

Таблица 1. Теоретическое сравнение затрачиваемых ресурсов

Наименование алгоритма	Трудоёмкость	Память	Отклонение от оптимального значения, %
Ветвей и границ	$O(\sim 7n^2)$	$\sim (2n^3)$	0
Метод решения задачи коммивояжера, используя решение задачи о назначении (точный)	$O(\sim 10n^2)$	$\sim (2n^3)$	0
Метод решения задачи коммивояжера, используя решение задачи о назначении (приближенный)	$O(\sim n^2)$	$\sim (2n^2)$	10

Теоретическое сравнение рассмотренных алгоритмов по вычислительной трудоёмкости и количеству памяти представлено в табл.1. Результаты получения оценок по методу ветвей и границ и точному методу решения задачи коммивояжера, используя решение задачи о назначении, приведены в [1-4,11-13].

Анализируя данные в табл.1. видно, что алгоритмы предложенные ранее (ветвей и границ и точный алгоритм решения задачи коммивояжера, используя решение задачи о назначении), либо требуют использования большого объёма памяти порядка $\sim (2n^3)$, либо имеют трудоёмкость большую в 7-10 раз.

При оценке алгоритмов по взаимоисключающим критериям не трудно понять, что проигрывая в одном можно выиграть в другом и наоборот. Идеального варианта быть не может. Качество приближенного алгоритма можно получить, решая различные задачи и оценивая их решение относительно точных методов. Отклонение, указанное в табл.1 для приближенного алгоритма решения задачи коммивояжера, используя решение задачи о назначении, было получено экспериментальным путем. Случайным образом генерировалась задача коммивояжера и решалась различными методами, при этом определялась длина пути и отклонение в процентах для приближенного метода относительно точных. Для приближенного алгоритма решения задачи коммивояжера, используя решение задачи о назначении, отклонение от оптимального решения, как показал эксперимент, не превышает 10%.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Меламед И. И., Сергеев С. И., Сигал И. Х., Задача коммивояжера. Вопросы теории // Автоматика и телемеханика. – М.: Наука, 1989. №9. с.3-33.
2. Меламед И. И., Сергеев С. И., Сигал И. Х., Задача коммивояжера. Точные методы // Автоматика и телемеханика. – М.: Наука, 1989. №10. с.3-29.

3. Меламед И. И., Сергеев С. И., Сигал И. Х., Задача коммивояжера. Приближенные алгоритмы // Автоматика и телемеханика. – М.: Наука, 1989. №11. с.3-26.
4. Few L., The Shortest Path and the Shortest Road Through n Points, *Mathematica*, 2, 1955, 141]
5. Новиков Ф. А., Дискретная математика для программистов, СПб.: Питер, 2000.–304 с.:ил.
6. Перепелица В. А., Гимади Э. Х., К задаче нахождения минимального гамильтонова контура на графе со взвешенными дугами, Сб. «Дискретный анализ», Новосибирск, вып. 15, 1969, 57-65.
7. Kaluga V.V., Muravjev S. A., Siridonov S. V., Telyatnikov R. V., Application of genetic algorithms for solutions of the task is frequent – territorial plannings group radio electronic equipment, International Conference of Neural Networks and Artificial Intelligence ICNNAI'99|Proceedings. Edited by Vladimir Golovko, - Brest: BPI, 1999, 224p.
8. Гимади Э. Х., Перепелица В. А., Асимптотический подход к решению задачи коммивояжера, Сб. «Управляемые системы», Новосибирск, вып. 12, 1974, 35-45.
9. Гимади Э. Х., Перепелица В. А., Статистически эффективный алгоритм выделения гамильтонова контура (цикла), Сб. «Дискретный анализ», Новосибирск, вып. 22, 1973, 15-28.
10. Новиков Ф. А., Дискретная математика для программистов, СПб.: Питер, 2000.–304 с.
11. Кристофидес Н., "Теория графов. Алгоритмический подход", М.: Мир, 1978
12. Гэри М., Джонсон Д., "Вычислительные машины и труднорешаемые задачи" :пер. с англ. – М.:Мир, 1982. – 416 с.
13. Пападимитриу Х., Стайглиц К. Комбинаторная оптимизация. Алгоритмы и сложность. М.: Мир, 1985.

