

УДК 681.31:323

ЭЛЕМЕНТАРНАЯ МАШИНА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ С ПРОГРАММИРУЕМОЙ СТРУКТУРОЙ МИКРОС

Ю.К.Димитриев, А.Ф.Задорожный, В.В.Корнеев

I. Введение

Вычислительная система с программируемой структурой (ВС) представляет собой совокупность объединенных линиями связи элементарных машин (ЭМ) с распределенным по машинам децентрализованным управлением вычислениями и межмашинными взаимодействиями [1]. Элементарная машина функционирует как: 1) вычислитель, исполняющий программы пользователей; 2) узел коммутации, обеспечивающий выполнение межмашинных обменов; 3) блок самодиагностики, способный протестировать соседние машины и принять решение об их исправности; 4) пульт управления, позволяющий обращаться по чтению и записи к памяти соседних машин и запускать на исполнение загруженные в эти машины программы.

К настоящему времени построение ЭМ, выполняющих комплекс вышеперечисленных функций, не апробировано во всей полноте. По технико-экономическим причинам наиболее подходящим полигоном для экспериментов по созданию аппаратурно-программных средств ЭМ являются серийно выпускаемые мини- и микро-машины со специально разработанными для их объединения друг с другом средствами межмашинной связи (системными устройствами). При этом большая часть функций ЭМ выполняется программно, что позволяет достаточно легко изменять алгоритмы реализации соответствующих функций. По мере отработки этих алгоритмов возможен переход к их микропрограммной или аппаратурной реализации. Намеченная в [1] этапность работ по созданию вычислительной системы с программируемой структурой МИКРОС предусматривает на первом этапе использование в качестве базовой машины серийно выпускаемой микро-ЭВМ "Электроника-60М".

Строющаяся из микро-ЭВМ "Электроника-60М" вычислительная система МИКРОС обладает свойство наращиваемости по числу ЭМ и по числу связей с соседними ЭМ. Первое достигается последовательным применением принципа близкодействия на уровне создания как аппаратных, так и программных средств реализации межмашинных взаимодействий. Второе - модульностью построения системного устройства. Каждый из модулей связывает ЭМ с двумя соседними машинами дуплексными каналами связи. В состав каждой ЭМ может входить от одного до трех модулей. Модульность системного устройства дает возможность экспериментального определения характеристик ВС с различными графами межмашинных связей и различными линиями связи. В качестве графов межмашинных связей допускаются любые графы, степень которых не превосходит шести, между ЭМ могут быть использованы разнотипные линии связи (витая пара, радиочастотный кабель, телефонный коммутационный канал), позволяющие формировать как сосредоточенные, так и распределенные звенья системы.

В настоящей статье описываются аппаратные и программные средства, с помощью которых реализуется элементарная машина первой очереди системы МИКРОС. Цель статьи - изложить основные принципы организации межмашинных взаимодействий в ВС и проиллюстрировать их на конкретном примере системы МИКРОС. Описание ядра операционной системы данной ВС дано в [2].

2. Межмашинные взаимодействия

1. С помощью модулей системного устройства и программы управления этими модулями (драйвер межмашинных взаимодействий) между соседними ЭМ системы МИКРОС реализуются следующие взаимодействия:

1) обмен данными - пересылка информации из оперативной памяти одной ЭМ в оперативную память соседней;

2) обмен командами - пересылка из одной ЭМ в соседнюю и выполнение в последней команд пультного терминала;

3) включение питания - пересылка из одной ЭМ в соседнюю информации, вызывающей включение питания этой машины.

Основу каждого из указанных взаимодействий составляет обмен сообщениями, генерируемыми и воспринимаемыми аппаратно-программными средствами взаимодействующих ЭМ. Эти аппаратно-программные средства реализуют функции, аналогичные функциям информационного канала вычислительных сетей:

- установление и прекращение связи между ЭМ;
- упаковка передаваемой и распаковка принимаемой информации;
- генерация и чтение управляющих сообщений;
- обеспечение прозрачности канала связи;
- передача и прием подтверждений о приеме сообщений;
- образование контролирующей информации перед передачей сообщения и проверка принятой информации;
- повторная передача сообщений, в которых обнаружены ошибки передачи.

2. Для системы МИКРОС применена байт-ориентированная процедура передачи информации. Выделение очередного символа из поступающей в машину информации осуществляется аппаратурой модуля системного устройства.

Различаются два вида сообщений, передаваемых между взаимодействующими ЭМ: текстовые и управляющие. Текстовое сообщение состоит из массива данных (основы), обрамленного управляющими символами. Управляющее сообщение состоит из одного произвольного (управляющего или информационного) символа, которому предшествует выделенный управляющий символ.

