

Проведенные испытания системы показали, что она проста в обращении, выдаваемая ею информация обладает наглядностью и позволяет оперативно корректировать ход эксперимента.

Дополненная сравнительно несложным интерфейсным оборудованием, система через магистраль КАМАК легко сопрягается с мини-ЭВМ. Вместе с программными средствами такая система может стать базовым устройством в системах регистрации как однократных изображений, так и измерения быстропротекающих процессов.— М.: Атомиздат, 1979.

2. Такаги, Сумитани, Исихара. Быстродействующий процессор для обработки спектроскопических изображений с пикосекундным разрешением.— Приборы для науч. исслед., 1981, № 7.
3. OMA Catalogue: Проспект фирмы Princeton Applied Research Corporation.
4. Optical Spectra Analysis: Проспект фирмы B&M Spectronik.
5. Вильдгрубе Г. С., Малахов И. К., Степанов Р. М., Урвалов В. А. Новые советские передающие телевизионные приборы.— Техника кино и телевидения, 1977, № 10.
6. Рагульский В. В. Лазеры на вынужденном рассеянии Мандельштама — Бриллюэна.— Труды ФИАН, 1976, т. 85, с. 3.

Поступила в редакцию 31 декабря 1982 г.

УДК 681.325.5

А. М. ОСТАПЕНКО, В. А. СЛУЕВ

(Новосибирск)

КОНТРОЛЛЕР-ИНТЕРФЕЙС НА БАЗЕ 16-РАЗЯДНОГО МИКРОПРОЦЕССОРА, УПРАВЛЯЮЩИЙ ВВОДОМ-ВЫВОДОМ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ЭВМ

Задачи обработки изображений решаются на системах, включающих большой комплекс аппаратных и программных средств. Реализация многих функций управления устройствами ввода-вывода изображений, их обработка, представление результатов в виде обобщенных характеристик или изображений на фотоматериале или экране дисплея проводятся с помощью ЭВМ. В настоящее время класс ЭВМ, используемый для целей обработки данных, зарегистрированных на снимке, вполне определен и должен быть тем выше по производительности, объему памяти и т. д., чем сложнее алгоритм обработки и больше объем исходной информации, получаемой при оцифровке снимка. Не касаясь вопроса обработки данных, рассмотрим задачу их получения, т. е. системную сторону работы с устройством ввода-вывода в ЭВМ. К ней относятся вопросы управления устройством, буферизация и передача данных в формате, требуемом обрабатывающей ЭВМ, обеспечение необходимых и по возможности развитых средств взаимодействия с учетом специфики всей системы в целом.

В статье описывается система, в которую входят устройства ввода-вывода изображений фирмы «Ortronics» и мини-ЭВМ SM-4, сопряженные с помощью контроллера-интерфейса, реализованного на базе 16-разрядного микропроцессора TMS 9900.

Семейство сканеров «Ortronics», включающее P-1500, C-4500, лазерное записывающее устройство L-5500 и т. д., использует вращающийся барабан, на котором закреплен снимок для развертки по одной координате, и осветитель с приемником, перемещаемый дискретно по другой

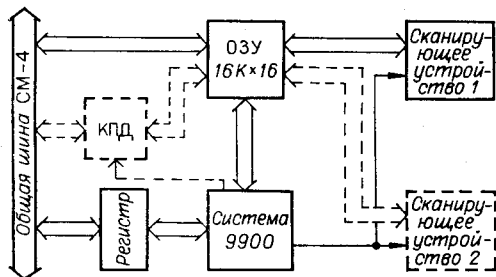


Рис. 1.

ввод — вывод для управления сканером и канал прямого доступа в память для передачи данных. При работе с подобным интерфейсом ЭВМ полностью управляет процессом сканирования изображения, выполняя множество рутинных операций на уровне команд устройства. Так, операция перехода каретки сканера в заданное положение требует выполнения программы из нескольких десятков команд. Это приводит к общему снижению производительности вычислительной системы, к неоправданному ожиданию готовности устройства при сканировании, что особенно нежелательно при больших объемах информации. Для повышения быстродействия сканирующего устройства и более рационального распределения вычислительных возможностей ЭВМ необходимо передать функции управления отдельной мини-ЭВМ.