УДК 681.326.7.74

Шуть В.Н., Муравьев Г.Л., Чуль Д.Д.

ОПТИМИЗАЦИЯ ЧИСЛА КАНАЛОВ СИГНАТУРНОГО АНАЛИЗАТОРА

ВВЕДЕНИЕ

Одним из основных методов тестирования цифровых узлов (ЦУ) в настоящее время является сигнатурный анализ, предложенный фирмой Hewlett – Packard [1].

При этом анализатор HP5004A разработанный фирмой, а также аналогичные приборы других изготовителей [2,3] рассматриваются, как средства сервисного контроля и ремонта ЦУ у потребителя или в центрах обслуживания и ремонта цифровой техники.

Попытка применить подобные приборы в серийном про-

дает желаемого эффекта. Действительно, контроль n - выходного ЦУ одноканальным сигнатурным анализатором (СА) приводит к увеличению времени контроля в n раз.

В [4-10], [14] предложены методы и схемы синтеза многоканальных СА, позволяющих за один цикл тестовой инициализации ЦУ осуществить параллельную свертку в сигнатуру всех n выходов ЦУ. Однако синтез подобных СА для большого числа выходов ЦУ (n) трудоемок и требует больших аппаратных затрат.

К тому же каскадирование большого числа элементов

Шуть Василий Николаевич, к.т.н., доцент каф. ИИТ Брестского государственного технического университета.

Муравьев Геннадий Леонидович, к.т.н., профессор ИСЗ.

Чуль Дмитрий Дмитриевич, студент V курса, специальность ЭВМ Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

изводстве, т.е. при массовом контроле многовыходных ЦУ не

свертки по mod2 согласно методике [8] снижает быстродей-

Машиностроение, автоматизация, ЭВМ

ствие СА. При этом остается открытым и вопрос о разрядности сигнатуры, которая, как и в анализаторе по схеме ВILBO [14], равна числу каналов СА.

Как следствие увеличения числа разрядов сигнатуры, возрастают аппаратные затраты на схемы её хранения, индикации, сравнения с эталоном, которыми обычно дополняются СА.

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Методика синтеза многоканальных СА, предложенная в [9], [10] имеет несомненное преимущество независимости разрядности сигнатуры от числа информационных каналов СА. Однако синтез СА по этой методике трудоемок при числе каналов более 30-40. Здесь также потребуются каскадирование большого числа элементов mod2, что отрицательно сказывается на быстродействии СА.

С другой стороны предложены такие схемы устройств контроля ЦУ, где для одновременного контроля большого числа выходов ЦУ параллельная последовательность преобразуется в последовательную, после чего подается на информационный вход одноканального СА [12], [13].

В устройстве контроля [12] узел контроля сигнатуры оснащен n -входовой сверткой по mod2 одним выходом, соединенным с входом одноканального СА.

Выходной сигнал $X(S)$ свертки по mod2 соответствует выражению:

$$X(S) = \sum^{\oplus} X_i(S), S=(1..l), i=(1..n). \quad (1)$$

Здесь l - длина последовательности, $X_i(S)$ - сигнал i -го выхода ЦУ на S такте, $X_i(S) \in \{0,1\}$.

Однако аппаратная простота в данном случае связана с низкой достоверностью контроля, так как существует высокая вероятность компенсации ошибки в свертке по mod2 при наличии в ЦУ выходов с зависимыми, например, взаимоположными состояниями. На практике это может быть прямой и инверсный выходы триггера и т.д. Подробный анализ такого СА на предмет распознавания ошибок в зависимости от их характера, кратности и длины последовательности приведен в [10].

Более интересный с точки зрения достоверности контроля является схема параллельно-последовательного преобразователя на n D-триггерах и $(n-1)$ двухвходовых сумматоров по mod2 [13]. Здесь компенсация ошибки произойдет только в том случае, если выходы ЦУ с взаимоположными состояниями будут подключены к входам соседних сумматоров по mod2.