Текстовые сообщения имеют блочную структуру. Блоки одного сообщения разделяются управляющими символами. Особым видом блока является заголовочный блок. Он содержит имя, сведения о функциональном назначении, структурных характеристиках и длине передаваемых вслед за ним блоков сообщения. Заголовочный блок используется операционной системой принимающей ЭМ для управления выделением памяти под принимаемую информацию.

Ниже приведены перечень и краткое описание функций основных управляющих символов, используемых в МИКРОС. Наряду с символами, предназначенными для обозначения определенных частей сообщения, указаны и те управляющие символы, которые используются в процессе обмена информацией.

НЗ - Начало заголовка. Символ, предшествующий заголовочному блоку.

НТ - Начало текста. Символ, предшествующий любому блоку текстового сообщения (кроме заголовочного блока).

КБ - Конец блока. Символ, следующий за концом заголовочного блока или последнего блока сообщения.

КТ - Конец текста. Символ, следующий за концом основы текстового сообщения.

ДАО/Г - Подтверждение. Чередующиеся символы, сообщающие о правильности принятой информации и готовности к приему следующего сообщения или его части.

НЕТ - Отрицание. Символ, сообщающий, что информация принята с ошибкой и должна быть передана еще раз.

СИН - Синхронность. Используется для заполнения пауз во взаимодействиях между ЭМ, так как в МИКРОС применен синхронный побитный способ передачи с аппаратурным выделением очередного байта.

ЗВ - Звонок. Символ, осуществляющий перевод принимающей ЭМ к работе с пультовым терминалом.

СТП - Стоп. Символ, извещающий соседние ЭМ о переходе выдающей ЭМ к работе с пультовым терминалом.

ЗАБ - Забой. Используется для включения питания соседней машины.

API - Символ, используемый для обеспечения кодопрозрачности канала связи матриц ЭМ.

При произвольном способе кодирования символов основы сообщения в ней могут появиться такие коды, которые совпадают с кодами управляющих символов. Чтобы отличить символы основы от управляющих символов, используется символ API, который должен ставиться перед каждым управляющим символом и перед каждым символом API, который имеется в основе текстового сообщения. Процедура дублирования символов API, известная под названием байтстаффинга, выполняется на этапе упаковки сообщения в передающей ЭМ. Лишние символы API исключаются в принимающей ЭМ на этапе распаковки сообщения. Таким образом, прием символа API служит предупреждением, что следующий за ним символ является управляющим, если он отличен от символа API.

3. Обмен данными между ЭМ осуществляется под программным управлением в обеих взаимодействующих машинах, включая операции по упаковке и распаковке текстовых сообщений и по упаковке управляющих сообщений. Распаковка управляющих сообщений в принимающей ЭМ осуществляется аппаратурно. При этом символ API, предшествующий передаваемому управляющему символу, в базовую ЭВМ не передается. В ЭВМ не передается также управляющий символ СИН, используемый для заполнения пауз во взаимодействиях. Обмен данными реализуется с помощью пересылки управляющих и текстовых сообщений.

4. Микро-ЭВМ "Электроника-60М" не имеет пульта управления, при помощи которого оператор мог бы выполнять функции управления

машинной (занесение адреса, считывание и запись данных, инициация выполнения программы и другие). Все эти функции выполняются устройствами, способными передавать в процессор микро-ЭВМ буквенно-цифровые символы, которые интерпретируются процессором как команды управления, и получать от процессора буквенно-цифровые символы, интерпретируемые как результаты выполнения соответствующих команд управления. Подобное устройство для микро-ЭВМ "Электроника-60М", состоит из пишущей машинки или дисплея и называется пультовым терминалом. Управление работой пультового терминала осуществляется микропрограммно.

Обмен командами для системы МИКРОС состоит в пересылке между взаимодействующими ЭМ команд управления и в выполнении в принимающей ЭМ этих команд. Обмен командами осуществляется под программным управлением ЭМ, выдающей пультовые команды (управляющая ЭМ) и под микропрограммным управлением ЭМ, выполняющей пультовые команды (управляемая ЭМ). Обмен реализуется в формате, используемом для пересылок управляющих сообщений: каждому очередному символу пультовой команды или символу результата ее выполнения предшествует символ API. Упаковка кода пультовой команды и распаковка результатов ее выполнения осуществляются в управляющей ЭМ программно. Распаковка кодов пультовой команды и упаковка результатов ее выполнения осуществляются в управляемой ЭМ аппаратно схемами модуля системного устройства.

