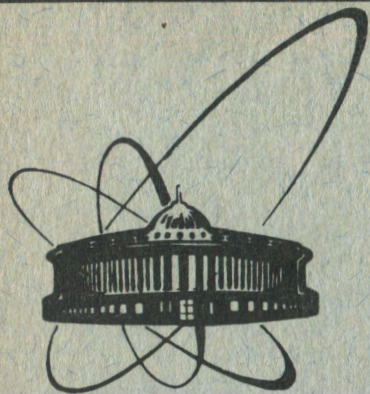


91-45



сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

P11-91-45

Ф. В. Левчановский, Т. Ф. Сапожникова

МИКРОПРОГРАММНОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ
ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРОЦЕССОРА
И ПАМЯТИ В МКБ-8601

1991

В ЛВТА ОИЯИ создана вычислительная машина МКБ-8601 /1/ с микропрограммным принципом управления, для наладки и эксплуатации которой необходима эффективная система тестирования.

Если рассматривать архитектуру вычислительной машины как многоуровневую /2/, то окажется, что каждый очередной уровень зависит от функционирования предыдущего. В вычислительных машинах с аппаратной реализацией системы команд тесты пишутся на языке команд машины. В машинах с микропрограммным управлением на начальном этапе в процессе наладки аппаратуры возможно использование только микропрограммных тестов. Более того, некоторые режимы работы и отдельные блоки центрального процессора (ЦП) недоступны или труднодоступны на командном уровне (например, кэш или режим блочной передачи информации). Далее, после наладки аппаратуры и подготовки микропрограмм для исполнения команд уже могут реально использоваться и командные тесты. Однако назначение командных тестов в этом случае ограничено, т.к. они проверяют либо правильность исполнения команд, либо часть аппаратуры, которая не используется в процессе работы теста (например, свободная после записи теста часть ОЗУ или память и регистры внешних устройств), либо в принципе проверяют работоспособность всей машины, как правило, без локализации места неисправности.

В некоторых вычислительных машинах для организации тестов может использоваться пульт ЭВМ. Но архитектура МКБ-8601 такова, что для обеспечения доступа к регистрам и внутренней памяти ЦП с помощью пульта процессора (ПП) нужно, чтоб основная часть ЦП функционировала, что затрудняет использование ПП в тестах.

Поэтому при настройке и в дальнейшем в процессе эксплуатации для локализации места неисправности используются в основном микропрограммные тесты.

Структура микропрограммных тестов и методика тестирования

Перечислим основные блоки МКБ-8601, используемые в микропрограммных тестах (рис.1):

- блок микропрограммного управления (БМПУ) - своего рода процессор уровня микромашины с ОЗУ микропрограмм;

- микропроцессор К580ВМ80 с собственной памятью, в которой находится программа-монитор, управляемая с дисплея и исполняющая простейшие функции (пуск с заданного адреса, просмотр памяти и т.д.). Все это необходимо для загрузки микропрограмм, запуска микропрограммных тестов и инициализации ЦП;

- блок обмена информацией с пультовым процессором (БОПП), представляющий из себя двухпортовую память (16 8-разрядных регистров), доступную как БМПУ, так и К580ВМ80. Эти регистры - часть собственной памяти К580ВМ80, поэтому их содержимое можно просмотреть на экране, используя стандартные команды монитора.

После загрузки теста в ОЗУ микропрограмм К580ВМ80 запускает заданный тест, подставляя его адрес в ОЗУ микропрограмм. Результат работы теста записывается в БОПП.

Все микропрограммные тесты в зависимости от объектов тестирования функционально делятся на 10 отдельно загружаемых частей. Каждая часть микропрограммных тестов состоит из независимых подпрограмм, проверяющих какой-либо функциональный блок.