Проанализируем возможность применения рассмотренных методов для синтеза СА с числом каналов более 100 с учетом их возможного расширения до нескольких сотен. Практически подобная задача может возникнуть при сигнаурном контроле "Годеи - Не годеи" сложных многовыходных ЦУ, либо контроле ЦУ при помощи кантактрона типа "ложе гвоздей". Методы синтеза [8] и [14] неприемлемы по причине большой разрядности сигнатуры: число разрядов сигнатуры равно числу каналов СА. Метод синтеза [9], [10] неприемлем по причине каскадирования большого числа сумматоров по mod2, т.е. аппаратной сложности при снижении быстродействия. И, наконец, схемотехника СА [12] и [13] хотя и допускает в отличие от предыдущих вариантов расширение числа каналов, но предопределяет существенное снижение достоверности контроля пропорциональное увеличению числа каналов.

2. МЕТОД РЕШЕНИЯ ПОСТАВЛЕННОЙ ЗАДАЧИ

Предлагается метод сигнатурного контроля многовыходных узлов с возможностью расширения числа каналов контроля выходных сигналов ЦУ путем сопряжения требуемого числа идентичных модулей. При этом, как будет показано

далее, достоверность контроля может быть максимально приближена к достоверности контроля СА [8], [9], и [10] при ограниченной разрядности сигнатуры.

Структурная схема устройства показана на рис. 1, где БУ - блок управления 1, ГТН - генератор тестовых наборов 2, ЦУ - контролируемый цифровой узел 3, БР - блок распределителя 4, 5.1-5.К - $(m+1)$ - входные сумматоры по mod2, СА - канальный сигнатурный анализатор.

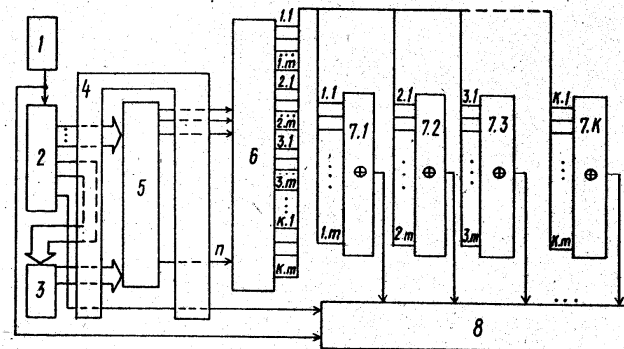


Рис. 1

Исходной посылкой для синтеза устройства является положение о том, что в множестве n выходов ЦУ существуют выходы функционально зависимые, т.е. имеющие общие элементы в ЦУ. Для исключения компенсации ошибки при предварительном сжатии информации такие функционально зависимые выходы ЦУ необходимо разместить по разным группам. Предполагается, что неисправность в ЦУ носит единичный характер. Пусть самая большая связанная подсхема ЦУ имеет k выходов. В остальных подсхемах число выходов $q < k$. Таким образом, все n выходов ЦУ можно разместить в k групп при этом в каждой из групп не будет функционально связанных выходов. Положим также, что число связанных подсхем в ЦУ не превышает m . Таким образом, в каждой из k групп будет не более m выходов и $m \cdot k > n$. Функции такого распределения n выходов ЦУ на k групп по m выходов осуществляет БР, при этом каждая i -я ($i=1..k$) группа выходов БР соединена с m входами i -сумматора по mod2.

Выходы сумматоров по mod2 (5.1) - (5.К) соединены с k информационными входами СА6. Путем настройки БР под каждый тип контролируемого ЦУ возможно избежать или снизить до минимума возможность компенсации ошибки в каждом из k сумматоров 5. Иными словами распределение осуществляется таким образом, чтобы выходы ЦУ с повторяющимися, взаимноинверсными состояниями на всех или части тестовых наборов, а также выходы ЦУ с более сложными логическими зависимостями (выходы ЦУ связанные с выходами одного счетчика, сдвигового регистра и т.п.) не попали на один и тот же сумматор по mod2.

Настройка БР осуществляется подачей на него непосредственно перед запуском ГТН управляющего слова настройки, которое фиксируется в регистре БР на весь цикл контроля ЦУ, а при проверке партии однотипных ЦУ на время проверки этой партии.