Состояние современной элементной базы, использование БИС микропроцессоров и полупроводниковой памяти позволяют не только создать «интеллектуальный» интерфейс, способный эффективно работать на линии с ЭВМ с разделением времени, но и возложить на него некоторые виды обработки изображений, которые удобно производить локально на уровне интерфейса. Функции, выполняемые таким контроллером-интерфейсом, в основном определяются достаточно легко модифицируемой программой базового микропроцессора и минимальным набором дополнительного к микро-ЭВМ оборудования.

В описываемом контроллере осуществлены: эффективная буферизация данных; операции по управлению устройством сканирования; некоторые виды обработки изображений; генерация тестовых изображений и различных знаков; возможность управления одновременно двумя устройствами.

На рис. 1 изображена общая блок-схема системы контроллера. Штриховой линией обозначены факультативные устройства, которые могут быть подключены через специальные разъемы. Более подробная блок-схема представлена на рис. 2, где МП — многопортовая память, ПШ — приоритетный шифратор, УМП — управление многопортовой памятью, КПД — канал прямого доступа, ДА — дешифратор адреса, ЛП — логика прерывания, УП — устройство прерывания, УШ — управление шиной, СУ — сканирующее устройство, СБ — счетчик байтов, М — мультиплексор, СР — счетчик регенерации. Ниже описывается функционирование его отдельных узлов.

Многопортовая память является ядром системы, через которую происходит обмен данными между ЭВМ, устройствами сканирования и микропроцессором. Ввод данных со сканера предполагает запись информации на накопитель большой емкости — магнитные диски или ленту, поскольку объем оперативной памяти, как правило, мал для хранения даже небольшого фрагмента снимка. На рис. 3 показано количество пересылок данных, выполняемых ЭВМ в различных вариантах организации контроллера: программного ввода-вывода, канала прямого доступа и двухпортовой памяти. В последнем случае память контроллера служит продолжением поля памяти ЭВМ. Второй порт полностью обслуживается контроллером и не требует внимания ЭВМ. Многопортовая память конт-

координате [1]. Отечественное устройство подобного типа описано в [2]. Как правило, все эти устройства функционируют в составе вычислительных комплексов на линии с мини-ЭВМ. Разработаны и применяются интерфейсы для таких машин, как PDP-11, α -16 [1], фирмы «Computer Automation». Все существующие интерфейсы созданы на базе жесткой логики и используют программируемый

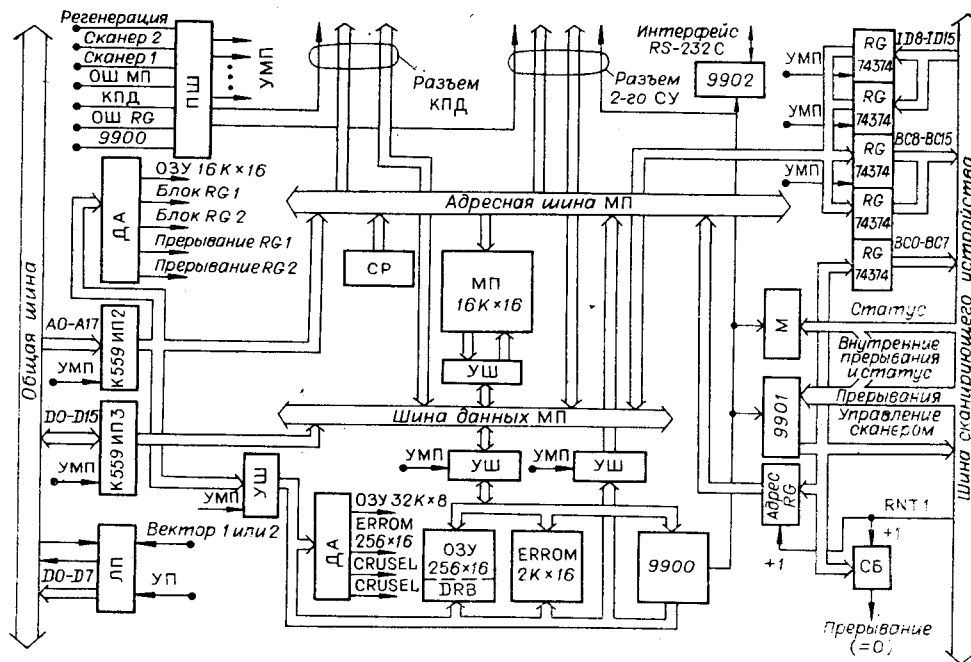


Рис. 2.

