

имеется память для хранения лишь одного кадра). Оперативная память модуля выполнена на 15 микросхемах динамической памяти емкостью 4 Кбит. ПЗУ для хранения матриц символов выполнено на 15 микросхемах постоянной памяти емкостью 1 Кбит. ГЕНЕРАТОР ЗНАКОВ имеет выходы для управления цветным телевизионным монитором. Ширина модуля 1 М.

Модули ПРИВОД ТЕЛЕВИЗОРА и ГЕНЕРАТОР ЗНАКОВ могут широко использоваться как дешевое средство оперативного вывода информации из ЭВМ.

Поступила в редакцию 3 марта 1980 г.

УДК 621.326.3

В. Е. СОЛОБОВ, В. И. СОЛОНЕНКО

(Новосибирск)

КОНТРОЛЛЕР КАМАК К ЭВМ «ЭЛЕКТРОНИКА-60» С ВНУТРЕННЕЙ ОБРАБОТКОЙ ЗАПРОСОВ

В обычно использующихся контроллерах для микро-ЭВМ «Электроника-60» время реакции на запрос составляет около 20—25 мкс (а из-за регенерации в памяти это время может достичь 180—200 мкс). Кроме того, пересылка информации «модуль — модуль» требует по времени 30—35 мкс. Все это существенно ограничивает возможности обслуживания быстропротекающих процессов. Была поставлена задача разработки контроллера крейта КАМАК для микро-ЭВМ «Электроника-60», который наряду с реализацией обычных режимов (программного и прерываний) обеспечивал бы время реакции на запрос менее 1 мкс и темп обмена «модуль — модуль» в одном крейте для некоторого класса запросов до 2,5—3 мкс.

При разработке данного контроллера была использована следующая идея: ввести в контроллер собственное ЗУ, в которое от ЭВМ загружаются программы обработки запросов магистрали. По запросам модулей с минимальной задержкой контроллер должен выдавать из этого ЗУ на магистраль крейта необходимые сигналы управления и обеспечивать передачу данных внутри крейта. Подобные идеи децентрализации функций управления высказывались и ранее (см., например, [1, 2]), однако работоспособные устройства такого типа еще мало распространены (по видимому, из-за трудностей технической реализации).

В качестве базового варианта для контроллера с внутренней обработкой запросов (ВОЗ) был принят разработанный в ИАиЭ СО АН СССР контроллер [3]. Данный контроллер содержит все узлы базового, а режим ВОЗ и его стыковка с другими режимами получены за счет введения 35 микросхем средней интеграции, на которых реализованы ЗУ и необходимые управляющие узлы.

Структурная схема контроллера представлена на рис. 1. В ней по сравнению с базовым вариантом добавлено только два узла — регистр-счетчик адреса ЗУ РСА и оперативная память программ обслуживающая РНАП, а также модернизировано устройство управления. Форматы регистров контроллера представлены на рис. 2.

Работа в обычных программном режиме и режиме прерываний здесь подробно не рассматривается, так как она описана в [1]. В режиме ВОЗ все запросы уровнем приоритета, записываемым в регистр приоритета

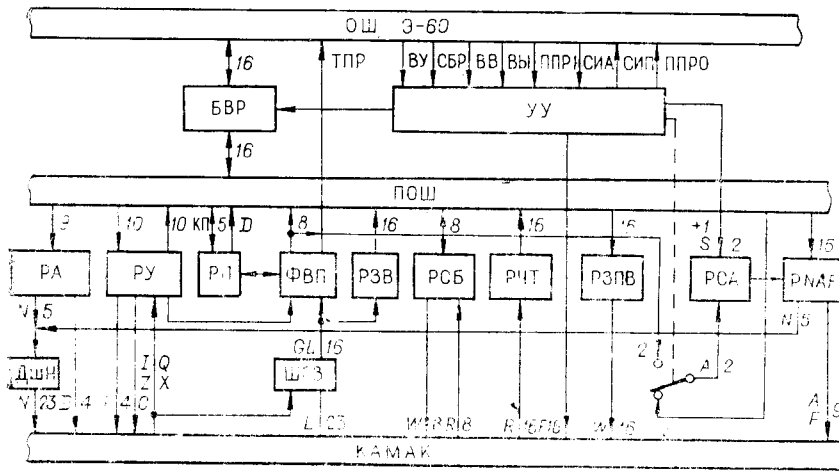


Рис. 1. Структурная схема контроллера:

ОШ Э-60 — общая шина ЭВМ Э-60, БВР — буферный вентиляльный регистр, УУ — устройство управления, ПОШ — псевдообщая шина, РА — регистр адреса, РУ — регистр управления, РП — регистр приоритета, ФВП — формирователь вектора прерывания, РЗВ — регистр запросов вентиляльный, РСБ — регистр старшего байта, РЧТ — регистр чтения, РЗПВ — регистр записи вентиляльный, РСА — регистр-счетчик адреса, РНАФ — регистр NAF, ДШН — дешифратор номера (станции), ПГЗ — шифратор групповых запросов.

контроллера, делятся на две группы — внешние и внутренние (в обычном режиме прерываний это соответственно разрешенные и запрещенные): на все запросы распространяется следующая система приоритетов, принятая в ЭВМ «Электроника-60»: более удаленные от контроллера

		100T	40T	20T	10T	4T	2T	1T	400	200	100	40	20	10	4	2	1
		DA15	DA14	DA13	DA12	DA11	DA10	DA9	DA8	DA7	DA6	DA5	DA4	DA3	DA2	DA1	DA0
Регистр адреса РА	Запись	1	1	1	0	C2	C1	N16	N8	N4	N2	N1	A8	A4	A2	A1	
Регистр чтения РЧТ C _i N(O)		R16	R15	R14	R13	R12	R11	R10	R9	R8	R7	R6	R5	R4	R3	R2	R1
Регистр записи РЗПВ C _i N(O)		W16b	W15b	W14b	W13b	W12b	W11b	W10b	N9b	W8b	W7b	W6b	W5b	W4b	W3b	W2b	W1b
Регистр управления РУ C _i N(O)A(0)	Запись Чтение	Q		M1	PPR	PQ	PX	Z	C	X		I		F8	F4	F2	F1
Регистр приоритета РП C _i N(O)A(1)	Запись Чтение									D _b				BП	П3	П2	П1
Регистр РСБ C _i N(O)A(2)	Запись Чтение	W24	W23	W22	W21	W20	W19	W18	W17								
Регистр запросов РЗВ C _i N(O)A(3)	Чтение	R24	R23	R22	R21	R20	R19	R18	R17								
Регистр-счетчик адреса РСА C _i N(O)A(5)										A3	A4	A2	A1				
Регистр NAF РНАФ C _i N(O)A(7)		Y1	N16	N8	N4	N2	N1	A8	A4	A2	A1	F16	F8	F4	F2	F1	

Формат вектора прерывания	Номер кривая	Номер группового запроса					
	C2-C1	X3	X2	X1	X0	0	0

Рис. 2. Форматы регистров контроллера.

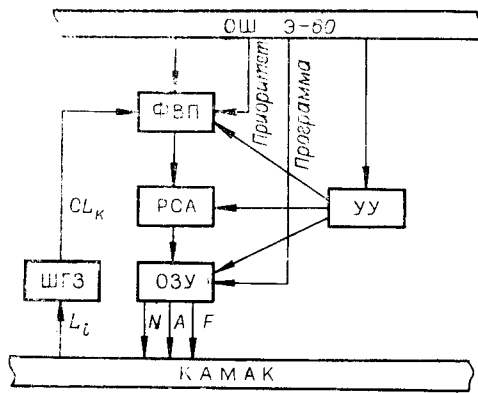


Рис. 3. Блок-схема контроллера с внутренней обработкой запросов.

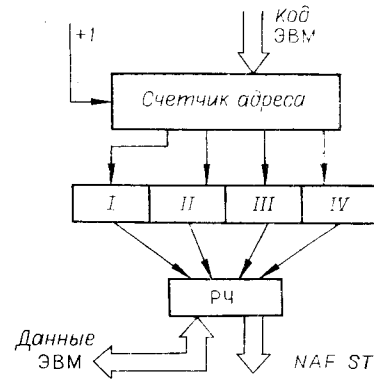


Рис. 4. Распределение программы обслуживания в ЗУ:
ST — сигнал конца программы обслуживания, РЧ — регистр числа.