Каждая пара мультиплексоров $10j.1$ и $10j.2$, ($j=1..m$) распределяет свою группу 8 выходов ЦУ и управляется одним разрядом слова настройки, хранящегося в регистре 9, причем выходы j -той пары мультиплексоров $1j$ - $8j$ соединены с соответствующими входами сумматоров по mod2 (рис 2). Такое схемное исполнение значительно облегчает подбор слова настройки, т.к. обычно на разъемах ЦУ логически свя-

занные сигналы расположены в соседних позициях и эти соседние позиции уже автоматически попадают на входы разных сумматоров. Недостатки БР на мультиплексорах при его простоте и быстродействии, является тот факт, что распределение, точнее сдвиг, при изменении распределения возможен только на 4 разряда, т.е. для каждой группы из 8 выходов ЦУ только 2 варианта подачи на сумматоры по mod2.

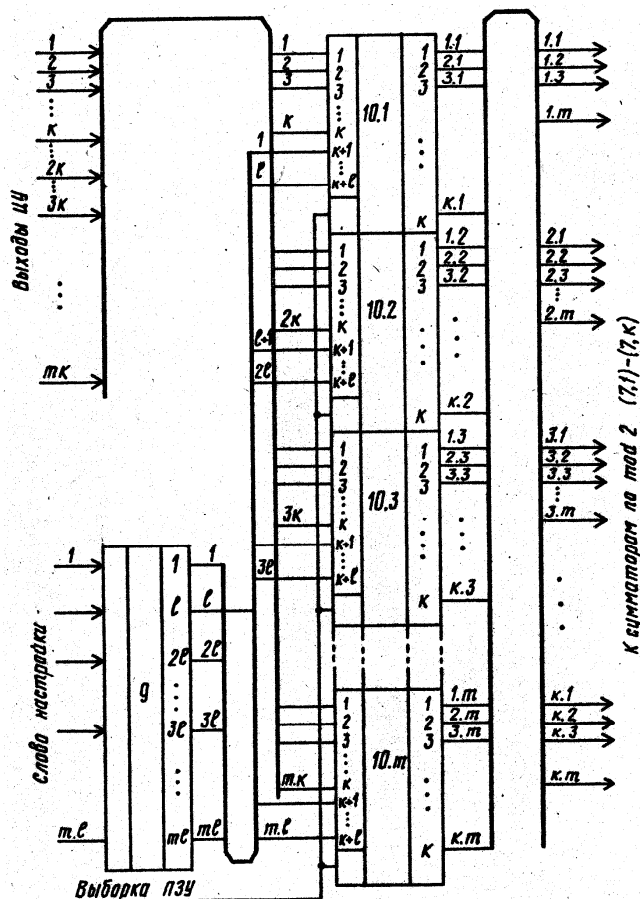


Рис. 2

Подача слова настройки в регистр настройки БР может осуществляться в зависимости от исполнения устройства контроля самым различным образом. В самом простом случае путем установки коммутатора в наборное поле и подачей таким образом на входы регистра потенциалов логических 0 или 1. При выборе в качестве БУ ЭВМ каждый из регистров настройки БУ входами подключается к шине данных, а управление записью в них осуществляется от дешифратора адресной шины ЭВМ, т.е. регистры слова настройки рассматриваются как порты вывода ЭВМ, куда в соответствии с программой проверки ЦУ из памяти ЭВМ заносятся требуемые комбинации слов настройки.

В устройстве, ориентированном на проверку сложных ЦУ с наличием двунаправленных шин, можно применить коммутатор входов-выходов ЦУ на элементах автоматической коммутации [15].

3. МИНИМИЗАЦИЯ СЛОВА НАСТРОЙКИ

Дадим несколько замечаний по поводу определения оптимального слова настройки БР, так как оптимальный выбор этого слова позволяет свести к минимуму или совсем исключить возможность компенсации ошибки при предварительной свертке т.к. - разрядной информации - выходных реакций ЦУ в сумматорах по mod2. Достоверность контроля ЦУ зависит от корректности и степени покрытия неисправностей выход-

ной последовательностью ГТН, а также правильностью выбора и синтеза схемы СА.