Все тесты по мере возможности унифицированы (рис.2). Каждый из них имеет свой номер, который записывается в 0-й регистр БОПП. Индикация работы теста производится изменением кода в 3 регистре. При обнаружении ошибки во 2-й регистр записывается код ошибки, а в 1-ый регистр - условный код, показывающий, при какой ситуации обнаружена ошибка (например, первое чтение или последующие и т.д.). В 8-15 рег. БОПП, как правило, данные, получаемые при чтении, в 4-7 регистрах - адрес. Содержимое регистров просматривается на дисплее командами монитора К580ВМ80. Такая организация тестов с

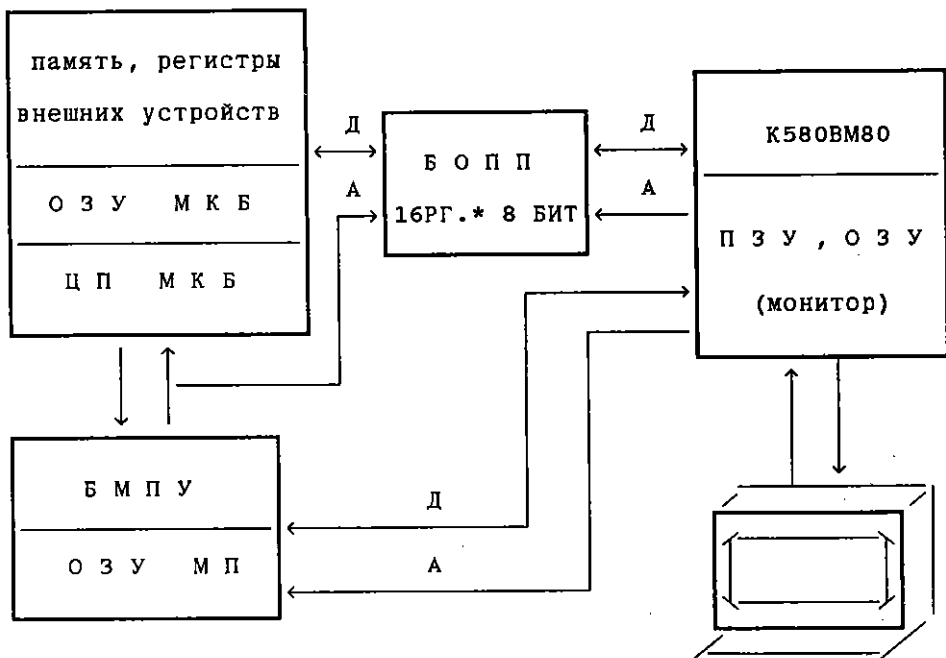


Рис.1. Основные функциональные узлы МКБ-8601, используемые в микропрограммных тестах. А - адрес, Д - данные.



Рис.2. Назначение регистров БОПП при микропрограммном тестировании.

записью результатов в БОПП позволяет следить за их исполнением без анализирующей аппаратуры.

Тесты центрального процессора

Тесты ЦП построены по методике "расширяющегося ядра" /3/. Сначала проверяются блоки ЦП, без нормальной работы которых невозможна работа более сложных тестов. Это - БМПУ, где проверяется правильность исполнения микрокоманд и формирование признаков условий; регистры БОПП, используемые для записи информации о работе тестов; микропроцессорные секции, состоящие из внутренних регистров и АЛУ; выходные признаки АЛУ для анализа результатов.

После проверки этих блоков ЦП, и используя их в качестве эталонных выполняется тестирование следующих более сложных и независимых блоков:

- блок работы с командным словом, включающий регистр командного слова, адрес команды, код операции и индекс-регистр; регистры операнда, результата и тега;

- арифметические блоки: сдвигатель, блок поиска левой единицы;

- блок индекс-регистров или модификаторов, состоящий из регистра номера группы и групп индекс-регистров;

- блок формирования физического адреса, в состав которого входят регистры приписки, регистры номера процесса, исполнительного адреса, физической страницы и т.д.

Порядок проверки регистров и памяти, входящих в состав этих блоков, следующий:

- запись заданного числа (для тестов памяти - запись по заданному адресу);

- запись констант "0" или "1";

- запись переменного числа;

- запись home-адреса и инвертированного адреса (для тестов памяти).

После успешного завершения тестов для внутренних блоков ЦП проверяются ОЗУ МКБ-8601 (см. ниже), специальные режимы работы памяти, кэш команд и операндов, схема исправления ошибочных разрядов памяти.

Последняя и самая большая часть тестов - проверка прерываний, возникающих при формировании исполнительного адреса и при обращениях к ОЗУ, условий их формирования и приоритетов.

Тесты ОЗУ МКБ-8601

Один из наиболее сложных моментов при работе МКБ-8601, так же, как и любой другой машины, - это взаимодействие ЦП и ОЗУ. Поэтому для проверки ОЗУ подготовлен отдельный большой пакет тестов.