роллера, являясь расширением памяти ЭВМ, при работе устройства сканирования отводится под буфер данных, а в других случаях может быть использована произвольно.

Многопортовая память имеет пять портов, два из которых применяются при подключении дополнительных устройств. В зависимости от обслуживаемого порта память организована $16\text{ К} \times 16$ или $32\text{ К} \times 8$ бит. Обслуживание осуществляется на приоритетной основе. Перечислим каналы, подключенные к портам, в порядке уменьшения приоритета обслуживания: 1) канал дополнительного сканирующего устройства, сопрягаемого через разъем и интерфейсную плату (возможно подключение быстрого устройства типа L-5500); 2) канал устройства типа «Coloration»; 3) канал общей шины процессора СМ-4; 4) канал прямого доступа (способ использования определяется пользователем); 5) канал микропроцессора (микропроцессор может адресовать 32 К 16-разрядных слов).

Память реализована на базе микросхем K565PУЗ и имеет цикл обращения (включая время дешифрации приоритета) 1 мкс.

Подсистема микропроцессора. В состав подсистемы процессора (см. рис. 2) наряду с микропроцессором входят: регистровая память микропроцессора с организацией 256×16 ; память программ ($2\text{ К} \times 16$), реализованная на базе микросхем TMS2708; микросхема параллельного интерфейса TMS9901, используемая для управления оборудованием контроллера; мультиплексор статусных разрядов, состыкованный с микропроцессором в соответствии со стандартом на внешние устройства микропроцессора; микросхема последовательного интерфейса TMS9902, позволяющая связывать микропроцессор с любым устройством, удовлетворяющим стандарту RS-232-C.

Связь с центральным процессором (ЦП) СМ-4 осуществляется через общий блок регистров, физически расположенных в регистровой памяти микропроцессора. Со стороны СМ-4 блок регистров (БР) размещен на странице ввода-вывода (старшие 4 К

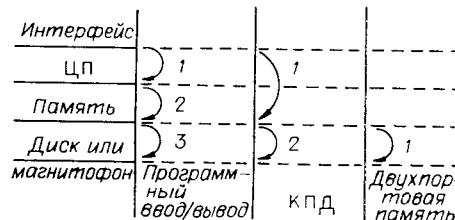


Рис. 3.

адресного поля процессора). При обращении ЦП к любому регистру БР в микропроцессор поступает запрос на использование его шин другим устройством (запрос прямого доступа HOLD). Микропроцессор завершает текущий цикл памяти, подтверждает принятие запроса (HOLDA) и переводит шины управления памятью в высокоомное состояние. По сигналу HOLDA выставляется запрос на использование шин многопортовой памяти (МПП). При удовлетворении запроса образуется канал через шины МПП и микропроцессора, по которому данные могут читаться и записываться в регистровую память микропроцессора. Таким образом, ЦП имеет доступ непосредственно к внутренним регистрам микропроцессора. Такая связь, использующая особенности архитектуры TMS9900, является чрезвычайно удобным средством обмена информацией между двумя процессорами.

Устройство типа L-5500 подключается к контроллеру через интерфейс устройства сканирования. Интерфейс построен в соответствии со стандартом фирмы «Ortronics» на устройства подобного типа, поэтому возможно подключение любого сканирующего устройства, удовлетворяющего этому стандарту. Канал передачи данных фактически представляет собой канал прямого доступа в многопортовую память. Управление осуществляется микропроцессором через CRU-интерфейс.

При записи (чтении) данных на фотопленку микропроцессор загружает адрес начала строки данных в регистр адреса данных, а затем число передаваемых байтов в счетчик байтов. После исполнения команды записи (чтения) начинается передача данных между МПП и сканирующим устройством. Передача каждого байта сопровождается наращиванием адресного регистра и счетчика байтов по сигналу RNT1. По достижении счетчиком байтов нуля генерируется сигнал прерывания микропроцессору. Микропроцессор реагирует на сигнал прерывания по концу строки исполнением команды сдвига каретки на один шаг и возвращается к выполнению прерванной программы. После завершения перемещения каретки генерируется сигнал прерывания остановки каретки, и, если запись (чтение) изображения не закончена, микропроцессор повторяет описанные выше операции до тех пор, пока не обнулится счетчик строк, находящийся в регистровой памяти микропроцессора.

