

ЗНАНИЕ-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД К ИДЕНТИФИКАЦИИ СТРУКТУРЫ ЦИФРОВЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ

Месюра В.И., Ставничая Т.Н. (Украина, г.Винница)

Введение

Алгоритмы синтеза тестовых воздействий должны обеспечивать заданные полноту и достоверность тестирования относительно рассматриваемого класса дефектов электронного устройства (ЭУ). Эффективность таких алгоритмов в значительной мере определяется степенью адекватности используемой математической модели реальному ЭУ. Основой для создания модели служит, как правило, электрическая принципиальная схема устройства. Однако, в случае отсутствия комплекта технической документации, требуемая для создания модели ЭУ информация о характеристиках устройства может быть получена только в режиме его идентификации, на основании анализа подаваемых на объект входных и снимаемых с объекта выходных воздействий.

Целью реализации режима покомпонентной идентификации (in-circuit identification) является расширение функциональных возможностей автоматизированных систем диагностирования ЭУ в части:

- восстановления электрической принципиальной схемы устройства в случае ее отсутствия, либо при наличии в схеме изменений, не отраженных в комплекте документации [1];
- автоматизированной генерации тестовых программ в режиме самопрограммирования системы диагностирования [2,4];
- реализация механизмов адаптивного вывода, расширяющих диапазон обнаруживаемых тестером дефектов [3];
- верификации устройств в случаях, когда необходимо исключить возможность несоответствия объекта имеющейся документации.

Формальное описание объекта идентификации

Предлагаемый структурно-функциональный подход к идентификации цифровых ЭУ основывается на комплексном анализе структурных и функциональных характеристик

цифрового компонента D_j и ЭУ в целом. При этом, математическая модель компонента D_j , представляется в виде:

$$M_j = (F_j, V_j),$$

где F_j - реализуемая компонентом D_j функция, отображающая зависимости между уровнями сигналов присутствующих на множестве V_j его выводов:

$$V_j = X_j \cup Y_j,$$

где X_j - множество входов, а Y_j - множество выходов компонента.

При этом, в общем случае, имеет место условие:

$$X_j \cap Y_j \neq \emptyset$$

Структурные характеристики компонента будем представлять вектором структурных признаков $Z(D_j)$, размерность которого совпадает с количеством выводов компонента, а значения координат определяются следующим образом:

$$z_{i,j} = \begin{cases} 1, & \text{если } v_{i,j} \in X_j; \\ 0, & \text{если } v_{i,j} \in Y_j. \end{cases}$$

Для снижения размерности поставленной задачи используем декомпозиционное представление функции цифрового компонента в виде:

$$F_j = \{f_{i,j} \mid i = \overline{1, |Y_j|}\},$$

где $\{f_{i,j}\}$ - множество элементарных функций, реализуемых базовыми элементами, входящими в состав компонента. Под базовым элементом будем понимать фрагмент внутренней структуры ЦК, имеющий один выход, совпадающий с одним из выходов компонента, и соответствующее количество входов, совпадающих со входами компонента. Таким образом, каждая элементарная функция $f_{i,j}$ отображает зависимость состояния выхода $y_{i,j} \in Y_j$ компонента D_j от состояния некоторого подмножества его входов $X_{i,j} \subset X_j$, описанную в алгебраической форме [1].

Например, состояние выхода Q для компонента типа LN74LS74 будет описываться следующим выражением:

$$Q_1 = (1 - S_1) + S_1 \times R_1 \times [Q_1^\alpha + C' \times (D_1 - Q_1^\alpha)], \quad (1)$$

где Q^α - состояние выхода Q в предшествующем такте испытаний.

Систему уравнений вида (1), описывающих функциональные свойства компонента, будем называть функционально-алгебраической моделью (ФАМ) цифрового компонента [1].