Все тесты ОЗУ можно поделить на несколько групп:

- так называемые линейные тесты, где данные по каждому адресу ОЗУ проверяются независимо от всех остальных. Скорость их исполнения пропорциональна емкости ОЗУ N . Они используются прежде всего для наладки блока управления памятью, проверки адресных шин и шин данных, а также для предварительной проверки самой памяти. Это тесты попеременной записи в память "0" и "1", запись шахматного кода, запись данных, равных адресу, перемещаемому в пределах длины слова, тест типа "крест" /4/ и т.д.

- квадратичные тесты, у которых проверяются все попарные передачи информации между любыми двумя элементами памяти. Скорость их исполнения пропорциональна N^2 . Как правило, эти тесты используются для производственного тестирования микросхем памяти. Это тесты типа "галоп", "попарная запись - считывание с полным перебором" /4/. Скорость их исполнения и эффективность поиска ошибок невелики, поэтому при наладке они использовались достаточно редко.

- тесты, скорость исполнения которых пропорциональна $N^{3/2}$, занимающие промежуточное положение между линейными и квадратичными тестами. Поскольку каждая микросхема памяти есть матрица размером $\sqrt{N} * \sqrt{N}$, данные по выбранному адресу для повышения эффективности алгоритма проверяют с передачей информации не по всем адресам, а только по тем, при обращении к которым по предположению возникает максимальное количество помех. Например, данные по выбранному адресу

проверяют с пересылками данных по адресам, пересекающим выбранный адрес по строке или столбцу. Эти тесты наиболее приемлемы, т.к. позволяют достаточно хорошо проверить всю память за разумное время. Это тесты "бегущий столбец", "бабочка" /4/.

- специальные тесты - это тесты, учитывающие специфику ОЗУ прежде всего как динамической памяти. Например, для проверки процесса регенерации в тестах после цикла записи перед контрольным считыванием делается пауза, превышающая по времени цикл регенерации. В другом случае перед контрольным считыванием делается обращение по соседним адресам памяти, вносящее дополнительные помехи в цикл регенерации по выбранному адресу. Это тест "возбуждение накопителя многократным считыванием" /4/.

В состав аппаратуры управления памятью входит генератор кода Хемминга, исправляющего однократные ошибки /5/. Для более эффективной проверки памяти необходимо отключить на время прогонки любого теста схему исправления ошибок, либо во время работы теста следить за изменением синдрома, исправляющего ошибки, и по его коду определять номер ошибочного разряда.

Микропрограммные тесты других объектов (регистров и памяти пульта процессора)

Кроме ОЗУ на общую шину МКБ-8601 выходит пульт процессор (ПП). Часть его регистров и памяти доступна ЦП через адреса внешних устройств /1/. Проверка этих узлов машины возможна тестами, написанными на командном уровне. Но поскольку в процессе исполнения команд используются дополнительные сигналы (выборка командного слова, чтение и запись операнда), они затрудняют изучение ситуации. Поэтому лучше поступать последовательно и на первых этапах наладки использовать микропрограммные тесты.

Для этих целей были созданы тесты, проверяющие память двойного доступа ПП, часы и таймер астрономического времени и т.д.

Комплекс микропрограммных тестов позволил настроить

практически все узлы МКБ-8601, доступные микропрограмме. Кроме того, полный или упрощенный вариант этих тестов может использоваться при регулярной проверке аппаратуры и для поиска неисправностей при неполадках.

Суммарный объем тестов - более 100К байт.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Давыдов А.Л., Емелин И.А., Кадиков В.М., Ломидзе О.Н., Левчановский Ф.В., Попов М.Ю., Сапожников А.П., Сапожникова Т.Ф., Силин И.Н., Принципы организации и архитектура процессора-эмулятора МКБ-8601. - Дубна, ОИЯИ, Б1-11-88-442, 1988

2. Э.Таненбаум, Многоуровневая организация ЭВМ. - Москва, Мир, 1979

3. Вопросы радиоэлектроники, сер. ЭВТ, 1982, вып.16, стр. 31-38

4. Полупроводниковые БИС запоминающих устройств. Справочник., под ред. Гордонова А.Ю., Дьякова Ю.Н. - Москва, Радио и связь, 1986

5. Р.Блейхут, Теория и практика кодов, контролирующих ошибки. - Москва, Мир, 1986

Рукопись поступила в издательский отдел

24 января 1991 года.