Блок управления контроллера-интерфейса. Центральным элементом контроллера является однокристалльный 16-разрядный микропроцессор TMS9900 [3]. Его связь с блоками управления контроллера осуществляется через специальный канал ввода-вывода (communications-register unit), к которому подключены микросхема параллельного интерфейса TMS9901 и мультиплексор статусных битов. Микросхема TMS9901 используется для выдачи управляющих сигналов (установка и сброс различных триггеров и т. д.), а также для ввода сигналов прерывания микропроцессора.

Младшие 8 бит шины ввода-вывода микросхемы TMS9901 образуют байтовую магистраль данных, которые могут быть загружены в различные регистры контроллера. Разряды P8—P11 определяют код функции, исполняемой по импульсу, формируемому разрядом P12. Функция сопровождается данными на шине P0—P7 (загрузка внешних регистров) или не сопровождается ими (сброс и установка триггеров).

Программирование контроллера. Центральный процессор и микропроцессор могут обмениваться информацией через блок регистров. Все регистры загружаются программно микропроцессором или ЦП, и функции каждого разряда определяются только матобеспечением системы. Занесение любого кода в нулевой регистр БР со стороны ЦП вызывает прерывание программы микропроцессора для принятия управляющей информации. В свою очередь, микропроцессор имеет возможность привлечь внимание ЦП установкой прерывания на общей шине (ОШ). БР в зависимости от состояния переключателей на плате и кодировки дешифратора адресов (ДА) ОШ, реализованного на базе микросхем K556PT4, может включать в себя различное количество регистров. Количество ре-

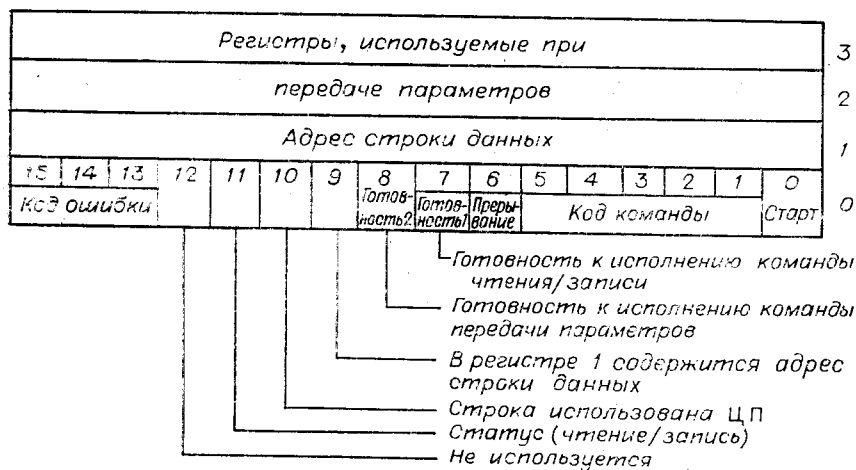


Рис. 4.

гистров варьируется от нуля до 32 для каждого из двух устройств сканирования. Расположение БР в регистровой памяти микропроцессора, свобода в выборе количества регистров БР и функционального назначения каждого разряда позволяют легко модифицировать программное обеспечение в процессе разработки и эксплуатации системы. В настоящее время реализована система с использованием 4 регистров, функциональное назначение которых представлено на рис. 4. Ниже описывается пример взаимосвязи ЦП и микропроцессора при записи изображения на фотопленку, из которого становится ясным способ использования БР.

