

полняться основная программа. Следует помнить, что до совершения обмена не должно изменяться состояние регистра управления крест-контроллера.

Конец обмена может быть определен программно по нулевому состоянию счетчика слов либо по прерыванию.

Команды КАМАК для обращения к модулю ПДП: $A(1)F(16)$ — запись в PгA; $A(1)F(0)$ — чтение PгA; $A(3)F(16)$ — запись в СС; $A(3)F(0)$ — чтение СС; $A(2)F(16)$ — запись в PгУ; $A(4)F(17)$ — запись (установка/сброс) триггера маски запроса ($W1$); $A(4)F(1)$ — чтение запроса под маской ($R5$) и триггера маски ($R13$).

Рассмотрим работу модуля ПДП при передаче данных в ОЗУ из модуля обмена (рис. 3, а). По сигналу ГОД («Готовность данных»), выдаваемому модулем обмена на сквозной шине магистрали (B1), происходит захват ОШ. При выдаче на ОШ сигнала ЗАН в контроллер подаются сигналы СхЗ и ЗАПУСК КИД. Кроме того, в контроллер поступают N и A модуля обмена, а также сигналы УПР <0,1> в К, определяющие F . Контроллер вырабатывает цикл КАМАК, записывает в свой регистр данные из модуля обмена и выдает их на ОШ в сопровождении импульса СхИ из К. По переднему фронту СхИ из К выдаются СхЗ в ОШ и команда ЗАПИСЬ на шинах УПР <0,1> в ОШ. После приема и записи данных память отвечает сигналом СхИ из ОШ, по которому сбрасываются СхЗ в К, СхИ из К, СхЗ в ОШ, СхИ из ОШ. Адрес в PгA наращивается по заднему фронту СхЗ в ОШ, а СС уменьшается по заднему фронту СхИ из ОШ.

Следующий цикл передачи данных возникает при отсутствии сигналов СхИ из ОШ, СхИ из К, сохранении ЗАН и наличии ГОД. Сигнал ГОД может сниматься модулем обмена по импульсу $S2$ и выставляться вновь по мере готовности данных. Если скорость работы модуля выше максимальной скорости обмена, то модуль может не снимать этот сигнал до конца обмена данными. С передачей последнего слова данных импульсом СхИ из ОШ сбрасывается СС, снимается сигнал ЗАН, и ОШ освобождается.

Диаграмма работы модуля ПДП при поступлении данных из ОЗУ в модуль обмена (рис. 3, б) отличается тем, что сначала происходит обмен данными между ОЗУ и контроллером, а потом между контроллером и модулем обмена.

Модуль ПДП имеет размер 2М, на передней панели размещены три разъема. В кресте он обычно занимает 22-ю и 23-ю станции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мячев А. А., Филипов Е. Н. Система КАМАК. Устройства сопряжения КАМАК с малыми ЭВМ. М., изд. ЦНИИТЭИприборостроения, 1976, с. 50—65.
2. Браньковски Е., Елизаров О. И., Жуков Г. П., Ким Ен Нам. Контроллер каркаса в стандарте САМАС для связи с ЭВМ М400. Ч. 2. Блок передач по каналу прямого доступа. — РЖ Физика, 1977, реф. 9А203.

Поступило в редакцию 29 мая 1979 г.

УДК 681.32

А. Н. КАСПЕРОВИЧ

(Новосибирск)

ПРОГРАММНО-УПРАВЛЯЕМЫЙ КОММУТАТОР ЗАПРОСОВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРИОРИТЕТАМИ МОДУЛЕЙ В КОНТРОЛЛЕРЕ КАМАК

При проектировании системных средств КАМАК важное место занимает разработка устройств, обеспечивающих обслуживание запросов модулей. Обслуживание запросов (идентификация, выделение наиболее приоритетного запроса, изменение уровня приоритетов, маскирование и т. д.) может осуществляться как программными, так и аппаратными методами; при этом использование аппаратных средств обеспечивает значительное ускорение обслуживания.

Необходимые для осуществления обработки запросов аппаратные средства могут размещаться как в специальных модулях — сортировщиках запросов [1], так и непосредственно в контроллерах. Так, например, в контроллере [2] применяется устройство, решающее задачи выделения запроса старшего приоритета и идентификации его. В этом контроллере запросы поступают на вход сортирующего устройства, которое, анализируя их, выдает вектор прерывания (адрес, по которому начинается подпрограмма обслуживания) самого приоритетного запроса.

