

Math-Net.Ru

Общероссийский математический портал

Д. В. Сперанский, О совмещенных схемах для функционального и тестового диагностирования дискретных устройств, *Автомат. и телемех.*, 1985, выпуск 1, 122–126

Использование Общероссийского математического портала Math-Net.Ru подразумевает, что вы прочитали и согласны с пользовательским соглашением
<http://www.mathnet.ru/rus/agreement>

Параметры загрузки:

IP: 18.97.9.170

12 декабря 2024 г., 20:54:13



УДК 62.504.681.326.7

О СОВМЕЩЕННЫХ СХЕМАХ ДЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО И ТЕСТОВОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ДИСКРЕТНЫХ УСТРОЙСТВ

СПЕРАНСКИЙ Д. В.

(Донецк)

Предложен способ построения встроенной схемы, подключаемой к заданному комбинационному или последовательностному дискретному устройству (ДУ). Схема совмещает возможность проведения и функционального и тестового диагностирования ДУ. Показано, что предложенный способ, основанный на использовании принципа распределенной избыточности, в некоторых случаях позволяет достичь более экономной реализации схемы по сравнению с реализацией, основанной на принципе автономной избыточности.

Требуемые показатели надежности дискретных устройств (ДУ) могут быть достигнуты использованием широкого арсенала средств, среди которых важное место занимает функциональное и тестовое диагностирование. Первое проводится параллельно с использованием ДУ по его прямому назначению и осуществляется с помощью систем функционального диагностирования (СФД), реализуемых аппаратурными средствами. Методы построения СФД подробно освещены в [1]. СФД обычно ориентированы на обнаружение любых существенных одиночных логических неисправностей ДУ. Известно, однако, что некоторые входные наборы, на которых обнаруживаются определенные неисправности, могут не появляться в течение длительного времени функционирования ДУ. Как правило, это приводит к накоплению неисправностей, в результате чего в ДУ появляются кратные неисправности, не обнаруживаемые СФД. Поэтому возникает необходимость периодического тестового диагностирования ДУ.

Кроме того, известно [1], что получаемая при функциональном диагностировании глубина может не совпасть с желаемой. Для ее улучшения можно использовать схемы тестового диагностирования (СТД) [2, 3], что также приводит к необходимости чередования обоих видов диагностирования.

Для функционального диагностирования ДУ, перемежающегося с тестовым, можно либо построить отдельно необходимые схемы и подключать их к ДУ в нужный момент, либо осуществить совместную реализацию функций, соответствующих таким схемам. Оба способа основаны на использовании принципа автономной избыточности.

В настоящей работе предлагается иной способ построения схемы, одновременно служащей и для функционального, и для тестового диагностирования ДУ, основанный на использовании принципа распределенной избыточности и позволяющий в ряде случаев получить более экономную реализацию.

Уточним постановку задачи, ограничившись для простоты изложения комбинационными ДУ. Пусть задано ДУ с n входами и k выходами своей структурной схемой и таблицей истинности. Пусть также задано множество неисправностей F_1 , каждая из которых должна обнаруживаться при функциональном диагностировании, и множество неисправностей F_2 , подлежащих идентификации при тестовом диагностировании. Требуется получить формальное задание на синтез схемы с одним выходом (в виде таблицы истинности), которая далее именуется совмещенной встроенной схемой (СВС), обнаруживающей все неисправности из F_1 при работе ее в режиме функционального диагностирования и обеспечивающей максимально воз-

Таблица 1

x_1	x_2	x_3	x_4	z_1
1	0	0	0	1
1	1	0	1	1
1	1	1	0	1
1	0	1	0	1
0	0	0	0	0
0	1	0	1	0

Таблица 2

x_1	x_2	x_3	x_4	z	f	
1	0	0	0	1	1	Исправное ДУ
1	1	0	1	1	1	
1	1	1	0	1	1	
1	0	1	0	1	1	
0	0	0	0	0	1	
0	1	0	1	0	1	
1	0	0	0	0	0	ДУ с неисправностями
1	1	0	1	0	0	
1	1	1	0	0	0	
1	0	1	0	0	0	
0	0	0	0	1	0	
0	1	0	1	1	0	

Таблица 3

f_1	β_4	β_2	f
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	0

Таблица 4

x_1	z	f
1	1	1
0	0	1
1	0	0
0	1	0

можную глубину диагностирования неисправностей из F_2 при работе ее в режиме тестового диагностирования с использованием заданного теста T .