При включении питания микропроцессор выполняет программу микродиагностики, начальной установки внутренних переменных и разрядов регистра «0» БР. ЦП проверяет состояние разрядов READY1, READY2 регистра команд и состояний и в случае готовности МП принять команду начинать исполнять команды загрузки параметров. Каждой команде, связанной с чтением или записью изображения, предшествует ряд команд установки параметров (размер кадра, передаточная характеристика и т. д.). ЦП загружает регистры 2 и 3 параметрами, устанавливает код команды в регистр «0» (бит START должен быть установлен в «1»). Запись кода в нулевой регистр вызывает прерывание программы микропроцессора. Микропроцессор сбрасывает бит READY2, передает содержимое регистров 2 и 3 в память параметров, устанавливает бит READY2 и, если прерывание разрешимо битом INT, выдает вектор прерывания на ОШ. Адрес загрузки параметров в память микропроцессора определяется внутренним регистром микропроцессора, который устанавливается специальной командой. Когда все требуемые параметры переданы, ЦП загружает команду записи изображения. Микропроцессор принимает команду, сбрасывает бит READY1, выделяет место в памяти данных для вводимых строк. Затем микропроцессор передает адрес первой строки в регистр 1 БР, устанавливает бит 9 регистра команд и состояний, дает прерывание ЦП. ЦП загружает данные, используя содержимое регистра 1 как начальный адрес, и устанавливает бит 10 регистра команд и состояний. Микропроцессор требует ввода новых строк до тех пор, пока весь буфер данных, отведенный под данное устройство сканирования, не будет заполнен. Адреса вводимых строк пересылаются микропроцессором в кольцевой буфер, который обслуживает программа обработки строк (ПОС), являющаяся ядром программного обеспечения контроллера и иницируемая при включении питания. После обработки текущей строки ПОС иницирует вывод строки на устройство сканирования либо, если последнее занято, заносит

адрес обработанной строки в кольцевой буфер вывода. В этом случае программа вывода на фотопленку инициируется прерыванием устройства сканирования (конец перемещения каретки на один шаг). Поскольку возможна параллельная работа двух устройств сканирования, ПОС работает в режиме разделения времени. Таймер квантования времени располагается в микросхеме TMS9901. Когда строка будет записана на фотопленку, программа обработки прерывания конца строки запрашивает на освободившееся место в памяти данных новую строку, т. е. микропроцессор «стремится» всегда заполнить буфер данных (при чтении — исчерпать). Когда все строки будут выведены на фотопленку, микропроцессор устанавливает бит READY1 и выдает сигнал прерывания, на этом исполнение команды заканчивается. Ниже приводится список базовых команд контроллера, который будет расширяться по мере эксплуатации системы.

1. Перемещение каретки в начало координат.
2. Перемещение каретки относительно текущего положения.
3. Вывод каретки в заданную позицию.
4. Перемещение каретки в крайне правое положение.
5. Загрузка адресного счетчика, используемого при передаче параметров команд.
6. Запись содержимого регистров 2 и 3 (см. рис. 4) с помощью адресного счетчика в качестве указателя адреса записи.
7. Чтение по адресному счетчику в регистры 2 и 3.
8. Чтение адресного счетчика.
9. Чтение изображения.
10. Запись изображения.
11. Запись из буфера символов, т. е. вывод символов.
12. Запись тестового изображения.
13. Исполнение программы с адреса, указанного в регистре 2.
14. Сброс ранее загруженной команды.

Предварительная обработка изображения. Как уже указывалось выше, на микропроцессор можно возложить некоторые виды обработки изображений. Сложность возможных алгоритмов обработки ограничивается быстродействием микропроцессора, объемом оперативной памяти, а также тем, что разработанный интерфейс в первую очередь является устройством ввода-вывода, а не процессором обработки изображений.

С учетом этих ограничений были определены следующие виды обработки, не приводящие к существенному снижению скорости ввода-вывода: 1) инвертирование изображения (получение негатива); 2) нелинейные преобразования; 3) построение гистограммы плотности изображения; 4) определение средней засветки изображения $Y = \sum_{i=1}^N \frac{Y_i}{N}$, где Y — значение средней засветки, Y_i — плотность i -й точки, n — число точек в кадре.

В настоящее время отработан макет устройства и изготавливается окончательный вариант на базе одной большой многослойной платы, устанавливаемой в блоке расширения ввода-вывода ЭВМ СМ-4. Работа системы осуществляется под управлением пакета программ, подобного описанному в [4].

ЛИТЕРАТУРА

1. Operation and maintenance manual 10 × 10 colormation system C-4500.— Optonics International, INC, 1979.
2. Васильев С. Т. и др. Прецизионная система ввода-вывода изображений для ЭВМ.— Автометрия, 1977, № 2.
3. Лофтус, Огден. 16-разрядный микропроцессор, близкий по возможностям к мини-компьютеру.— Электроника, 1976, № 11.
4. Остапенко А. М., Галышкин Э. А., Яковенко Н. С. ФОТ — диалоговая система обработки данных.— Автометрия, 1976, № 1.

Поступила в редакцию 6 октября 1982 г.