

УДК 621.391

*В. А. КОЛОДЕЗНЫЙ, Е. А. ПИСЬМИЧЕНКО, С. С. СМОЛЬЯНИНОВ,
канд. техн. наук, В. М. УЛЯНИЦКИЙ*

ТЕСТИРОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРОЭВМ

Постоянное усложнение радиоэлектронной аппаратуры, использование в ней больших интегральных микросхем и микропроцессоров приводит к необходимости разработки вопросов тестирования и диагностики неисправностей как на этапе проектирования, так и при изготовлении и наладке [1].

Процедура тестирования в общем случае включает в себя следующие основные этапы: выбор входных воздействий на тестируемое устройство (ТУ); описание на основе анализа функционирования ТУ ожидаемых выходных реакций на соответствующие входные воздействия; генерация входных воздействий и выдача их на ТУ; регистрация выходных реакций; сравнение выходных реакций с ожидаемыми

и анализ результатов [2]. Данная процедура тестирования может быть реализована различными способами. Наибольшее распространение получили анализаторы логических состояний (АЛС) и сигнатурные анализаторы [3].

Для производственных испытаний и эксплуатационного обслуживания в основном применяется аппаратный анализ, который позволяет, прослеживая сигнатуры в контрольных точках схемы, быстро и точно отыскивать вышедший из строя элемент. Метод не требует высокой квалификации персонала, легко автоматизируется, однако использовать его на этапе проектирования невозможно.

В основе работы современных АЛС лежит метод тестирования статическими сигналами (МТСС) [3]. Суть его заключается в том, что состояние всякой замкнутой системы остается неизменным произвольно долго, пока не возникнет воздействие (причина), вынуждающее систему изменить свое состояние. В соответствии с принципом физического детерминизма, базирующего на полном априорном знании всех входных воздействий и структуры ТУ, наблюдение системы в данный момент позволяет однозначно определить ее состояние в любой другой момент времени.

Все цифровые схемы, синтезируются из последовательностных и комбинационных элементов и имеют статическую природу. Так, различные декодеры, мультиплексоры, буферные передатчики и другие блоки, выполненные в виде комбинационных логических схем, сохраняют выходную информацию неизменной в течение всего периода времени, пока остаются неизменными входные сигналы. Статистическая природа последовательностных элементов следует из их сути.

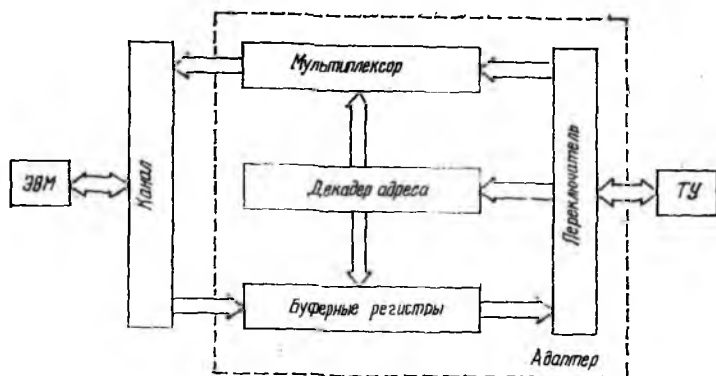
Таким образом, возможность произвольно долго сохранять выходную реакцию на выходах тестируемых элементов позволяет использовать для их тестирования МТСС.

При тестировании с помощью АЛС для каждого конкретного вида неисправностей необходимо разрабатывать собственную процедуру испытаний. При этом один из основных моментов — построение разработчиком тестовых программ. На их основе с помощью аппаратных средств формируются входные воздействия, представляющие собой комбинации импульсных сигналов с заданными временными характеристиками и стандартными уровнями. Для регистрации выходных реакций используются запоминающие устройства, помпараторы и специальные блоки распознавания событий, входящие в состав логических анализаторов. Следовательно, АЛС требуют для своей реализации значительных материальных затрат, при этом позволяют тестировать лишь определенные группы устройств, а их переналадка на другие группы зачастую малоэффективны.

Преодолеть эти трудности в значительной степени позволяет построение АЛС на базе микроЭВМ (например, «Электроника-60»), который был реализован авторами при разработке быстродействующего специализированного процессора обработки сигналов.