модули имеют меньший приоритет. При уменьшении уровня приоритета внутренние запросы будут переводиться во внешние, начиная с более приоритетных. Модулям, обслуживание которых должно осуществляться в режиме ВОЗ, отводятся в ячейке места менее приоритетные.

Внешние запросы, как и в обычном контроллере, обслуживаются с помощью ЭВМ. Обслуживание внутренних запросов осуществляется без непосредственного участия ЭВМ. Режим ВОЗ включается (после занесения в *RNAF* программы обслуживания) при записи «1» в разряд *M1* регистра управления контроллера, а снимается при любом обращении к данному ячее (во время ожидания запросов) или при появлении внешнего запроса.

Занесение программы обслуживания в *RNAF* проводится следующим образом: а) по субадресу *A(5)* в *РСА* заносится начальный адрес, б) по субадресу *A(7)* — последовательность *NAF* подпрограммы обслуживания (после каждого занесения адрес автоматически увеличивается на 1). Для контроля содержимого *RNAF* предусмотрена возможность его чтения. Блок-схема узла внутренней обработки запросов представлена на рис. 3.

Контроллер работает после перехода в режим ВОЗ следующим образом. При появлении запроса, который должен обслуживаться в режиме ВОЗ, код с выхода формирователя вектора прерывания (ФВП) заносится в регистр *РСА* в качестве стартового адреса подпрограммы обслуживания этого запроса. По этому начальному адресу из ЗУ вызывается первое управляющее слово программы обслуживания. Устройство управления вырабатывает первый цикл *КАМАК*, по которому выбранный управляющим словом модуль выполняет требуемую операцию (в управляющем слове содержится номер модуля *N*, его субадрес *A* и операция *F*). Кроме *NAF*, управляющее слово содержит командный разряд *У1*. Если в этом разряде записана «1», за первым циклом *КАМАК* последует второй, во время которого на магистрали будет выставлен новый *NAF*, считанный из следующей ячейки ЗУ. Описанный процесс будет повторяться до того момента, когда в разряде *У1* появится «0»; после выполнения последнего *NAF* контроллер переходит в режим ожидания нового запроса.

Во время обслуживания внутренних запросов контроллер отключается от общей шины ЭВМ, что минимизирует взаимные помехи контроллера и ЭВМ.

В режиме ВОЗ обслуживание некоторых запросов может осуществляться путем многократного повторения цепочки *NAF* (например, при

выводе графика на ЭЛТ). Если при обслуживании такого запроса появится более приоритетный запрос, то его обслуживание начнется после окончания выполняемой цепочки *NAF*. Если пришел запрос из зоны внешних запросов, то после окончания цепочки *NAF* режим ВОЗ будет снят, контроллер выставит сигнал КТПР и перейдет в обычный режим обслуживания с помощью ЭВМ.

Для автоматического выхода (без участия ЭВМ) из режима ВОЗ в крайте должен быть предусмотрен, по крайней мере, один активный модуль (при этом запрос этого модуля должен относиться к области внешних запросов). Выход из режима ВОЗ может быть осуществлен и по запросу, формируемому в контроллере при появлении сигнала *Q*. Заметим, что в крайте также должны быть предусмотрены средства для задания и хранения констант, например модули тумблерных регистров.

Примененное ОЗУ на микросхемах К155РУ2 (4 шт.) имеет емкость 16 15-разрядных слов и позволяет обслуживать 4 внутренних запроса *GL0 — GL3* с количеством *NAF* в программе обслуживания каждого запроса до четырех. Эти шестнадцать слов образуют в ЗУ четыре области со своими начальными адресами (рис. 4). Если для обслуживания какого-либо запроса требуется большее количество *NAF*, можно использовать область ЗУ соседних запросов, если она в данном эксперименте не применяется. По нашему мнению, четырех внутренних запросов вполне достаточно для обслуживания большого числа экспериментов.