Обозначим через $v_{i,j}^t$ значения уровней сигналов, присутствующих в момент времени t на выводах компонента D_j . Так как $v_{i,j}^t$ могут принимать значения только из области $\{0,1\}$, состояние ЦК в каждый момент времени может быть описано числовой характеристикой p_j^t , которую будем называть кодом состояния компонента:

$$p_j^t = \sum_{i=1}^{|V_j|} 2^{i-1} \cdot v_{i,j}^t \quad (2)$$

Подставим в (2), на места выводов $v_{i,j} \in Y_j$, выражения вида (1), описывающие взаимосвязь между значениями уровней сигналов на входах и выходах компонента. Полученное в результате выражение назовем структурно-функциональной алгебраической моделью (СФАМ) ЦК.

Множество кодов состояний $N_j = \{p_j^k, k = \overline{1,1}\}$, получаемое из СФАМ подстановкой всех возможных комбинаций входных сигналов, будем называть описанием пространства состояний (ПС) компонента D_j в цифровой форме и обозначать N_j или $N(D_j)$. Пространство состояний ЦК D_j будем представлять матрицей размерности $l \times m$, где $l = |V_j|$, а $m = 2^{|X_j|}$ для комбинационных, и $2^{|X_j|} \leq m \leq 2^{|V_j|}$ - для последовательностных ЦК.

Представление пространства поиска

С целью снижения размерности задачи, общее пространство поиска в АСДИ разбивается на ряд подпространств, отличающихся количеством выводов представленных в них компонентов-кандидатов. Кроме того, каждое из указанных подпространств разбивается, в свою очередь, на два подпространства: функциональное (ФПП) и структурное (СПП).

С целью сокращения затрат времени на осуществление поиска, каждое из этих подпространств может быть задано в явном виде, в форме матриц. СПП представляются матрицами размера $|L_S| \times |V_S|$, где $|L_S|$ - мощность множества компо-

нентов-кандидатов, а $|V_S|$ - количество выводов компонентов-кандидатов, представленных в данном СПП. Значения элементов $l_{i,j}$ матрицы СПП определяются следующим образом:

$$l_{i,j} = \begin{cases} 1, & \text{если } v_{i,j} \in X_j; \\ 0, & \text{если } v_{i,j} \in Y_j. \end{cases}$$

ФПП представляются матрицами размера $|L_S| \times 2^{|V_S|}$, и значения их элементов $m_{i,j}$ определяются следующим правилом:

$$m_{i,j} = \begin{cases} 1, & \text{если } n_i \in N(D_j); \\ 0, & \text{если } n_i \notin N(D_j). \end{cases}$$

При такой организации ФПП обеспечивается быстрая процедура сужения, на каждом шаге идентификации, пространства поиска: при выявлении кода состояния p_i из матрицы просто исключаются все столбцы со значениями $m_{i,j} = 0$.

Объем оперативной памяти, необходимый для представления пространства поиска, включающего 1000 кандидатов, не превышает 1 Мб.

Пространство поиска может быть представлено в АСДИ также и в неявном виде - множеством СФАМ компонентов-кандидатов. В этом случае для поиска решения используется метод "генерации - проверки", что требует дополнительных затрат времени на генерацию возможных решений (выбор СФАМ очередного кандидата) и проверку выполнения условия $n_i \in N_j$. Однако, преимущество такого представления заключающееся в предоставляемой СФАМ возможности просчета для каждого компонента-кандидата не только допустимости очередного состояния объекта идентификации (ОИ), но и допустимости перехода компонентов-кандидатов из состояния p_{i-1} в состояние p_i [1].

Алгоритм идентификации

Согласно предлагаемому структурно-функциональному подходу, суть алгоритма идентификации заключается в параллельном поиске решения в двух фиксированных подпространствах поиска: ФПП и СПП. При этом, использованию присутствующих в базе знаний правил проектирования ЭУ, обеспечивает существенное сокращение СПП за счет наложения ограничений на тип идентифицируемого компонента, заключающихся в установлении принадлежности отдельных его выводов подмножествам X_j или Y_j . В процессе работы алгоритма осуществляется последовательное сокращение ФПП и

СПП путем перевода идентифицируемого компонента в некоторую последовательность состояний и анализа этих состояний с учетом присутствующих в базе знаний правил.