Рассмотрим основные особенности процесса тестирования с помощью такого рода АЛС. ТУ связывается с каналом ЭВМ через адаптер

(рисунок). Тестовые входные сигналы выдаются на ТУ из ЭВМ через буферные регистры адаптера и переключатель, а выходные сигналы поступают в ЭВМ через переключатель и мультиплексор. Переключатель позволяет произвести поразрядное подсоединение входных сигналов к выбранным алгоритмам тестирования точкам схемы ТУ. Необходимость введения переключателя связана с индивидуальными особенностями ТУ и его блоков. Аппаратурно он может быть выполнен в виде коммутационного поля или с использованием переключательных матриц. В последнем случае коммутация производится программно. Входные и выходные сигналы обычно формируются из следующих основных частей: адресной, информационной и управляющей, причем разрядность каждой части определяется структурой ТУ и алгоритма тестирования.



В связи с этим целесообразно выбирать разрядность буферных регистров и мультиплексора равной разрядности используемой ЭВМ, а количество регистров и число входов мультиплексора — как частное от деления (с округлением до наибольшего целого) числа разрядов входного или выходного сигнала на разрядность ЭВМ.

При использовании 16-разрядной микроЭВМ «Электроника-60», как показала практика, оказалось достаточно иметь четыре буферных регистра и четырехходовой мультиплексор, что позволило реализовать адаптер с незначительными материальными затратами.

Регистры и мультиплексор подключаются к ЭВМ как внешние устройства, при этом каждому регистру и каждому входу мультиплексора присваивается свой адрес. Если в ТУ имеются внутренние генераторы, управляющие последовательностью выполняемых операций, то они отключаются, а их функции возлагаются на управляющую ЭВМ. Сами генераторы проверяются другими методами, например, с помощью осциллографа.

При составлении тестовых программ желательно максимально использовать собственное матобеспечение ЭВМ, дополнив его драйверами связи с нестандартными внешними устройствами и макрокомандами для оперирования с отдельными разрядами (битами) сигналов. В процессе тестирования проводится отбор лучших программ, которые затем включаются в пакет тестовых программ ТУ.

Программы группируются по выполняемым функциям.

Программы формирования тестовых воздействий и возможных выходных реакций. Эти программы составляются для ТУ в целом, а также для различных его модулей (устройств, печатных плат и пр.). На основании алгоритма работы ТУ и составляющих его частей разработчик находит верные отклики, с которыми в дальнейшем производится сравнение реальных выходных сигналов. Как правило, в процессе тестирования производится модификация входных воздействий с целью повышения информативности теста в целом.

Программы анализа выходных реакций. Это наиболее сложная часть программного обеспечения. На начальной стадии разработчик непосредственно наблюдает выходные сигналы и определяет по ним работоспособность проверяемого модуля. По мере выявления и накопления формальных признаков неисправностей составляются программы принятия решений и выдачи, например, на дисплей сообщений об их характере.

Пакет обслуживающих программ. Как правило, стандартных обслуживающих программ и фрайверов ввода-вывода, входящих в операционную систему ЭВМ, недостаточно или они малопригодны для целей тестирования. Поэтому разработчик может дополнить операционную систему или сохранять свои программы в ПЗУ или на внешних магнитных носителях.

В таблице приведены разработанные авторами обслуживающие программы и объем занимаемой ими памяти.

№ п/п	Назначение обслуживающей программы	Объем памяти (байт)
1'	Перевод двоичной информации в 8-ричную (или десятичную) с выводом на дисплей	52
2	Распечатка содержимого ячеек памяти в 8-ричном коде	108
3	Распечатка по битам	104
4	Копирование информации в ОЗУ	16
5	Занесение информации в ПЗУ	36
6	Запись символьной информации в ОЗУ	80
7	Вывод символьной информации на дисплей	44
8	Маскирование выходных регистров интерфейса для селективного анализа их содержимого	16
9	Вывод графиков	356

Как видно, количество разработанных обслуживающих программ относительно невелико, а объем занимаемой ими памяти незначителен, реализация дополнительного математического обеспечения не вызывает затруднений.

Приведенная методика тестирования с помощью микроЭВМ показала на практике высокую эффективность в смысле простоты реализации и требуемого объема математического обеспечения. К недостаткам можно отнести то, что тестирование проводится на скорости, ниже рабочей (если тактовая частота ТУ выше, чем ЭВМ). Когда система не работает на пониженной скорости, то она заведомо неработоспособна.

С другой стороны, если система выдержала испытания, то это позволяет утверждать, что заложенный алгоритм ее функционирования выполняется правильно, неисправных элементов нет и с большой вероятностью система будет работать и при расчетном быстродействии (при правильном конструкторском решении). В частности, проблема быстродействия не возникает при тестировании системы или ее блоков, если они уже работали, но по каким-либо причинам отказали.

Таким образом, метод тестирования статическими сигналами с использованием микроЭВМ гибко настраивается на выполнение практически любых задач цифрового тестирования, и его можно успешно применять для решения задач проектирования и наладки новых радиоэлектронных систем без значительных материальных затрат.