Обмен командами может быть инициирован как со стороны управляемой, так и со стороны управляющей машины. Инициация со стороны управляемой ЭМ происходит при установленных для базовой ЭВМ причинах перехода к работе с пультовым терминалом: включение питания ЭВМ, обрывание по не существующему адресу, аварийные ситуации, например, нарушение питания, и т.п. В этом случае модули системного устройства управляемой машины посылают во все соседние ЭМ управляющее сообщение <API СТП> приглашения ЭМ на роль управляющей. Согласные на эту роль ЭМ отвечают сообщением <API ЗВ>. С помощью схемы старшинства, реализованной между модулями системного устройства, управляемая ЭМ выбирает одну из ЭМ в качестве управляющей, посылая остальным отказ. В дальнейшем до отмены обмена командами управляемая ЭМ выполняет команды, поступающие из управляющей ЭМ. Выполняемая при этом в управляющей ЭМ программа РОБОТ предусматривает 1) автоматический анализ причин вызова обмена командами и ликвидацию аварийной ситуации, 2) выдачу информации о сос-

тоянии управляемой ЭМ на пультовой терминал оператора системы (независимо от места его подключения), 3) связь оператора системы с управляемой ЭМ, 4) перегрузку или начальную загрузку управляемой ЭМ, 5) возобновление работы управляемой ЭМ или переключение на выполнение любой программы, находящейся в ее памяти (отмена обмена командами).

Инициация обмена командами со стороны управляющей ЭМ используется для реализации взаимодействия между процессами операционной системы по управлению ВС, при выполнении автоматических контрольно-диагностических процедур, при запросе оператора системы на перевод управляемой ЭМ от программной работы к ручной работе. Управляющая ЭМ при этом выдает сообщение $\langle \text{API ЗВ} \rangle$, переводящее ЭМ в режим работы с пультовым терминалом. В остальном работа осуществляется как и в предыдущем случае.

5. Включение питания ЭМ осуществляется под программным управлением соседней с ней машины. Включающая ЭМ при этом выполняет передачу во включаемую ЭМ текстового сообщения, которое состоит из последовательности символов ЗАБ. Когда питание ЭМ включено, ее линии межмашинных связей отключены от входов модулей системного устройства и подключены к входам находящегося под напряжением автомата управления питанием ЭМ, введенного в состав ЭМ. Когда автомат управления питанием получает символы ЗАБ, он подает сетевое питание на базовую ЭВМ и переключает линии межмашинных связей со входов автомата управления питанием на входы модулей системного устройства. При этом включаемая ЭМ переходит к работе с пультовым терминалом, посылая во включающую ЭМ сообщение API СТП . Это сообщение вызывает во включающей ЭМ переход к обмену командами, в ходе которого осуществляется начальная загрузка включаемой ЭМ.

Каждая ЭМ может программно выключить собственное питание, записывая определенный код в регистр состояния любого модуля системного устройства. С помощью обмена командами ЭМ имеет возможность выключить питание любой соседней ЭМ.

3. Системное устройство

1. Каждый модуль системного устройства имеет связь с собственной ЭВМ, с соседними машинами, с другими модулями системного устройства, с контролером устройств пультового терминала и с автоматом питания ЭМ. На рис.1 показана блок-схема одного модуля системного устройства. Все модули идентичны; им присвоены индексы А, Б и В (рис.1 соответствует модулю с индексом А).

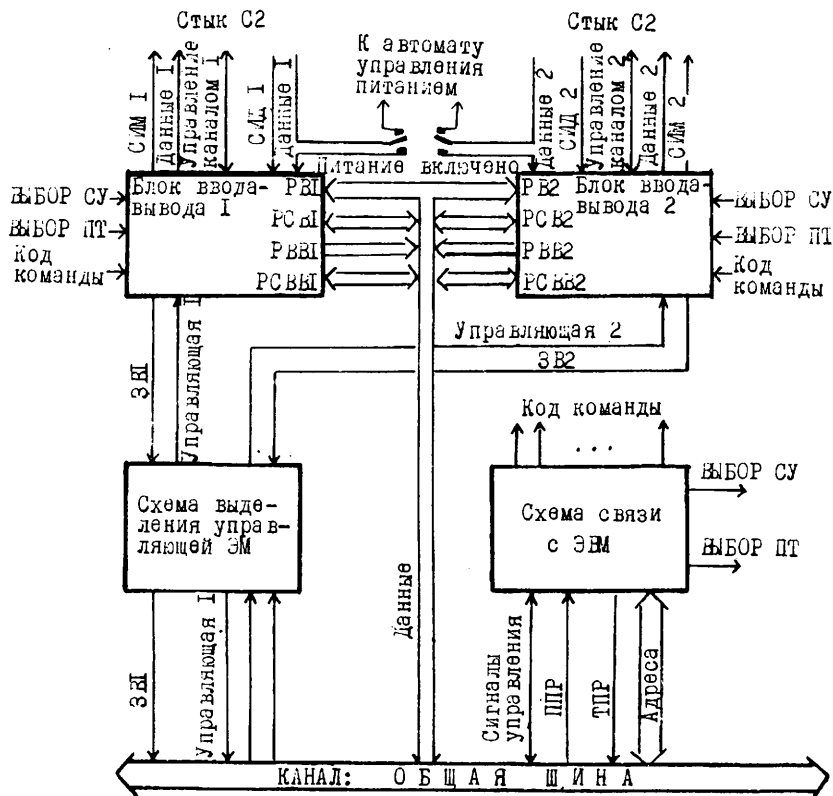


Рис. 1

В состав каждого модуля входят: **схема связи с собственной ЭВМ**, **схема выделения управляющей ЭМ** и **два идентичных блока ввода-вывода**, соответствующие двум дуплексным каналам связи, обслуживаемым этим модулем.