При описании работы алгоритма будем использовать введенные выше понятия вектора структурных признаков (ВСП) $Z_j = \{z_{i,j}\}, i = 1, \dots, |V_j|$ и пространства состояний компонента N_j , а также понятие вектора идентификации (ВИ) A_j , размер которого совпадает с количеством компонентов, представленных в библиотеке АСДИ, а значение i -го разряда $a_{i,j}^k = 1$ в том случае, если на k -том шаге идентификации j -го компонента, представляемом значением ВИ - A_j^k , компонент i -го типа входит в число кандидатов. Алгоритм успешно завершает идентификацию j -го компонента в том случае, если на k -том шаге идентификации в ВИ имеется лишь один ненулевой разряд. В связи с наличием двух подпространств поиска ФПП и СПП ВИ может быть представлен в виде:

$$A_j = \tilde{A}_j \oplus \bar{A}_j,$$

где \tilde{A}_j - функциональная составляющая ВИ A_j ;

\bar{A}_j - его структурная составляющая;

\oplus - знак математической операции поразрядного сложения векторов по mod 2.

Приведем последовательность шагов обобщенного алгоритма идентификации ЦК в составе ЭУ неизвестной структуры:

1. Используя эвристические правила из базы знаний определить множество $Z = \{Z_j^0\}$ ВСП цифровых компонентов D_j , входящих в состав исследуемого ЭУ.

2. Образовать множество W , включающее все ЦК ЭУ. Образовать подмножество цифровых компонентов $W_c = W$.

3. Определить значения структурных составляющих векторов идентификации для каждого из компонентов $D_j \in W_c$, путем выполнения преобразования ϕ :

$$\phi: Z_j^k \rightarrow \bar{A}_j^k$$

4. Проверить, поданы ли на ЭУ напряжения питания? Если да - перейти к п.6, иначе - перейти к п.5.

5. Подать на исследуемое ЭУ напряжения питания.

6. Измерить коды состояний p_j^k каждого из компонентов $D_j \in W_c$ и вычислить значения функциональных составляющих

соответствующих ВИ путем выполнения преобразования ϕ :

$$\phi: p_j^k \rightarrow \tilde{A}_j^k$$

7. Вычислить значения A_j^k векторов идентификации для всех $D_j \in W_c$:

$$A_j^k = \tilde{A}_j^k \oplus \bar{A}_j^k$$

8. Проанализировать полученное множество ВИ. При обнаружении ВИ с отсутствующими значащими разрядами перейти к п.9, иначе - к п.10.

9. Выдать сообщение об отсутствии в библиотеке эталонов описания, соответствующего типу компонента D_j . При получении указания оператора выполнить автоматическую классификацию компонента и занести информацию о нем в библиотеку эталонов под именем, заданным оператором. Исключить компонент D_j из множества W и всех его подмножеств. Перейти к п.8.

10. Проанализировать полученное множество ВИ. При наличии в нем ВИ с одним значащим разрядом перейти к п.11, иначе - перейти к п.15.

11. Выдать сообщение о типе компонента D_j , ВИ A_j которого имеет один значащий разряд. Исключить компонент D_j из множества W и всех его подмножеств.

12. При выполнении условия $W = \emptyset$ закончить работу, иначе перейти к п.13.

13. Сформировать подмножество $W_j \subset W$, включающее компоненты $D_k \subset W$, смежные в ЭУ с проидентифицированным компонентом D_j . Образовать подмножество ЦК $W_c = W_j$.

14. Определить значения структурных составляющих векторов идентификации для каждого из компонентов $D_j \in W_c$, путем выполнения преобразования ϕ :

$$\phi: Z_j^k \rightarrow \bar{A}_j^k$$

Перейти к п.7.

