О тестах относительно отождествлений входов элементов

Мальцев Александр Николаевич

Студент

Факультет ВМК МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: s02150154@stud.cs.msu.ru

***Научный руководитель** — Романов Дмитрий Сергеевич*

В работе рассматривается задача синтеза легкотестируемых схем, реализующих заданные булевы функции. Схемы могут переходить в неисправные состояния, что приводит к необходимости обнаружения и поиска неисправностей. Данная задача была сформулирована С. В. Яблонским и И. А. Чегис, предложившими логический подход к тестированию электрических схем. Пусть имеется схема из функциональных элементов S с одним выходом, реализующая булеву функцию $f(\widetilde{x}^n)$, где $\widetilde{x}^n = (x_1, x_2, ..., x_n)$. Под воздействием некоторого источника неисправностей U один или несколько функциональных элементов схемы S могут перейти в неисправные состояния. В результате на выходе схемы S вместо исходной булевой функции $f(\widetilde{x}^n)$ реализуется некоторая булева функция $g(\widetilde{x}^n)$, вообще говоря, отличная от f. Все функции $g(\widetilde{x}^n)$, получающиеся при всевозможных допустимых источником U неисправностях функциональных элементов схемы S, называются функциями неисправности данной схемы S. *Проверяющим тестом* для схемы S называется такое множество T наборов значений переменных $x_1, x_2, ..., x_n$, что для любой отличной от $f(\widetilde{x}^n)$ функции неисправности $g(\widetilde{x}^n)$ схемы S в T найдется набор $\widetilde{\sigma}^n$, на котором $f(\widetilde{\sigma}^n) \neq g(\widetilde{\sigma}^n)$. *Диагностическим тестом* для схемы S называется такое множество T наборов значений переменных $x_1, x_2, ..., x_n$, что T является проверяющим тестом и, кроме того, для любых двух неравных функций неисправности $g_1(\widetilde{x}^n)$ и $g_2(\widetilde{x}^n)$ схемы S в T найдется набор $\widetilde{\sigma}^n$, на котором $g_1(\widetilde{\sigma}^n) \neq g_2(\widetilde{\sigma}^n)$. *Длина теста* — число наборов в T, обозначается $L(T)$. Тест T называется *единичным*, если в схеме S источник неисправностей U воздействует только на один элемент. Неисправность схемы S называется *нетривиальной*, если значение на выходе хотя бы одного функционального элемента E схемы S на некотором входном наборе $\widetilde{\sigma}^n$ не равно значению на выходе элемента E на наборе $\widetilde{\sigma}^n$ при отсутствии неисправностей в схеме S. Схема S называется *тестопригодной* (относительно U), если любая нетривиальная неисправность приводит к функции $g(\widetilde{x}^n)$, отличной от исходной f. Единичные тесты обычно рассматривают для *неизбыточных схем.* Схема S, реализующая функцию $f(\widetilde{x}^n)$, называется *неизбыточной*, если она является тестопригодной относительно источника одиночных неисправностей.

Сложность тестирования схем из функциональных элементов оценивается с помощью функции Шеннона. Пусть $P_2(n)$ — множество всех булевых функций зависящих от n переменных x_1, x_2, ..., x_n, а U_1 — источник одиночных неисправностей. Определим $L_B^{detect}(U_1, S) = \min\limits_T L(T)$, где минимум берется по всем одиночным проверяющим тестам для схемы S. Сложность единичного проверяющего теста булевой функции обозначим через $L_B^{detect}(U_1, f) = \min\limits_S L_B^{detect}(U_1, S)$, где минимум берется по всем неизбыточным схемам S в базисе B, реализующим f. Величина $L_B^{detect}(U_1, n) = \max\limits_{f \in P_2(n)} L_B^{detect}(U_1, f)$ — функция Шеннона длины единичного проверяющего теста относительно источника одиночных неисправностей U_1. По аналогии с функцией $L_B^{detect}(U_1, n)$ введем функции $L_B^{diagn}(U_1, n)$ для единичного диагностического теста.

В качестве источника одиночных неисправностей I_1^{eq} рассматривается отождествление входов элементов. Рассмотрим функциональный элемент $E^{\&}$, реализующий функцию $f(x, y) = x \,\&\, y$. Под воздействием источника неисправностей I_1^{eq} получим две функции неисправности: $g_1(x, y) = x \,\&\, x$ и $g_2(x, y) = y \,\&\, y$.

Теорема 1. *Существует конечный полный схемный базис* $B = \{0, 1, \&^{-}, \oplus, \sim\}$, *такой, что для него при всех* $n, n \in N_0$, *имеет место неравенство* $L_B^{diagn}(I_1^{eq}, n) \leqslant 7$.

Теорема 2. *Существует конечный полный схемный базис* $B = \{0, 1, \&^{-}, \oplus, \sim\}$, *такой, что для него при всех* $n, n \in N_0$, *имеет место неравенство* $L_B^{detect}(I_1^{eq}, n) \leqslant 3$.

Теорема 3. *Существует минимальный конечный полный схемный базис* $\hat{B} = \{\neg, \&\}$, *такой, что для него при всех* $n, n \in N_0$, *имеет место неравенство* $L_{\hat{B}}^{detect}(I_1^{eq}, n) \leqslant n + 6$.

Литература

1. Чегис И. А., Яблонский С. В. Логические способы контроля работы электрических схем // Труды МИАН СССР. — Т. 51. — М.: МИАН СССР, 1958. — С. 270–360.
2. Яблонский С. В., Чегис И. А. О тестах для электрических схем // Успехи матем. наук. — 1955. — Т. 10, вып. 4(66). — С. 182–184.