2. **Схема связи с базовой ЭВМ** служит для отработки протокола взаимодействия, принятого в микро-ЭВМ для работы с внешними устройствами. Работа ЭВМ с внешними устройствами осуществляется через канал ввода-вывода, называемый **Общая шина**. Особенность этого канала состоит в том, что все регистры, используемые для управления работой внешних устройств, являются адресуемыми и для пользователя выглядят как ячейки оперативной памяти. **Схема связи с ЭВМ** имеет типовую структуру, используемую в

контроллерах внешних устройств микро-ЭВМ "Электроника-60М". Схема связи с ЭВМ обеспечивает выполнение следующих функций: инициацию работы модуля системного устройства на основе сравнения адреса регистра, к которому обращается процессор ЭВМ, с адресами, которые присвоены регистрам системного устройства (сигналы ВЫБР СУ и ВЫБР ПТ); формирование кода команды (Чтение или Запись) над заданным регистром системного устройства; формирование требования прерывания от блоков системного устройства (сигнал ТПР) и выделение старшего из запрашивающих обслуживания источников прерывания канала Общая шина (сигнал ППР); формирование адреса вектора прерывания в соответствии с выделенным запросом на прерывание; выдачу необходимых сигналов управления каналом Общая шина.

3. Схема выделения управляющей ЭМ служит для выбора и хранения направления на соседнюю ЭМ, которая выполняет роль управляющей машины при обмене командами. По сообщениям о согласии на роль управляющей, полученным от соседних ЭМ, связанным с рассматриваемым модулем А, блоки ввода-вывода системного устройства вырабатывают сигналы ЗВ. Эти сигналы поступают на входы схемы выделения управляющей ЭМ. Схема выделения управляющей ЭМ, входящая в модуль А, составляет часть схемы приоритетов для сигналов ЗВ, распределенной по модулям данной машины. Сигналы ЗВ вырабатываются блоками ввода-вывода модулей системного устройства, когда последние принимают от соседних ЭМ сообщения о согласии этих на роль управляющей. Взаимодействие между модулями при выделении управляющей машины осуществляется через резервные линии канала Общая шина. По сигналам ЗВ от собственных блоков ввода-вывода схема выделения модуля А вырабатывает сигнал ЗАПРОС А и получает аналогичные сигналы от модулей Б и В. В блок ввода-вывода, соответствующий выделенной управляющей ЭМ, поступает сигнал УПРАВЛЯЮЩАЯ. Схема выделения, находящаяся в модуле, который связан с управляющей ЭМ, вырабатывает сигнал БЛОКИРОВКА ПТ. Этот сигнал через резервные линии канала Общая шина передается в контроллер пультного терминала, запрещающий его работу на время обмена командами.

4. Блок ввода-вывода служит для пересылки информации между взаимодействующими машинами и байтового обмена с собственной ЭВМ. Вводное и выводное направления работают автономно и независимо. Блок ввода-вывода выполняет: синхронизацию пересылки информации: преобразование информации из последовательной формы, используемую для передачи между ЭМ, в параллельную, используемую для передачи между системным устройством и ЭВМ, и обратное преобразование; ге-

нерацию управляющих символов, выдаваемых в канал связи; выделение управляющих символов, принимаемых из канала связи; поддержание синхронности работы соседних ЭМ.

В состав каждого блока ввода-вывода входят четыре адресуемых регистра: два регистра данных - регистр ввода (РВВ) и регистр вывода (РВ) - и два регистра состояния - регистр состояния ввода (РСВВ) и регистр состояния вывода (РСВ).

Информация, поступающая из соседней ЭМ последовательным кодом, принимается в регистр ввода, а после накопления полного символа передается в ЭВМ параллельным кодом. Информация, поступающая от собственной ЭВМ параллельным кодом, принимается на регистр вывода и затем выдается последовательным кодом в соседнюю ЭМ. Регистры состояния определяют состояние канала связи с соседними ЭМ.