15. Положить $W_c = W$. Осуществить ранжирование компонентов $D_j \in W_c$ в порядке увеличения количества значащих разрядов ВСП Z_j^k , при равенстве значащих разрядов Z_j^k осуществить ранжирование в порядке убывания количества значащих разрядов ВИ A_j^k . Выбрать компонент D_j с минимальным рангом.

16. Последовательно формировать и выдавать идентификационные воздействия (из множества допустимых) на компонент с минимальным рангом. При обнаружении переключения выхода компонента перейти к п.18, иначе - к п.17.

17. При наличии компонента следующего ранга выбрать его и перейти к п.16, иначе - для всех компонент D_j , для которых не удалось добиться переключения выходов, обнулить значения A_j^k и перейти к п.8.

18. Сформировать подмножество $W_j \subset W$, включающее компонент D_j и смежные с ним компоненты. Образовать подмножество ЦК $W_c = W_j$. Перейти к п.3.

Выводы

Таким образом, рассмотренный метод идентификации ЦК типа "черяный ящик" в составе ЭУ базируется на следующих основных подходах и решениях:

- использование для выдвижения гипотез о внешних структурных признаках идентифицируемых компонентов эвристических знаний экспертов о правилах проектирования и компоновки ЭУ;

- разбиение пространства поиска на два фиксированных подпространства СПП и ФПП, с организацией параллельного поиска решения в обоих подпространствах;

- использование декомпозиционного представления ЦК с помощью СФАМ.

Литература

[1] Байда Н.П., Месюра В.И., Роик А.М. Самообучающиеся анализаторы производственных дефектов в РЭА. - М.: Радио и связь, 1991.

[2] Baida N.P., Mesyura V.I. Method of Component Identification in Printed Circuits Units with Unknown Structure. Proceedings of the XIII IMEKO World Congress, Torino, 1994, pp. 2246-2251.

[3] Baida N.P., Mesyura V.I., Roik A.M. Approach to the In-Circuit Testers Training for Electronic Devices Identification. Intern. Journ. on Information Theories & Applications, Vol.3, N7, pp28-35.

[4] Bill Stark. Smart Board Testers Learn by Doing//Electronics Test - N8, 1990. - pp.53-57.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СЕТИ ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ КОМБИНАТОВ, КРИТЕРИИ ИХ ОПТИМИЗАЦИИ И ПРОБЛЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

В.М. Назаренко, А.И. Купин
(г.Кривой Рог, Украина)

Автоматизированные системы контроля и управления технологическими процессами (АСУ ТП) в настоящее время уже стали неотъемлемой частью гибких автоматизированных производств (ГАП) различного уровня сложности [1]. Разработка и внедрение подобных систем на ведущих промышленных предприятиях Украины - является особенно актуальным вопросом, именно сейчас, в условиях перехода к рыночной экономике, когда доминирующим фактором становится - максимизация рентабельности при минимальных издержках производства. Такая цель может быть достигнута только при условии максимальной интенсификации существующего производства, путем исключения возможных ошибок, связанных с извечной проблемой, так называемого, "человеческого фактора" в вопросах принятия решений при управлении сложными технологическими процессами. Именно эти задачи и призваны решать АСУ ТП.

Возможно выделить как минимум два направления развития науки и техники, на которых базируются подобные системы АСУ ТП.

1. Технические средства для сбора, первичной обработки и передачи информации непосредственно с объекта управления (ОУ). Сюда можно отнести датчики различной конструкции, а также телекоммуникационные средства для передачи первичной информации на более высокие уровни системы.

2. Аппаратные и программные средства, построенные на основе передовых информационных технологий, позволяющие не только быстро и правильно обрабатывать большие потоки разнообразной технологической информации, но самостоятельно принимать решения, исходя из заранее определенных или адаптивных алгоритмов.