Оптимальная настройка БР может быть определена эвристическим путем, либо моделированием. Эвристический подход не требует дополнительных аппаратных затрат, необходимо иметь:

- электрическую принципиальную схему ЦУ, позволяющую поставить в соответствие каждому выходу ЦУ определенный вход БР;
- принципиальную схему БР и алгоритм его работы, определяемый, к примеру, таблицей I.

На первом этапе при определении слова настройки всем его разрядам присваивается значение логического 0 или 1 (в зависимости от исполнения регистра настройки БР), т.е. то состояние, в которое устанавливается регистр естественным образом, по "умолчанию" при включении питания устройства и (или) сигнала сброса.

Затем необходимо проверить распределение таких выходов ЦУ, которые имеют на всех или хотя бы на части тактов проверки одинаковые или логически противоположные выходные реакции (выходы триггеров, сигнал и его инверсия, сигнал и его повторение с целью умоощнения и т.п.). Если какая-либо пара или группа таких сигналов попадает на один сумматор по mod2, то, изменив соответствующие разряды слова настройки, можно развести их на разные сумматоры. После того как эта процедура проведена, следует заняться разводкой других сигналов, имеющих логическую зависимость (сигналы, зависящие от выходных состояний одного счетчика регистра сдвига и т.п.)

И, наконец, в третью очередь можно пытаться исключить попадание на один сумматор сигналов формируемых группой связанных элементов ЦУ.

При проведении такого трехэтапного определения разрядов слова настройки и возникновении конфликтной ситуации, следует вернуться к предыдущему этапу и попытаться еще раз изменить соответствующие разряды. Если конфликт и этим не устраняется, то предпочтение всегда отдается предыдущему этапу.

В некоторых случаях возможно нахождение не одного, а двух и более оптимальных слов настройки, которые в совокупности исключают компенсации ошибок в сумматорах. В этом случае, при необходимости обеспечения высокой достоверности контроля, можно вести проверку ЦУ в два и более этапов, меняя перед каждым слово настройки БР.

Однако, как показывает практика, в этом редко возникает необходимость. Даже для самых сложных многоразрядных ЦУ нетрудно подобрать одно слово настройки, обеспечивающее приемлемую достоверность контроля ЦУ.

4. МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫХОДНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ЦИФРОВОГО УЗЛА

При моделировании предполагается поиск слов настройки БР моделированием (имитацией) отказов ЦУ программным, аппаратным или программно-аппаратным путем.

В первом случае к БР вместо ЦУ подключается канал ЭВМ (или микроЭВМ) и имитирует выходную последовательность ЦУ с возможными одно- и двукратными ошибками.

Однако моделирование выходной последовательности ЦУ даже с одно и двукратными ошибками весьма трудоемкий процесс с точки зрения программиста. Наиболее реален программно-аппаратный способ моделирования ошибок.

В этом случае плата ЦУ устанавливается на контактное ложе типа "ложе гвоздей", позволяющее принудительно формировать уровни сигналов на внутренних точках ЦУ (как правило, контактах интегральных схем), имитирующие искажения типа const0 или const1 импульсами тока в каждом такте тестовой последовательности в момент считывания выходных

реакций. На ЦУ подается тестовая последовательность, сигналы снимаются или с его выходов или с контактов ложа, в зависимости от режима в котором будет проверяться ЦУ.

Перед имитацией очередной неисправности на БР подается, путем перебора, очередное слово настройки. Имитируются, также путем перебора однократные или в лучшем случае и двукратные неисправности. В противном случае процесс слишком длителен и трудоемок. Для каждого нового слова имитируется все множество имитируемых неисправностей.

При этом для каждого слова настройки в памяти ЭВМ фиксируются характер и координаты непокрываемых неисправностей. При определении нового слова, для которого множество обнаруживаемых ошибок будет являться подмножеством не обнаруживаемых ошибок какого-либо из предыдущих слов настройки, последнее отбрасывается и наоборот - вновь найденное отбрасывается, если какое-либо из предыдущих слов настройки оптимальнее. Результатом работы будет одно или несколько слов, покрывающих каждое в отдельности все имитируемые неисправности. В этом случае выбирается любое из них, а остальные запоминаются и могут быть применены, если практически дают больший эффект, что проверяется уже при серийном контроле ЦУ.