Другая задача — управление приоритетами запросов — может в принципе осуществляться с помощью коммутации запросов, поступающих на вход сортирующего устройства контроллера. Изменение уровня приоритета желательно выполнять с помощью ЭВМ, управляющей крестом через контроллер. Коммутация запросов с помощью механических переключателей неоперативна и не всегда удобна.

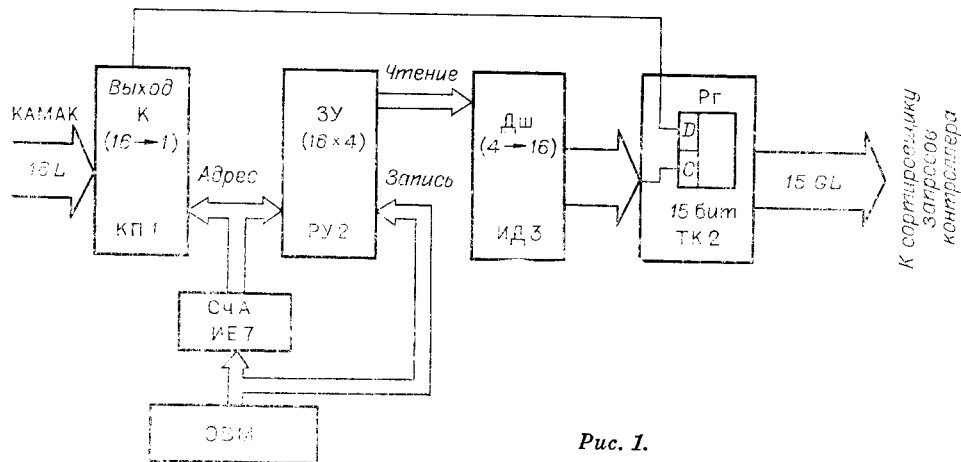


Рис. 1.

Для подобной цели может быть использовано устройство, функциональная схема которого представлена на рис. 1. Это устройство содержит коммутатор (К), счетчик адресов (СЧА), память (ЗУ), дешифратор (Дш) и выходной регистр (Рг). На вход устройства поступают запросы L от магистрали, а с его выхода — упорядоченные запросы GL на вход сортировщика запросов контроллера.

В память устройства предварительно (перед началом работы) с помощью управляющей ЭВМ записываются уровни приоритетов, присваиваемые модулям (см. таблицу). По первому адресу записывается уровень приоритета, присваиваемый первому запросу $L1$, по второму — уровень приоритета, присваиваемый $L2$ и т. д.

В рабочем режиме коммутатор по командам счетчика адресов поочередно и непрерывно опрашивает состояние всех шин L . Одновременно из памяти извлекается номер приоритета, который присвоен данному запросу. Дешифратор преобразует двоичный код приоритета в позиционный. В триггер регистра, номер которого определяется этим кодом, записывается состояние анализируемой шины L . Таким образом, при циклической работе счетчика адресов (запускаемого от внутреннего генератора импульсов) на выходе регистра будут появляться и исчезать упорядоченные запросы в соответствии с их появлением и исчезновением на магистрали. Задержка упорядоченного запроса в худшем случае определяется временем полного цикла счетчика адресов.

При этом упорядоченные запросы модулей расположатся в регистре описываемого устройства в порядке присвоенных им приоритетов. Поскольку в сортировщике запросов контроллера приоритет входных шин определяется их порядком, то в результате запросы модулей будут обслуживаться в соответствии с установленными приоритетами. Упорядоченный запрос низшего приоритета может запрещаться в сортировщике запросов контроллера, и тем самым осуществляется маскирование запросов модулей этого уровня приоритета. Так как векторы прерывания сортировщика запросов жестко связаны с номерами его входных шин, то при коммутации запросов (изменении их уровня приоритета) следует соответственно изменять стартовые адреса подпрограмм обслуживания этих запросов, расположенных в ячейках памяти ЭВМ, переход к которым осуществляется по вектору прерывания.

В сортировщике запросов контроллера [3] для выделения наиболее приоритетного запроса используются микросхемы блоков приоритетного прерывания 589ИК14. В этом контроллере маскирование запросов осуществляется по методу «скользящей границы». ЭВМ устанавливает в сортировщике код текущего приоритета и тем самым разрешает прохождение запросов, начиная с уровня текущего приоритета. Недостатком подобного маскирования при фиксированном присоединении шин запросов в сортировщике запросов контроллера является то, что оно не дает возможности запретить запрос произвольного модуля. В то же время применение в этом случае описываемого устройства позволяет осуществлять запрещение произвольных запросов.

