуванням впливу полів від зовнішніх і внутрішніх джерел, що викликають перешкоди в роботі цих пристроїв, можна зробити тільки використовуючи моделі, що описують диференціальні зв'язки, що виконується за допомогою K-значних диференціальних рівнянь, що дозволяють описувати зміни фронтів сигналів в часі.

Використання системи моделювання на основі K-значного диференційного числення дозволяє в даному випадку отримувати більш повну якісну і кількісну характеристику збоїв в порівнянні з існуючими системами багатозначного моделювання, в яких немає можливості представляти квантований по амплітуді логічний сигнал в K-значному алфавіті. Тестування перехідних процесів та затримок на шляхах за допомогою 16-значного алфавіту є ефективним тому, що через властивості багатозначної логіки, відразу враховуються сигнали до і після встановлення в схемі і виходять тести перевіряючі дані несправності. Слід провести більш докладніший аналіз ефективності даного методу на більш складних схемах і можливо виявити умови успішного отримання тесту. А також розробити метод тестування, де буде враховуватися не тільки облік реальних часових характеристик перехідних проєктів, а також усі динамічні явища, які виникають при проєктуванні та моделюванні складних цифрових пристроїв.