5. При программной работе базовой ЭВМ регистры всех модулей системного устройства имеют индивидуальные адреса. Обращению к регистрам по индивидуальным адресам соответствует выработка схемой связи с ЭВМ сигнала ВЫБР СУ и необходимого кода команды. При этом осуществляется чтение содержимого заданного регистра или запись в него. Обращение к регистрам данных каналов ввода-вывода из ЭВМ реализуется средствами программного канала или средствами прерывания, имеющимися в базовой ЭВМ.

6. При работе ЭВМ с устройствами регистры одного и того же назначения во всех модулях системного устройства имеют одинаковые (групповые) адреса, эти адреса соответствуют адресам, которые закреплены за регистрами контроллера пультного терминала: адреса регистров ввода и вывода обоих блоков ввода-вывода всех модулей системного устройства соответствуют адресам регистра данных и регистра состояния клавиатуры пишущей машинки; адреса регистров вывода и состояния вывода системных устройств соответствуют адресам регистра данных и регистра состояния печатающего механизма пишущей машинки. Обращению к регистрам системного устройства по групповым адресам соответствует выработка сигнала ВЫБР ПТ и необходимого кода команды. Выбор рабочего направления в данном случае осуществляется схемой выделения управляющей ЭМ, как это описано выше.

7. Передача данных между ЭМ системы МИКРОС осуществляется синхронным способом, при котором каждый очередной бит пересылаемого символа выдается в канал связи и принимается из канала связи в сопровождении синхронизирующего сигнала. Этот сигнал на передающем конце называется СИМ, а на принимающем - СИД. Указанные син-

хронизирующие сигналы обеспечивают побитную синхронизацию пересылаемого символа. Для поддержания г символьной синхронизации (синфазности) работы взаимодействующих ЭМ использован безмаркерный способ. Он заключается в следующем. В паузах между передачей информации блоки ввода-вывода каждого модуля системного устройства выдают соседним машинам специальные фазовые комбинации, которые состоят из служебных символов API и SIN. Если соседние ЭМ находятся не в фазе, то принимающая ЭМ не может правильно дешифровать фазовую комбинацию. В этом случае блок ввода-вывода принимающей ЭМ смещает принятый на регистр ввода код бит за битом до тех пор, пока не начнет дешифроваться фазовая комбинация. На время передачи информации между ЭМ посылка фазовых комбинаций прекращается. Поддержание синфазности соседних ЭМ осуществляется аппаратурой блоков ввода-вывода, которые автоматически генерируют фазовые комбинации на передающем конце канала связи и блокируют ввод их в ЭМ на принимающем конце. Блоки ввода-вывода генерируют также управляющее сообщение < API CTP > при переходе ЭМ к обмену командами (управляемая ЭМ) и производят наполнение информации, поступающей от процессора управляемой ЭМ, символами API. Автоматически выполняется также отмена проверки синфазности при обмене данными. Отмена начинается, когда системное устройство принимает код служебных символов H3 или HT и сохраняется до приема символов KT и KB.

8. На основе рассматриваемого системного устройства можно строить сосредоточенные и распределенные ВС. При построении сосредоточенных ВС связь между ЭМ осуществляется с помощью кабельных соединений. При построении распределенных ВС связь между ЭМ осуществляется либо по выделенным или по коммутируемым телефонным каналам, либо по УКВ-радиолиниям. Для построения распределенной ВС системные устройства соседних машин соединяются через стандартную каналобразующую аппаратуру. Чтобы иметь возможность использовать стандартную каналобразующую аппаратуру, со стороны канала связи системные устройства обеспечивают выход на стандартное сопряжение - стык С2. В соответствии с рекомендацией МКТТ (Рекомендация У.23) для стыка ЭВМ с каналобразующей аппаратурой при работе по коммутируемым телефонным цепям общего пользования, используются цепи I01, I02, I03, I04, I06, I07, I08.I, I09, I11, I25. Для расширения возможностей по подключению каналобразующей аппаратуры предусматривается возможность использования цепей I10, I13, I14, I15 и I28. Состояние цепей I06, I07, I08.I, I09, I10, I25 программно доступно по адресам регистров состояния ввода и вывода.

При синхронной передаче задача поддержания поэлементной синхронизации для распределенной ВС может возлагаться как на системное устройство, так и на каналообразующую аппаратуру. Чтобы расширить номенклатуру используемых типов каналообразующей аппаратуры, необходимые цепи блоков ввода-вывода системного устройства выведены на коммутатор, реализованный на плате модуля. Установкой переключателя пользователь может задать для распределенной ВС схему поэлементной синхронизации, соответствующую используемой каналообразующей аппаратуре.