В некоторых сложных случаях результатом поиска могут быть два или несколько слов настройки, покрывающих в совокупности все имитируемые неисправности. В этом случае контроль ЦУ целесообразно осуществлять за несколько циклов подачи тестовой последовательности, поочередно меняя найденные слова настройки в регистре БР.

5. АНАЛИЗ ДОСТОВЕРНОСТИ КОНТРОЛЯ ЦИФРОВОГО УЗЛА

Проанализируем достоверность контроля ЦУ для предлагаемого решения устройства контроля в сравнении с теми же параметрами многоканальных СА [8], [9], [10], а также схемных решений устройств контроля [12], [13].

Анализ достоверности контроля ЦУ многоканальными СА согласно [8], [9] и [10] для ошибок произвольной кратности показывает результат:

$$P_{обнаруж.} \cong 1 - 1/2^k, \quad (2)$$

где k – разрядность регистра СА, $P_{обнаруж.}$ – вероятность обнаружения ошибки.

При $k = 16$ вероятность обнаружения ошибки $P_{обнаруж.} = 0,999985$. Анализ схемного решения СА со сверткой по mod2 [12] согласно [10] показывает неравномерность распределения вероятностей обнаружения ошибки в зависимости от её кратности, что свидетельствует о невысокой эффективности такого алгоритма свертки выходных реакций ЦУ.

Так показано, что для ошибок кратностью 1, 3, 5 вероятность обнаружения равна 0, для кратности 2 – 0,142, для кратности 4 – 0,066 и для ошибки кратности 6 – 0,054 при длине последовательности сворачиваемых сигналов равной 5.

Проанализируем вероятность компенсации ошибки для схемы с параллельно-последовательным преобразователем [13]. Предположим, что имеет место отказ элементов в одной из подсхем ЦУ. Подсхема имеет m выходов на разъем ЦУ искажение сигнала, вследствие отказа имеет место на s выходах.

Как уже было сказано выше, компенсация ошибки для параллельно-последовательного преобразователя [13] может иметь место, если выходные реакции одной подсхемы ЦУ с синдромами ошибки попадают на два соседних входа преобразователя. Тогда попадание любой пары сигналов из s на соседние входы преобразователя может привести к компенсации ошибки. Оценим вероятность такого события. Обозначим через событие А попадание искаженного сигнала на вход преобразователя, где $i=(1..n)$, n – число выходов ЦУ. Тогда

событием В обозначим попадание второго искаженного сигнала на вход преобразователя, где $j \neq i$, $j-i=1$ и $j=(1..n)$.

Искомая вероятность определится как вероятность совмещения событий А и В [16]

$$P(A \text{ и } B) = P(A) \cdot P(B/A), \quad (3)$$

Итак

$$P(A \text{ и } B) = (s/n) \cdot [(s-1)/(n-1)] = [s \cdot (s-1)]/[n(n-1)]. \quad (4)$$

Таким образом, вероятность компенсации ошибки в параллельно-последовательном преобразователе:

$$P_{комп. \text{ и.}} = [s \cdot (s-1)]/[n(n-1)] \quad (5)$$

Отсюда видно, что вероятность компенсации ошибки в преобразователе [13] значительно выше, чем в самом сигнальном анализаторе.

6. УВЕЛИЧЕНИЕ ЧИСЛА ПОДСХЕМ ЦИФРОВОГО УЗЛА

При увеличении числа подсхем ЦУ, т.е. его сложности, снижение достоверности контроля делает нецелесообразными подобные методы преобразования параллельной реакции ЦУ в последовательную.

Рассмотрим теперь БР на ПЗУ 2к x 8 на предмет компенсации ошибки. В этом случае достаточно рассмотреть только любые 2 ПЗУ БР, на которые поступают две группы по 8 сигналов ЦУ.