Оборудование, требуемое для построения 16-канального коммутатора запросов при использовании расширенной серии 155, составляет около двенадцати

Запрос	Адрес в ЗУ	Приоритет запросов в ЗУ		Выход Дш
		Десятичный код	Двоичный код	Позиционный код
$L1$	0001	5	0101	000...010000
$L2$	0010	15	1110	010...000000
.
.
$L15$	1111	6	0110	000...100000
$L16$	0000	3	0011	000...000100

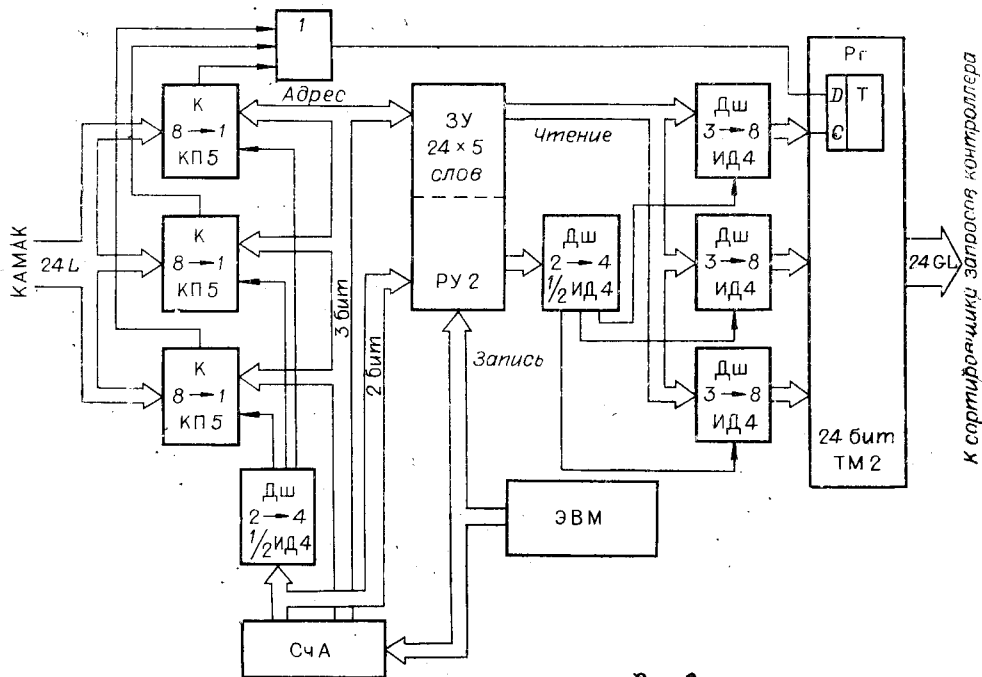


Рис. 2.

ти корпусов (коммутатор — один корпус КП1, счетчик — один корпус ИЕ7, память — один корпус РУ2, дешифратор — один корпус ИД3 и регистр — 8 корпусов ТК2). Для связи с ЭВМ, конечно, потребуется дополнительное оборудование, но его будет сравнительно мало, так как для этой цели может быть использовано существующее оборудование контроллера. Заметим, что в отработанных системах микросхемы ОЗУ могут быть заменены на ППЗУ или даже ПЗУ.

Наиболее неприятной в работе подобного устройства будет ситуация, когда после обслуживания какого-либо запроса этот запрос в модуле будет сброшен, но на выходе устройства упорядоченный запрос просуществует еще некоторое время и в принципе сможет вызвать повторное прерывание. В связи с этим задержка в коммутаторе запросов должна быть меньше интервала времени между моментом сброса запроса в модуле и моментом начала нового анализа состояния упорядоченных запросов.

Оценим время задержки в коммутаторе:

$$t_a = t_{сч} + t_n + t_{дш} + t_{рг},$$

где $t_{сч}$ — задержка в счетчике (от импульса счета до установления числа) 25 нс; t_n — задержка в памяти в режиме чтения (от установки адреса до установки числа) 90 нс; $t_{дш}$ — задержка в дешифраторе (установка выходных сигналов относительно управляющих) 35 нс; $t_{рг}$ — задержка в регистре 50 нс.

Задержка в коммутаторе запросов меньше, чем суммарная задержка в памяти и дешифраторе, и поэтому ее можно не учитывать. Общее время задержки t_a для описываемого устройства составит около 200 нс, а время полного цикла — 3,2 мкс.

Блок-схема подобного устройства на 24 запроса представлена на рис. 2. Для ее реализации требуется около 22 корпусов. В связи с некоторым увеличением цикла (на одну задержку в дешифраторе) время такта будет 225 нс, а время общего цикла — 5,45 мкс.