9. Информационные входы ДАННЫЕ блоков ввода-вывода подключены к каналам связи через нормально замкнутые контакты реле автомата управления питанием ЭМ. Если питание ЭМ не включено, входы ДАННЫЕ подключены к автомату управления питанием. Автомат срабатывает, когда соседняя ЭМ передает включающее управляющее сообщение. При этом включается питание ЭМ, после чего каналы ввода системного устройства подключаются к информационным входам блоков ввода-вывода во всех модулях системного устройства данной машины. Состояние питания ЭМ (включено/выключено) индицируется в регистрах состояния вывода всех соседних с ней машин.

4. Драйвер межмашинных взаимодействий

1. Драйвер системного устройства состоит из комплекса программ управления обменом, в который входят программы обработки прерываний от системного устройства по вводу (ОПВВ) и выводу (ОПВ), программы обработки вводного буфера (ОБРВВ), программы инициации вывода пакета (ИВП) и инициации вывода команд (ИВК), а также программы управления очередью выводимых команд (УОК), определения адресов (ОАДР) регистров системного устройства, обработки прерываний от таймера (ОТМР).

2. Каждому направлению обмена соответствует свой дескриптор, назначение которого в сохранении информации о ходе обмена. Дескриптор состоит из 4-х основных разделов:

- управление вводом (УВВ);
- управление выводом (УВВВ);
- управление таймером (УТМ);
- буферы.

Раздел управления вводом включает в себя следующие элементы:

- текущий адрес вводимого пакета;
- текущий адрес вводимого заголовка;

- начальный адрес вводимого пакета;
- длина вводимого пакета;
- текущая длина вводимого пакета;

Раздел управления выводом имеет следующие элементы:

- текущий адрес вывода пакета;
- текущий адрес вывода заголовка;
- начальный адрес выводимого пакета адресов;
- конечный адрес выводимого пакета адресов;
- начальный адрес выводимого пакета информации;
- конечный адрес выводимого пакета информации;
- текущая выводимая команда;
- очередная выводимая команда протокола (BIP).

Раздел буферов состоит из:

- буфера вводимого заголовка (BBVZ);
- буфера выводимого заголовка (BVZ);
- буфера признаков выводимого пакета (BПВ);
- буфера выводимых команд (BVК) с указателем конца очереди

(УКО);

- буфер не распознаваемой введенной команды (BНК);
- буфер ввода (BBV) с указателем конца введенным байтам и

указателем начала очереди обрабатываемым байтам.

В разделе управления таймером представлены элементы;

- время ожидания ответа;
- время задержки вывода запроса на пультовый режим;
- адрес программы обработки заявки на ожидание;
- адрес программы обработки заявки на запрос;
- счетчик отрицательных ответов.

Кроме того, первым элементом дескриптора является слово состояния канала (ССК), предназначенное также для хранения информации о ходе обмена с побитным разделением данных. Значение разрядов в нем следующее:

- 0 разряд - не используется;
- 1 разряд - указатель приема кода API;
- 2 разряд - указатель вывода кода AP1;
- 3 разряд - режим вывода;
- 4 разряд - режим ввода;
- 5 разряд - указатель инициации режима ПУЛЬТ;
- 6 разряд - не используется;
- 7 разряд - указатель приема кода ENQ;

8-11 разряды - этап вывода;

12-15 разряды - не используются.

3. Обмен информацией между двумя ЭМ осуществляется за 9 этапов, которые фиксируются в элементе дескриптора ЭТАП ВЫВОДА. В ходе обмена из передающей ЭВМ в приемную поступает заголовок, пакет адресов и пакет данных. Заголовок формируется драйвером и хранится в буфере выводимого заголовка дескриптора. При формировании заголовка определяется общая длина передаваемой информации. Эта величина необходима приемной ЭВМ для выделения памяти под прием. После приема заголовка драйвер определяет правильность приема и отвечает передающей ЭВМ соответствующими командами ДАО или НЕТ, устанавливает семафор READ, который запускает программу выделения памяти. Если потребность в памяти удовлетворяется, то в передающую ЭВМ отправляется команда ДАІ, в противном случае НЕТ, которая в свою очередь вызовет установление в передающей ЭВМ семафора КОМЕМ (нет памяти). Пакет адресов выводится после приема последовательности команд ДАО, ДАІ. Прием пакета адресов вызывает работу программы по определению дедлока в системе и вывод команды ДАО. При отсутствии дедлока выводится команда ДАІ, по приему которой передающая ЭВМ начинает вывод пакета данных. После правильного приема пакета данных устанавливается семафор ПАКЕТ и передается ответ ДАО, при этом режим ввода заканчивается. В передающей ЭВМ по приему ДАО устанавливается семафор RGOUT и заканчивается режим вывода.