Берем наихудший случай когда X_i и X'_i , $i=(1..8)$ восемь пар сигналов $X'_i = f(X_i)$, формируемых двумя подсхемами, из которых восемь поданы на входы АО-А7 первого ПЗУ, а другие восемь, которые при суммировании по mod2 в случае ошибки могут вызвать её компенсацию при сложении с соответствующими "двойниками" поданными на первое ПЗУ, поданы на входы АО-А7 второго ПЗУ.

Обозначим эти пары сигналов: X_1 и X'_1 ; X_2 и X'_2 ; ... X_8 и X'_8 . Можно проверить различные способы их подачи на входы ПЗУ АО - А7, однако всегда можно найти хотя бы одно значение разрядов управления А8 - А10, при котором не происходило компенсации ни по одной из пар X_i и X'_i .

Приведем один из рассмотренных способов подачи X_i и X'_i на ПЗУ:

АО А1 А2 А3 А4 А5 А6 А7

ПЗУ1 X_1 X_2 X_3 X_4 X_5 X_6 X_7 X_8

ПЗУ2 X'_1 X'_2 X'_3 X'_4 X'_5 X'_6 X'_7 X'_8

и попробуем циклически сдвигать сигналы X'_i относительно X_i с последующим суммированием по mod2.

Циклический сдвиг осуществляется подачей различных комбинаций от 000 до III на входы А8-А10 ПЗУ. Рассмотрим случаи:

- 1) нет сдвига - возможна компенсация по X_i
- 2) сдвиг на 1 разряд - возможна компенсация по X_3
- 3) "-" на 2 - "-" по X_5
- 4) "-" на 3 - "-" по X_7
- 5) "-" на 4 - "-" по X_2
- 6) "-" на 5 - "-" по X_4
- 7) "-" на 6 - "-" по X_6
- 8) "-" на 7 - компенсация невозможна.

Таким образом, найдено необходимое значение разрядов слова настройки - III, исключающее компенсацию ошибки по 16 выходам ЦУ. Однако полной 100% гарантии, что для всех

типов ЦУ возможно найти такое слово настройки БР, которое исключает всякие возможности компенсации ошибки нет, т.к. могут быть некорректно распределены на один сумматор по mod2 выходы ЦУ с неявными логическими связями, или характер ошибки может приводить к изменению принципиальной схемы ЦУ (замыкания и обрывы печатного монтажа) и появлению между какими-либо выходными сигналами не предусмотренной логической связи.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Несомненным достоинством предлагаемого решения устройства сигнатурного контроля является гибкость по отношению к различным типам проверяемых ЦУ благодаря перестройке БР, возможности наращивания входов анализа выходных реакций ЦУ и достоверности контроля, которая подбором настройки БР может быть практически приближена к достоверности собственно сигнатурного анализатора.

Практическое применение предназначенный узел многоканального сигнатурного контроля нашел в диагностических устройствах контроля серии ЦУ "ДУКАТ" [17], [18], которые имеют 128 каналов контроля реакций ЦУ, 16 разрядный СА, 16 входов для наращивания БР. В БР и СА применены микросхемы КР580, ИР82; К555 КП13, К555ИЛ5, К155 ТМ8.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гордон Г., Надиг Х. Локализация неисправности в микропроцессорных системах по помощи шестнадцатеричных ключевых кодов. - Электроника, 1977, № 5.
2. Сигнатурный анализатор, robotron31020. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. Инструкция по ремонту. Часть I, часть 2. - VEB ROBOTRON - MESSELEKTRONIK OTTO SCHON. DRESDEN.
3. Сигнатурные анализаторы. - Рекламный материал Международной выставки "Связь 1986 г." Внешторгиздат. Изд. № 4167МВ.
4. Спектор. Комбинированный логический анализатор. - Электроника, 1978, № 12.

УДК 373.166.681.3

Ашаев Ю.П., Ашаев С.Ю.