В тех случаях, когда в крайте используется несколько генерирующих запросы модулей, но программы их обслуживания выполняются по очереди (например, накопление информации и визуализация), целесообразно подпрограммы обслуживания внутренних запросов хранить в ОЗУ ЭВМ и заполнять ими ЗУ контроллера в необходимые моменты времени. Если модули, генерирующие запросы, по каким-либо причинам нельзя вставить в позиции с упорядоченными запросами *GL0 — GL3*, то в этой ситуации следует использовать сменный шифратор упорядоченных запросов. В принципе возможно увеличение объема памяти ЗУ для обслуживания в режиме ВОЗ 16 упорядоченных запросов, используемых в контроллере, однако это не представляется необходимым.

В случае когда подпрограммы обслуживания внутренних запросов стабильны и не изменяются, возможно вместо ЗУ в контроллере применять ПЗУ, что упростит контроллер и работу с ним.

Некоторые затруднения при использовании описываемого контроллера возникают, если модуль содержит несколько источников запросов. Чтобы обслуживать и эти запросы в режиме ВОЗ, можно разделить их пространственно. В этом случае дополнительные запросы целесообразно вывести на переднюю панель и через вспомогательные модули (установленные в желаемую позицию крайта) подавать их на магистраль крайта. Этот прием позволит контроллеру выполнять ветвящиеся программы, определяя направление ветвления по источникам запросов внутри модуля.

На основе рассмотренной структурной схемы был разработан, изготовлен и отлажен макет контроллера с ВОЗ, полностью удовлетворяющий требованиям ЕВР 4100 и спецификации ОШ ЭВМ «Электроника-60».

Для проверки работоспособности и иллюстрации возможностей контроллера с ВОЗ была собрана система сбора и визуализации данных, в состав которой входили следующие модули: 10-разрядный АЦП; ОЗУ — 4 К × 16 разрядных слов; 10-разрядный ЦАП; генератор импульсов запуска; тумблерный регистр 1 ТР1, обеспечивающий селективную установку триггера маски счетчика; тумблерный регистр 2 ТР2, задающий длину массива; тумблерный регистр 3 ТР3, задающий начальный адрес ОЗУ; регистр-счетчик РСч (длины массива), а также осциллограф и генератор синусоидальных сигналов.

Система обеспечивает аналого-цифровое преобразование данных, запоминание их в памяти и вывод с помощью цифроаналогового преобразователя на осциллограф для наблюдения. Работа системы происходит в два этапа: I — накопление данных от АЦП, II — визуализация.

Пуск эксперимента осуществляется кнопкой генератора запуска, который генерирует импульс, запускающий АЦП через переднюю панель.

При появлении запроса от АЦП из *PNAF* вызывается последовательность команд *NAF*, обеспечивающая чтение данных из АЦП, его запуск и сброс запроса, занесение данных из контроллера в оперативное запоминающее устройство и вычитание единицы из содержимого счетчика РСч. По окончании аналого-цифрового преобразования возникает новый запрос от АЦП.

Эти цепочки будут идти в темпе, определяемом временем преобразования АЦП, до тех пор, пока в регистре-счетчике РСч содержимое не станет равным 0, что вызовет запрос от РСч. РСч установлен в такую позицию, что его запрос является внешним. По этому запросу режим ВОЗ будет снят, и ЭВМ выполнит подготовительные операции, необходимые для визуализации данных.

По запросу от РСч, который еще не был снят во время выхода из режима ВОЗ, контроллер выдает последовательность команд, обеспечивающих подготовку вывода одной реализации данных на осциллограф. После этого по запросу от генератора, который включается тумблером на передней панели, контроллер выдает последовательность команд, необходимых для вывода каждого отсчета на осциллограф.

Как только будет выведена на экран из памяти одна реализация, по новому запросу от счетчика процесс будет циклически повторяться.

Таким образом, после включения генератора на экране осциллографа видна картина зарегистрированного процесса. С помощью тумблерных регистров ТР1 и ТР3 можно менять начальный адрес и длину массива, что позволяет в деталях рассмотреть любой фрагмент изображения.

Проведенные испытания показали полную работоспособность разработанного контроллера. Полученные при испытаниях результаты подтверждают правильность и корректность принятых технических решений. В настоящее время разработанный контроллер передан на опытную эксплуатацию.