По этапам весь процесс обмена разделяется следующим образом:

- 1 этап - формирование и вывод заголовка;
- 2 этап - окончание вывода заголовка, ожидание ответа;
- 3 этап - прием команды ДАО;
- 4 этап - прием команды ДАІ и вывод пакета адресов;
- 5 этап - окончание вывода пакета адресов, ожидание ответа;
- 6 этап - прием команды ДАО;
- 7 этап - прием команды ДАІ и вывод пакета данных;
- 8 этап - окончание вывода пакета данных, ожидание ответа;
- 9 этап - прием команды ДАО.

4. Обращение ядра операционной системы к драйверу при инициации вывода пакета происходит путем непосредственного доступа к элементам дескриптора (рис.2). Ядро операционной системы заполняет буфер признаков выводимого пакета такими характеристиками как адрес пакета информации, адрес пакета данных, признаком подсисте-

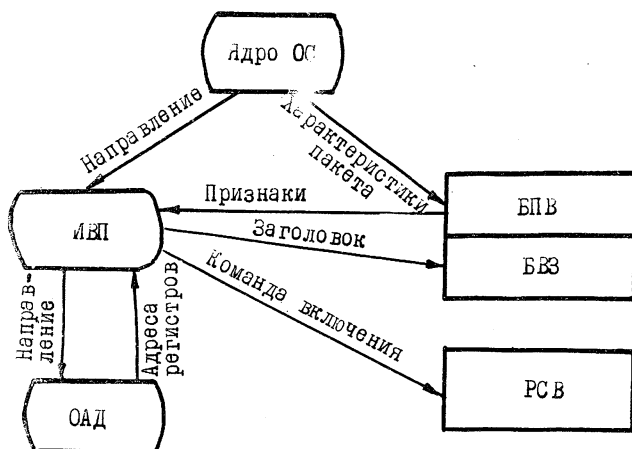


Рис. 2

мы, длиной пакета. нных и передает управление программе ИВП с указанием используемого дескриптора. Программа ИВП формирует заголовок, записывает его в буфер выводимого заголовка и обращается к подпрограмме ОАДР для получения адреса регистра состояния вывода системного устройства соответствующего направления. В регистр состояния вывода записывается команда разрешения прерывания по выводу. Возникающие прерывания от системного устройства обрабатываются в драйвере программой ОПВ. Это программа использует для управления выводом данные состояния канала и раздела управления выводом дескриптора. В соответствии с этими данными в регистр данных вывода системного устройства помещается очередной байт пакета, заголовка или команды (рис.3). В случае отсутствия выводимых данных программа ОПВ через подпрограмму УОК, которая просматривает очередь выводимых команд, выбирает очередную команду, заносит ее в элемент выводимой команды дескриптора для вывода. При инициации вывода команды ядро операционной системы передает управление программе ИВК с указанием выводимой команды и адреса дескриптора, соответствующего направлению вывода (рис.4). Программа ИВК ставит выводимую команду в конец очереди буфера выводимых команд, затем через программу ОАДР определяет адрес регистра состояния вывода системного устройства соответствующего направления для занесения в него команды разрешения прерываний по выводу.

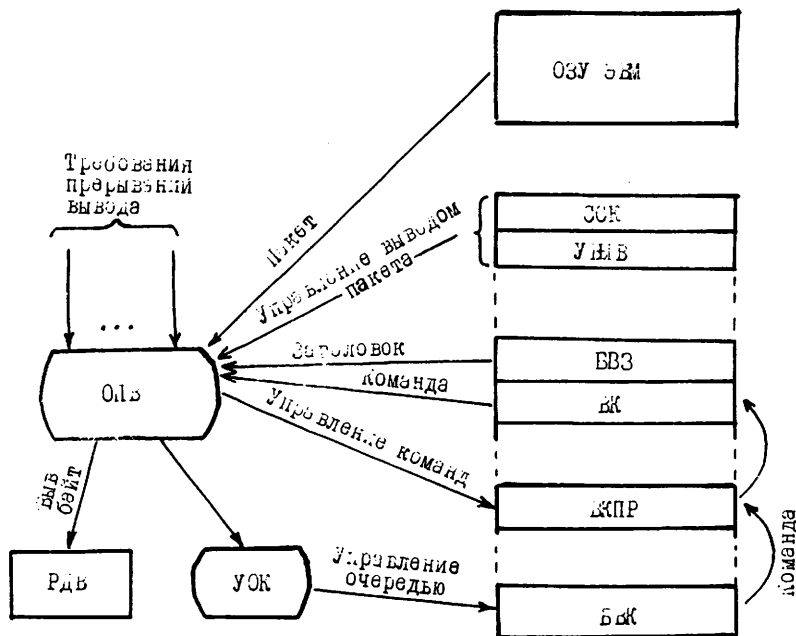


Рис. 3. Схема взаимодействия программ вывода.