При дальнейшем увеличении объема оборудования можно организовать параллельную работу устройства, одновременно опрашивая и передавая в выходной регистр состояния нескольких шин запросов.

В том случае когда сброс обслуженного запроса и разрешение нового прерывания будут осуществляться последовательно двумя командами ЭВМ, при длительности выполнения команды более 6 мкс (что справедливо, например, для ЭВМ типа «Электроника-60») ошибочные повторные запросы возникать не будут. Поэтому можно сделать вывод о целесообразности использования подобного устройства для изменения приоритетов запросов в контроллерах, управляемых мини-ЭВМ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Никитюк И. М. Программно-управляемые блоки в стандарте КАМАК. М., Энергия, 1977, с. 22—116.
2. Елизаров О. П., Жуков Г. П., Мячев А. А. Контроллер каркаса в стандарте КАМАК для связи с ЭВМ М400.— Препринт П-8396. Дубна, изд. ОИЯИ, 1974.
3. Касперович А. П., Солоненко В. П. Крейт-контроллер к ЭВМ «Электроника-60».— В кн.: Автоматизация научных исследований на основе применения ЭВМ. (Тезисы докладов Всесоюз. конф.) Новосибирск, изд. ИАиЭ СО АН СССР, 1979.

Поступило в редакцию 28 июля 1979 г.;
окончательный вариант — 2 октября 1979 г.

УДК 681.3.06

М. Н. БУХАРОВ, Г. А. ВАСИЛЬЕВ, А. Н. ВЫСТАВКИН, В. С. ЛОЗЮК,
С. В. ЛУКОШКОВ, А. Я. ОЛЕЙНИКОВ, Е. В. ПАНКРАЦ, Л. З. ПОСОШЕНКО,
А. П. СМУРЫГОВ, В. А. ТИМОФЕЕВ

(Москва)

МАШИННОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ АППАРАТУРЫ КАМАК В СОСТАВЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ

1. **Введение.** Функциональные модули, входящие в измерительно-вычислительные комплексы (ИВК), за редким исключением, являются программно-управляемыми устройствами. Это обстоятельство создаст предпосылки для машинного тестирования отдельных модулей и их групп. В то же время специфика аппаратуры, выполненной в стандарте КАМАК, накладывает ряд особенностей на организацию ее тестирования [1]. В данной статье рассмотрены аппаратно-программные комплексы, предназначенные для тестирования систем КАМАК; приведены результаты разработки технических и программных средств тестирования.

2. **Принципы тестирования.** Опыт машинного тестирования КАМАК-аппаратуры, накопленный при создании тестового обеспечения ИВК, показал, что тестирование должно позволять проводить как общую проверку работоспособности аппаратуры по ряду основных параметров, так и детальную оценку функционирования каждого модуля с локализацией неисправности.

Общая проверка необходима в первую очередь при выпуске аппаратуры на заводе-изготовителе. Более детальное тестирование требуется при наладке аппаратуры, а также при анализе неисправности в системе на стадии эксплуатации.

2.1. *Проверка функционирования всего набора модулей в совокупности.* При такой проверке все модули находятся в крейте на определенных станциях и соединены по передним панелям определенным образом с помощью кабелей. Тест проверяет реакцию каждого из модулей на допустимые и недопустимые для данного модуля КАМАК-команды и субадреса. Для модулей, соединенных внешними связями, проводится проверка реакции на специфичные для таких цепочек модулей последовательности команд.

Описанный выше способ тестирования был впервые использован для проверки функционирования модулей крейта КАМАК 1, входящего в состав ИВК-1 и ИВК-2*.

Для такого тестирования характерна минимальная занятость оператора. Как правило, во время прохождения тестов перекоммутация внешних связей не проводится, дополнительная измерительная и технологическая аппаратура не используется. Такая проверка поверхностная и охватывает далеко не все параметры модулей.

2.2. *Детальная проверка отдельных модулей или групп модулей с локализацией неисправности.* При детальной проверке отдельных модулей или групп модулей имитируются все, за небольшим исключением, режимы работы модуля с проверкой по возможности всех параметров модуля (реакция на КАМАК-команды, время срабатывания, выходное сопротивление и т. д.). Это достигается путем использования специальных (технологических) модулей, измерительной аппаратуры и специально разработанных средств перекоммутации (имитатора объекта).

Описываемый метод тестирования явился дальнейшим развитием способа, изложенного в п. 2.1, и был впервые применен для тестирования крейта КАМАК 2, входящего в состав ИВК-3.

* Большинство тестовых программ было разработано специалистами ИНЭУМа.