Контроллер обладает следующими характеристиками:

1. Темп обмена «модуль — модуль» — 2,5 мкс на одну пересылку.
2. Время задержки реакции на запрос — не более 250 нс.
3. Количество внутренних запросов от крейта, обрабатываемых без вмешательства ЭВМ, — 4.
4. Количество *NAF* в программе обслуживания одного запроса — 4 (можно увеличить до 16 при соответствующем уменьшении количества запросов).
5. Общее количество микросхем — 110 (в основном малой и средней степеней интеграции). Добавочное количество микросхем к базовому варианту — 35.
6. Потребление от источника питания крейта +6 В — 2 А, от источника +5 В ЭВМ — 0,3 А.

Разработанный контроллер обеспечивает управление быстропротекающими процессами и разгрузку ЭВМ от рутинных операций. В некоторых случаях применение разработанного контроллера может обеспечить более простую реализацию системы, чем при использовании многоконтроллерных систем, созданных в соответствии с EUR 6500. Заложенные в контроллере принципы могут быть использованы при разработке контроллеров к другим ЭВМ, управляющим КАМАК.

В заключение авторы выражают благодарность А. И. Ефремову, принимавшему участие в экспериментальной части работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гусев О. З. и др. Измерительная магистрально-модульная система, связанная с ЭВМ ИР2116В.— *Автометрия*, 1973, № 2.
2. Аксенов Г. А. и др. Программируемые контроллеры в системах управления физическим экспериментом.— Материалы доклада на 2-м Всесоюз. симпозиуме по программируемым модульным системам. Дубна, июль 1978.
3. Касперович А. Н., Солоненко В. И. 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.

Поступила в редакцию 17 октября 1979 г.

УДК 681.3:

А. М. ЩЕРБАЧЕНКО, Ю. П. ЮРЛОВ
(Новосибирск)

КОНТРОЛЛЕР ДЛЯ СВЯЗИ ЭКВМ «ЭЛЕКТРОНИКА ТЗ-16» С КРЕЙТОМ КАМАК

Электронные клавишные вычислительные машины (ЭКВМ) находят все большее применение для автоматизации процессов измерения и управления. Они позволяют создавать и в дальнейшем развивать дешевые и простые в эксплуатации системы сбора и обработки данных, системы управления различными технологическими процессами.

Низкая стоимость, простота программирования и ввода рабочей программы, возможность оперировать словами большой разрядности делают предпочтительным использование специализированных ЭКВМ в таких системах в тех случаях, когда последние не нуждаются в быстрой реакции и запоминающих возможностях мини-ЭВМ или по экономическим соображениям разработка систем не допускает затрат, связанных с применением мини-ЭВМ.

В настоящей статье предлагается один из подходов к построению крейт-контроллера (КК), предназначенного для включения специализированных ЭКВМ «Электроника ТЗ-16 (ТЗ-16М)» [1] в системы сбора, обработки данных и управления, отвечающие принципам КАМАК [2].

Крейт-контроллер, разработанный в Институте автоматики и электрометрии СО АН СССР, обеспечивает формирование и исполнение команд КАМАК в модулях одного крейта; пересылку числовой информации из одного модуля КАМАК в другой без запоминания ее во внутренних регистрах ЭКВМ; осуществление операции потетрадного вывода двоичных чисел, полученных в ЭКВМ программным путем; выполнение прерываний по запросам из модулей КАМАК.

Функциональная схема КК представлена на рисунке. Она включает в себя следующие узлы: таймер (TMR), буферный регистр (BRG), регистр управления (RGC) с полями N , A , F , дешифратор команд (DCC), сервисный регистр (RGS), регистр чтения (RGR), регистр записи (RGW), генератор КАМАК-цикла (GCC), дешифратор номера станции (DCN), ключи, схемы, управляющие чтением (УПРЧ) и записью (УПРЗ), регистр маски (RGLM), управление прерываниями (INTR), коммутационное поле запросов (КП), схему начального сброса (RESET).

Связь крейт-контроллера с ЭКВМ осуществляется в режимах УК, ВЫВОД ДАННЫХ и ВВОД ДАННЫХ. В соответствии с этими режима-