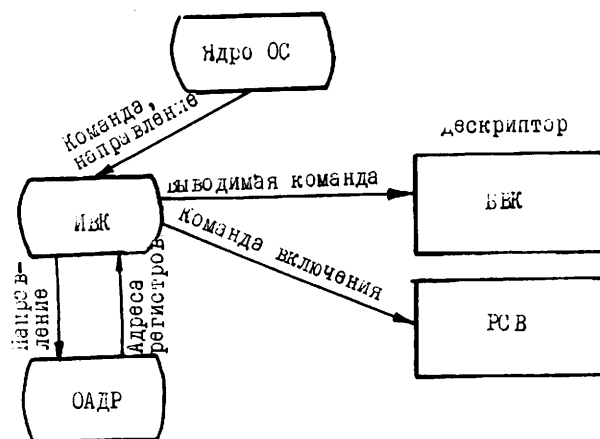


Рис. 4. Инициация вывода.

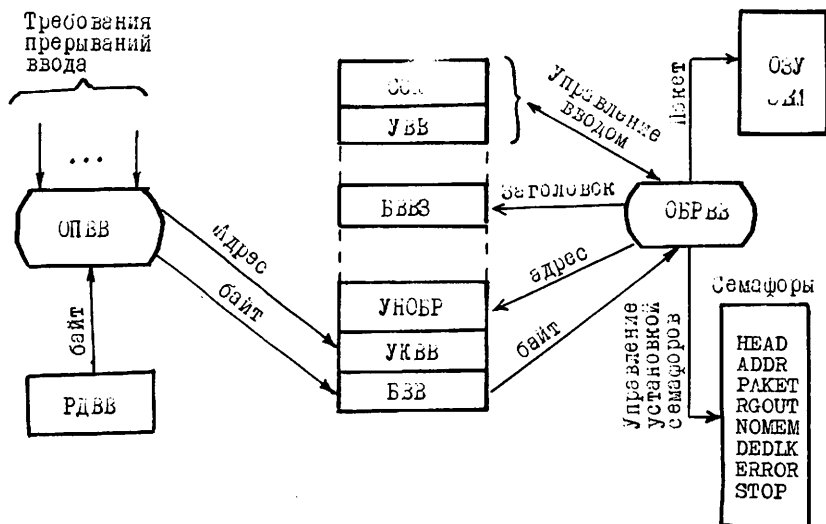


Рис. 5

Ввод информации из линии связи обеспечивается программой ОПВВ и ОБРВВ. Взаимодействие этих программ показано на рис.5. Ввод байта из регистра данных ввода системного устройства осуществляется программой ОПВВ при появлении требования прерывания по вводу из системного устройства. Этот байт помещается в кольцевой буфер ввода по указателю конца ввода в конец очереди вводимых байтов. Наличие кольцевого буфера ввода снижает вероятность необслуживания требований прерывания по вводу и соответственно пропадания пришедших из линии связи байтов.

Все функции по обработке вводимой информации возложены на программу ОБРВВ, которая, используя данные этапа обмена в слове состояний канала и данные раздела управления вводом дескриптора, помещает обрабатываемые байты из кольцевого буфера ввода либо в буфер ввода заголовка, если производится ввод заголовка, либо в оперативную память ЭВМ при приеме пакета, либо анализирует принятый байт как команду. В случае, если принятый байт не соответствует списку анализируемых команд, он записывается в буфер введенной

команды. Обработываемые байты выбираются по указателю начала обработки, который после очередной выборки увеличивается на единицу. Достигнув адреса конечного элемента буфера ввода, указатели конца ввода и начала обработки принимают значение адреса начального элемента буфера.

Обращение программы ОБРВВ к ядру операционной системы осуществляется путем установления значения единицы в семафорах HEAD, ADDR, NOMEM, DEADLK, ERROR, STOP и значения -1 в семафоре RGOUT в зависимости от ситуации, возникающей в ходе обмена.

5. В состав драйвера входит также программа обработки прерываний от таймера, предназначенная для передачи управления через фиксированные моменты времени на программу ОБРВВ с целью проверки буфера ввода, а также для принятия решения о непригодности линии связи в случае неприхода ответа через заданный промежуток времени, который определяется программой ОПВ после вывода заголовка или пакета и заносится в элемент времени ожидания ответа дескриптора.

Л и т е р а т у р а

1. ДИМИТРИЕВ Ю.К., КОРНЕЕВ В.В., ХОРОШЕВСКИЙ В.Г. Вычислительная система с программируемой структурой МИКРОС. - Настоящий сборник, с. 125-137.
2. КОРНЕЕВ В.В., МОНАХОВ О.Г., ТАРКОВ М.С. Ядро операционной системы элементарной машины вычислительной системы с программируемой структурой. - В кн.: Однородные вычислительные системы, вып. 90). Новосибирск, 1981, с. 22-42.

Поступила в ред.-изд.отд.
26 августа 1982 года