УДК 681.518

МОДИФІКАЦІЯ МЕТОДУ ПРОГНОЗУ СИГНАТУР ДЛЯ СИНТЕЗУ КОНТРОЛЕПРИДАТНИХ ЦИФРОВИХ АВТОМАТІВ

С.В. Козелков[1], Ю.В. Стасєв[2], В.М. Тупкало[3]
([1]Національна академія оборони України, Київ,
[2]Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
[3]Інститут управління якістю Держспоживстандарту України, Київ)

Запропонований підхід до рішення задачі синтезу цифрових автоматів, заснований на принципі забезпечення функціональної контролепридатності за методом прогнозу сигнатур.

синтез, контролепридатність цифрових автоматів, метод прогнозу сигнатур

Вступ. Необхідність створення відмовостійких цифрових систем управління вимагає пошуку нових рішень задачі синтезу контролепридатних в реальному масштабі часу цифрових автоматів [1 – 5]. Відомим підходом до рішення задачі синтезу таких автоматів є реалізація ідеї прогнозу парності одиниць в коді вихідної реакції автомата [6]. Проте рішення задачі синтезу при цьому обмежене тільки тими автоматами, функція парності вихідних реакцій яких змінює своє значення в перебігу часу контролю. Крім того, при даному підході вузол контролю є ініціальним автоматом і, отже, для початку і відновлення процесу функціонального контролю обов'язково потрібна установка його початкового стану.

У роботах [7, 8] розвинений підхід до рішення задачі синтезу функціонально контролепридатних цифрових автоматів по методу прогнозу сигнатур. Проте задача вирішена тільки для випадку лінійних вихідних функцій автоматів. Повнота рішення задачі синтезу буде забезпечена, якщо відповідне рішення буде знайдено і для випадку криволінійних вихідних функцій, що і є **метою даної статті**.

Розв'язання задачі синтезу. В якості вихідній посилки рішення задачі синтезу для випадку криволінійних вихідних функцій встановимо, що прообразом шуканою криволінійною передбачено контролепридатної функції (ПКФ) є базова ПКФ (БПКФ) з відомого набору. Тоді на підставі аксіоми вибору Цермело [3], якщо задано деяку множину (набір) непорожніх множин (значень БПКФ на вибраному інтервалі), то існує «функція вибору», яка кожній з цих множин зіставляє який-небудь його елемент.

Оскільки аксіома Цермело затверджує єдине представлення функції вибору для всієї безлічі непорожніх множин, то з урахуванням того, що в рамках відомого підходу до рішення задачі забезпечення функціональної контролепридатності цифрових автоматів основою всіх макро- і мікрооперацій є елементарна арифметична операція, доведемо твердження про функцію вибору по Цермелу щодо поняття множини сигнатурних передбачено контролепридатних функцій.

Твердження 1. Рівність $\operatorname{sig} H(A+B)=H(\operatorname{sig} A+\operatorname{sig} B)$ існує тоді і тільки тоді, коли для сигнатур (sig) чисел A і B справедлива суперпозиція щодо операції арифметичного складання.

Доказ. Оскільки для рівності справедливо

$$\operatorname{sig}((A+B)\oplus A\oplus B)=(\operatorname{sig} A+\operatorname{sig} B)\oplus \operatorname{sig} A\oplus \operatorname{sig} B,$$

а операція утворення сигнатур лінійна щодо операції складання по модулю два для будь-яких A і B, та дана рівність переходить в рівність

$$\operatorname{sig}(A+B)=\operatorname{sig} A+\operatorname{sig} B,$$

що і потрібно було довести.

Таким чином, якщо вибрано сигнатурне примітивно-рекурсивне перетворення будь-якої відомої БПКФ, то суть рішення задачі синтезу контролепридатних цифрових автоматів (ЦА) за методом прогнозу сигнатур для випадку криволінійних вихідних функцій зводиться до визначення такого вхідного алфавіту (послідовності двійкових векторів) таблиці вихідних повністю визначеного ЦА, який був би дихотомічним впорядкованою множиною, але був рефлексивним, транзитивним, симетричним і відображав формальний перехід від сигнатур взаємних поліноміальних характеристик $H(\ldots+\ldots)$ сигнатурного примітивно-рекурсивного перетворення БПКФ до взаємних поліноміальних характеристик сигнатур відповідних чисел. При цьому правилом контролю повинна бути умова існування одержаної формалізованої рівності.

З метою рішення поставленої задачі доведемо таке твердження

Твердження 2. Для належності числа A до класу сигнатури числа B необхідно і досить, щоб

$$A=(B+\lambda_i)\oplus H(B+\lambda_i), \tag{1}$$

де $\lambda_i \in \Lambda$ – ідеал; $i=\overline{1,2^{n-m}}$; $m=\deg P(x)$.

Доказ. Необхідність визначена тим, що у разі приналежності чисел A і B до одного і того ж класу сигнатур відносно (1) маємо

$$\operatorname{sig} A\oplus \operatorname{sig} B=0=\operatorname{sig} B\oplus \operatorname{sig}(B+\lambda_i)\oplus \operatorname{sig} H(B+\lambda_i);$$

$$\operatorname{sig} B=\operatorname{sig}(B+\lambda_i)\oplus \operatorname{sig} H(B+\lambda_i)=\operatorname{sig}(B\oplus\lambda_i),$$

тобто остання рівність буде справедливою тоді і тільки тоді, коли $\lambda_i \in \Lambda$.