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СИСТЕМЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Внедрение информационных технологий с использованием ПЭВМ в образовательный процесс в настоящее время становится актуальной задачей. Время, когда шли дебаты о том, что лучше: использование ПЭВМ для обучения и контроля знаний или только непосредственное взаимодействие студента с преподавателем, безвозвратно ушло в прошлое. Сейчас актуальной стала проблема более эффективного использования автоматизированных информационных технологий в образовательном процессе. Информационные технологии на базе ПЭВМ, используемые в настоящее время в системе образования, включают широкий набор программных средств, начиная от обучающих программ и программ автоматизированного тестирования до компьютерных систем мониторинга образовательного процесса. Особенно перспективным данное направление стало после внедрения средств ИНТЕРНЕТ в высшей школе, когда появилась возможность использования в образовательном процессе опыта и квалификации не одного преподавателя, а большого коллектива специалистов, рабо-

5. Ярмолик В.Н., Шуть В.Н., Альмяев Б.К. Сигнатурный анализатор для диагностики цифровых блоков. - Вопросы радиоэлектроники, серия ЭВТ, вып. 13, 1986г.
6. Ярмолик В.Н., Шуть В.Н., Чеберкус И.Н. - Сигнатурный анализатор. АС № 1381510, Б.И. № 10, 1988г.
7. Ярмолик В.И., Кобяк И.П., Шуть В.Н. Многоканальный логический анализатор. А.С. № 1193678, Б.И. № 43, 1983г.
8. В.И. Заславский, А.С. Календарев, А.П. Смирнов, Л.А. Шумилов Многоканальный сигнатурный анализатор для проверки многовыходных цифровых устройств. - Вопросы радиоэлектроники. Серия ТПО, 1982г., вып.1.
9. Ярмолик В.Н., Демиденко С.Н. Генерирование и применение псевдослучайных сигналов в системах испытаний и контроля. Минск, Наука и техника, 1986г.
10. В.Н. Ярмолик. Контроль и диагностика цифровых узлов ЭВМ. Минск, Наука и техника, 1988г.
11. Г.Б. Уильямс. Отладка микропроцессорных систем. М., Энергоатомиздат, 1988г.
12. Горохов. Устройство для контроля цифровых блоков. А.С. № 706849, Б.И. № 48, 1979г.
13. Е.И. Мазур, Ю.Г. Шибер. Устройство для контроля логических элементов А.С. № 1182525, Б.И. 36, 1986г.
14. Т.У. Уильямс, К.П. Паркер. Проектирование контролепригодных устройств. ТИИЭР, 1983г. т.71, № 1.
15. В.И. Борщевич, В.Д. Жданов, Е.В. Морщинин, В.В. Сидоренко. Устройство для контроля цифровых блоков. А.С. 1288700.
16. И.С. Пискунов. Дифференциальные и интегральные исчисления. Т.2. М., Наука.
17. Ярмолик В.Н., Шуть В.Н., Чеберкус Н.Н., Ульяновцев А.М. Динамическое устройство контроля алгоритмическое тестовое ДУКАТ-003, ВИМИ, инф. л. № 88 - 2349.
18. Ярмолик В.Н., Бугаев В.В., Шуть В.Н., Чеберкус Н.Н., Ульяновцев А.М., Шацкий А.В. Контроль и диагностика цифровых узлов. - Сб. Обмен производственно-техническим опытом, вып. 7, 1989г.

тающих в данной области знаний.

Процесс использования автоматизированных информационных технологий в системе образования с позиций системного подхода можно рассматривать как большую сложную систему, включающую технические, программные, людские и материальные ресурсы. Технические ресурсы состоят из средств ВТ и сетевого оборудования. К программным ресурсам относятся все программные средства, реализующие информационные технологии в автоматизированном режиме. К людским ресурсам можно отнести самих обучающихся; профессорско-преподавательский состав, осуществляющий разработку учебных программ и методических пособий, а также инженерно-технический персонал, обеспечивающий техническую поддержку учебного процесса. Материальные ресурсы отражают капитальные вложения и эксплуатационные затраты на разработку, развитие и поддержание работоспособности системы информационных технологий (СИТ).

Ашаев Юрий Павлович, к.т.н., доцент каф. информатики и прикладной математики Брестского государственного технического университета.

Ашаев Сергей Юрьевич, студент III курса, гр. АС-13 Брестского государственного технического университета. Беларусь, БГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.