Уточним способ подключения СВС к ДУ. Входами СФД являются входные и выходные сигналы ДУ, а входами СТД — сигналы, снимаемые с некоторых его внутренних линий (пусть их число p). Сопряжение СВС с ДУ осуществим через мультиплексор с q выходами, где $q = \max(n+k, p)$, что представляется более предпочтительным по сравнению с подачей на СВС непосредственно всех $n+k+p$ сигналов, поскольку сложность СВС зависит от числа ее входов. Выбор нужного режима СВС осуществляется с помощью управляющего сигнала, подаваемого на мультиплексор и принимающего два значения, по одному из которых к СВС подсоединяются входы и выходы ДУ, а по другому — сигналы с внутренних линий ДУ.

Формирование задания на синтез СВС проведем в три этапа. В режиме функционального диагностирования будем интерпретировать ее как несамопроверяемую схему встроенного контроля (СВК) [1]. Первый этап заключается в получении задания на синтез СВК в соответствии с методом, описанным в [1]. На втором этапе с применением метода, описанного в [3], для рассматриваемого ДУ и множества F_2 строится таблица истинности встроенной СТД с одним выходом. Эта СТД должна обеспечивать максимально возможную глубину диагностирования при использовании заданного теста T . Третий этап состоит в формировании таблицы истинности, являющейся формальным заданием на синтез СВС, путем совмещения двух таблиц, построенных на предыдущих этапах. Перед выполнением третьего этапа необходимо попытаться упростить имеющиеся таблицы путем исключения из них несущественных переменных, поскольку это влечет уменьшение сложности реализации как мультиплексора, так и СВС. Для этой цели воспользуемся методами минимизации булевых функций либо алгоритмом А5-1 [1].

Перейдем к описанию способа совмещения таблиц. Пусть в одной из них a переменных (табл. 1), в другой (табл. 2) — b , где $a > b$. Если как-то зафиксировать порядок переменных в таблицах, то их совмещение эквива-

лентно установлению соответствия между их переменными, обладающего следующими свойствами.

1. Если для входного набора табл. 2 существует входной набор табл. 1 с одинаковыми значениями переменных, между которыми установлено соответствие, то и значения обеих функций на этих наборах должны совпадать. Это свойство должно выполняться для каждого набора табл. 2. Множество соответствующих им наборов из табл. 1 назовем допустимым.

2. Каждая переменная допустимого множества, если его мощность не более r , где r — число наборов табл. 2, либо некоторого его подмножества мощности r , оставшаяся вне установленного соответствия, имеет одинаковые значения во всех наборах множества (подмножества).

Первое свойство означает, что табл. 2 можно преобразовать добавлением $(a-b)$ фиктивных переменных так, чтобы все ее значения на совпадающих с табл. 1 наборах были равными значениям в табл. 1. Второе свойство означает, что при преобразовании табл. 2 каждая из добавляемых фиктивных переменных на всех ее наборах имеет постоянные значения. Отсюда следует, что при реализации СВС соответствующие входы можно подключать к источникам постоянных сигналов.

Совмещение таблиц осуществим в два этапа. Введем переменные x_{ij} ($i=1, \bar{b}$; $j=1, \bar{a}$), значения которых полагаются равными 1, если i -я переменная табл. 2 поставлена в соответствии j -й переменной табл. 1, и 0, если такого соответствия нет. Зададим далее коэффициенты c_{ij} : $c_{ij}=1$, если для каждого входного набора табл. 2 существует входной набор табл. 1, такой, что на них обе функции имеют одинаковые значения и, кроме того, значение i -й переменной на рассматриваемом наборе табл. 1 равно значению j -й переменной соответствующего набора табл. 1; $c_{ij}=0$, если хотя бы для одного набора табл. 2 не существует набора в табл. 1, обладающего указанным свойством.

Рассмотрим следующую задачу: найти такие значения переменных x_{ij} ,

чтобы достигался максимум функции $G = \sum_{i=1}^b \sum_{j=1}^a c_{ij} x_{ij}$ при условиях

$\sum_{j=1}^a x_{ij} = 1$ (каждая переменная табл. 2 ставится в соответствие переменной

табл. 1) и $\sum_{i=1}^b x_{ij} \leq 1$ (каждой переменной табл. 1 может быть поставлено в

соответствие не более одной переменной табл. 2) Это так называемая обобщенная задача о назначениях, относящаяся к линейному программированию. Найдем ее решение известными методами (в нашем случае она всегда разрешима, ибо целевая функция ограничена) и проверим наличие у него второго свойства, приведенного выше. При положительном исходе мы получаем искомое соответствие между переменными рассматриваемых таблиц. При отрицательном исходе выполняем второй этап, заключающийся в поиске других значений переменных x_{ij} , на которых также достигается максимум целевой функции. Поиск этот в общем случае осуществляется перебором, но специфика нашей задачи позволяет указать способ целенаправленного перебора, сокращающего трудоемкость решения. Исходя из содержательного смысла значений коэффициентов c_{ij} ясно, что если $c_{ij}=0$, то установление соответствия между i -й переменной табл. 2 и j -переменной табл. 1 заведомо не может дать решения исходной задачи. Отсюда следует, что при переборе полагать $x_{ij}=1$ следует только в том случае, если $c_{ij}=1$.

Процесс перебора выполним следующим образом. Для очередной совокупности переменных x_{ij} вычисляется значение целевой функции. Если максимум не достигается (его значение известно после первого этапа), то перебор продолжается, в противном случае проверяется наличие второго свойства. При положительном исходе искомое решение найдено, при отри-

цательном перебор продолжается. Если перебор завершен, но ни одна из совокупностей, на которых достигается максимум целевой функции, не обладает вторым свойством, то исходная задача решения не имеет.

Проиллюстрируем предложенный способ построения СВС на простом примере. Рассмотрим ДУ (см. рисунок), таблицей истинности которого на его рабочих наборах является табл. 1. Следуя [1], сформируем таблицу истинности для СВК (табл. 2). Методом, описанным в [3], построим таблицу истинности для СТД (табл. 3) для рассматриваемого ДУ, предполагая, что $T = \{0011, 1111, 0100, 0111, 1101, 1110\}$, F_1 — множество всех существенных одиночных логических неисправностей ДУ, $F_2 = \{S_{1-1}, S_{2-1}, S_{3-1}, S_{4-1}, S_{5-1}, S_{6-1}, S_{1-0}, S_{2-0}, S_{4-0}, S_{5-0}, S_{6-0}, S_{2,1-0}, S_{2,2-0}, S_{4,2-1}, S_{5,1-1}, S_{5,2-1}, S_{6,1-1}, S_{6,2-1}\}$. Здесь S_{i-0} (S_{i-1}) — константная неисправность 0 (1) на выходе i -го вентиля, $S_{i,j-0}$ ($S_{i,j-1}$) — константная неисправность 0 (1) на j -м

входе i -го вентиля (нумерация входов вентиля произведена на рисунке сверху вниз). СТД, заданная табл. 3, получена в предположении, что используются сигналы с внутренних линий 6, 4 и 2 ($\beta_6, \beta_4, \beta_2$). Можно убедиться, что такая СТД позволяет идентифицировать каждую неисправность из F_2 . Далее исключим в табл. 2 несущественные переменные, что приводит к табл. 4. Завершающий шаг состоит в совмещении табл. 3 и 4. Вычислим значения c_{ij} : $c_{12} = 0, c_{22} = 0$, все остальные $c_{ij} = 1$. Решим задачу

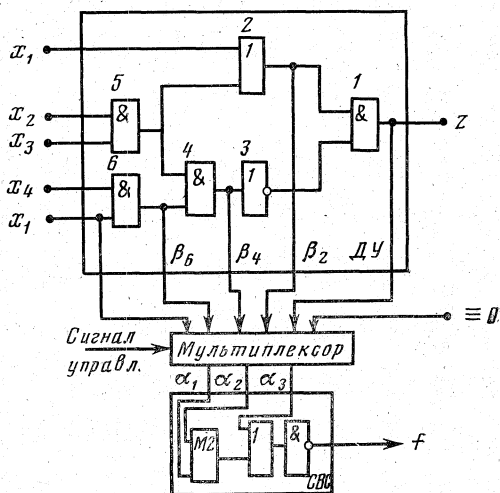
о назначениях для целевой функции $G = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 c_{ij} x_{ij}$ при условиях

$$\sum_{j=1}^3 x_{ij} = 1 \text{ и } \sum_{i=1}^2 x_{ij} \leq 1 \quad \text{Одно из решений таково: } x_{11} = 1, x_{23} = 1, \text{ остальные } x_{ij} = 0.$$

Мы предполагали, что переменные зафиксированы в том порядке, в каком они представлены в таблицах. Из полученного решения следует, что переменная x_1 табл. 4 соответствует переменной β_6 табл. 3 ($x_{11} = 1$) и z соответствует β_2 ($x_{23} = 1$). Легко проверить, что переменная β_4 табл. 3 на всех наборах, соответствующих наборам табл. 4, имеет одно и то же значение 0. Введем в табл. 4 третий столбец (нулевой), соответствующий фиктивной переменной, расположив его между 1- и 2-м столбцом табл. 4, поскольку эта переменная соответствует второму столбцу (β_4) табл. 3. Далее, объединив полученную таблицу с табл. 3 и удалив из нее повторяющиеся строки, вновь получим табл. 3. Итак, табл. 3 есть таблица истинности искомой СВС.

Обратимся теперь к мультиплексору. Число его выходов равно 3 (максимальная длина входных слоев табл. 3 и 4). Поскольку к табл. 4 добавлен нулевой столбец, то организуем у мультиплексора входной канал, подсоединенный к нулевому сигналу. По остальным пяти его входным каналам будут подаваться сигналы с линией $x_1, z, \beta_6, \beta_4, \beta_2$. При работе СВС в режиме СВК мультиплексор коммутирует каналы x_1 с α_1, z с α_2 и нулевой с α_3 , в режиме СТД — β_6 с α_1, β_2 с α_2 и β_4 с α_3 . Если для реализации СВС используются вентили М2 (сумма по модулю 2), ИЛИ, И, НЕ, то один из возможных вариантов СВС представлен на рисунке.

В заключение отметим, что предложенный способ построения СВС может быть распространен и на последовательные ДУ, а также на случай, когда сами СВС являются схемами с памятью.



ЛИТЕРАТУРА

1. *Пархоменко П. П., Согомонян Е. С.* Основы технической диагностики (оптимизация алгоритмов диагностирования, аппаратурные средства). М.: Энергоиздат, 1981.
2. *Сперанский Д. В.* Метод построения комбинационных устройств, диагностируемых с заданной разрешающей способностью.— Изв. АН СССР. Техн. кибернетика, 1977, № 4, с. 156–164.
3. *Сперанский Д. В., Шагохина Н. К.* Улучшение точности диагностирования дискретных устройств при использовании ограниченного числа дополнительных выходов.— Электронное моделирование, 1982, № 1, с. 64–68.

Поступила в редакцию
16.I.1984

ON CIRCUITS FOR FUNCTIONAL AND TEST DIAGNOSING OF SAMPLED DATA UNITS

SPERANSKIY D. V.

A technique is proposed to design of a built-in circuit to be connected to a specified combinational or sequential sampled data units, SDU. The technique, which relies on the distributed redundancy principle, is shown to lead in some cases to a more economical system design than that provided by the autonomous redundancy principle.