Достатність. Хай справедливо (1). Додамо по модулю два до обох частин цієї рівності $(B \oplus \lambda_i)$ і в результаті $A \oplus (B \oplus \lambda_i) = 0$ або $A \oplus B = \lambda_i$. Тоді при переході від чисел до їх сигнатур $\mathrm{sig}\,(A \oplus B) = 0$ або $\mathrm{sig}\,A = \mathrm{sig}\,B$, а ця рівність і потрібна.

Здійснимо рішення поставленої вище задачі. Як початкову функцію вибираємо лінійну функцію

$$A_{i+1} = A_i + C, \tag{2}$$

де $A_{i+1}, A_i, C = \mathrm{const}$ – двійкові вектори; $i = 1, 2, \ldots$ – такти ЦА, для якого сигнатурне примітивно-рекурсивне перетворення має вигляд

$$\mathrm{sig}\,H(A_{i+1} + A_i) = \mathrm{sig}\,\{H(A_i + A_i) \oplus H(A_i + C) \oplus H[C + H(A_i + A_i)]\}. \tag{3}$$

У контексті сформульованого завдання синтезу для (3) згідно із твердженням 1повинна виконуватися рівність

$$\begin{aligned} &H(\mathrm{sig}\,A_{i+1} + \mathrm{sig}\,A_i) \oplus H(\mathrm{sig}\,A_i + \mathrm{sig}\,A_i) = \\ &= H(\mathrm{sig}\,A_i + \mathrm{sig}\,C) \oplus H[\mathrm{sig}\,C + \mathrm{sig}\,H(A_i + A_i)]. \end{aligned} \tag{4}$$

Враховуючи комутативність оператора перетворення взаємної поліноміальної характеристики, рівність (4) здійснима завжди, якщо

$$\mathrm{sig}\,A_{i+1} = \mathrm{sig}\,H(A_i + A_i) = \mathrm{sig}\,2A_i, \tag{5}$$

за умови

$$\mathrm{sig}\,C = \mathrm{sig}\,A_i. \tag{6}$$

На підставі твердження 2 з урахуванням (5) і (6) рішеннями (кінцевою множиною альтернативних рішень) поставленої задачі є кортежі двох видів:

$$Q_{ji} = \underset{\substack{j=1 \\ i=\mathrm{const}=1,2,\ldots,N}}{\overset{2^{n-m}}{<}} (2A_j + \lambda_i) \oplus H(2A_j + \lambda_i); \tag{7}$$

$$Q_{ji} = \underset{\substack{j=1 \\ i=\mathrm{const}=1,2^{n-m}}}{\overset{N}{<}} (2A_j + \lambda_i) \oplus H(2A_j + \lambda_i). \tag{8}$$

При цьому правилом сигнатурного контролю обох послідовностей є рівність (5).

Приведене приватне рішення задачі синтезу дозволяє зробити висновок про те, що контроль прогнозом сигнатур можливий для цілого сімейства криволінійних функцій, кожна з яких є результатом суперпозиції БПКФ і вибраного кортежу елементів ідеалу, тобто

$$F_{БПКФ_{i+1}} = \left(F_{БПКФ_i} + \lambda_i\right) \oplus H\left(F_{БПКФ_i} + \lambda_i\right). \quad (9)$$

Крім того, з (9) слідує і інший висновок: якщо $\lambda_i \in \Lambda$, а множину Λ трактувати як передбачено контролепридатний кортеж, то контроль прогнозу сигнатур можливий для цілого сімейства криволінійних функцій, кожна з яких є результатом суперпозиції пар, трійок, четвірок і т.д. БПКФ з відомого набору (множини).

Висновок. Отже, рішення сформульованої задачі синтезу ЦА з криволінійними конпролепридатними за методом прогнозу сигнатур вихідними функціями зводиться до відшукання деякої комутативної лінійної алгебри, яка повинна бути підалгеброю відомої сигнатурної алгебри [9]. При цьому основна множина шуканої алгебри повинна складати БПКФ, а операціями над цією множиною – операції суперпозиції, що породжують ПКФ.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Pinus A., Zhurkov S, The scales of computability potentials // F&P Mathematics. – 2003. – Vol. 9, no. 3. – P. 145-164.*
2. *Щербаков Н.С., Подкопаев Б.П. Структурная теория аппаратного контроля цифровых автоматов. – М.: Машиностроение, 1982. – 191 с.*
3. *Кучук Г.А. Метод дослідження фрактального мережного трафіка // Системи обробки інформації. – Х.: ХУ ПС, 2005. – Вип. 5 (45), – С. 74-84.*
4. *Тупкало В.Н. Обеспечение контролепригодности хода программ по критерию минимальной периодичности контроля // Кибернетика и системный анализ. – 1993. – № 1. – С. 34-37.*
5. *Прикладная теория цифровых автоматов / К.Г. Самофалов и др. – К.: Вища школа, 1987. – 375 с.*
6. *Кучук Г.А. Моделирование трафика изолированного пульсирующего источника // Системи обробки інформації. – Х.: ХВУ, 2004. – Вип. 1. – С. 168-173.*
7. *Тупкало В.Н. Сигнатурный контроль выполнения регистровых операций // Электронное моделирование. – 1992. – № 1. – С. 64-67.*
8. *Тупкало В.Н. Решение задачи функционального контроля на основе введения унифицированной структурной избыточности // Автоматика и телемеханика. – 1993. – № 1. – С. 167-172.*
9. *Тупкало В.Н., Харитонов О.Л., Кучук Г.А. Поширення математичного апарату сигнатурної алгебри для захисту комп'ютерних мереж // Системи обробки інформації. – Х.: ХУ ПС, 2006. – Вип. 5 (54). – С. 109-117.*

Надійшла 10.05.2006

Рецензент: доктор технічних наук, професор В.І. Карпенко,
Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба.